HAL
open science

Le diabète de type 1 et ses défis alimentaires quotidiens : apport de l'insulinothérapie fonctionnelle avec l'exemple de Samy

Solène Huber

To cite this version:

Solène Huber. Le diabète de type 1 et ses défis alimentaires quotidiens : apport de l'insulinothérapie fonctionnelle avec l'exemple de Samy. Sciences pharmaceutiques. 2015. dumas-01243515

HAL Id: dumas-01243515

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01243515

Submitted on 15 Dec 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE BORDEAUX

U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année 2015 Thèse n° 134

Thèse pour l'obtention du

DIPLÔME d'ÉTAT de DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement le 27 novembre 2015

Par **Solène HUBER**

Née le 8 mai 1990 à PAU

LE DIABETE DE TYPE 1 ET SES DEFIS ALIMENTAIRES QUOTIDIENS – APPORT DE L'INSULINOTHERAPIE FONCTIONNELLE AVEC L'EXEMPLE DE SAMY

Directeur de thèse

Madame Françoise AMOUROUX

Membres du jury

Mme Catherine CHEZE	**Maître de conférences-HDR**	**Président**
Mme Françoise AMOUROUX	**Docteur en Pharmacie-Professeur associé**	**Juge**
Mr Pierre CASTAY	**Docteur en Pharmacie**	**Juge**

REMERCIEMENTS

A mes juges,

A madame Françoise AMOUROUX,

Vous avez accepté d'être ma directrice de thèse et je vous en remercie sincèrement. Vous qui avez été à l'écoute des étudiants et qui nous avez si bien enseigné le métier de pharmacien, vous étiez la personne de choix pour me guider tout au long de cette thèse. Un grand merci pour votre aide, vos précieux conseils et votre patience.

A madame Catherine CHEZE,

Je vous remercie d'avoir accepté avec tant d'enthousiasme de faire partie de mon jury de thèse. Merci pour les connaissances en nutrition que vous nous avez enseignées et pour l'intérêt que vous avez porté à mon sujet.

A monsieur Pierre CASTAY,

Pour m'avoir intégrée dans votre équipe et avoir cru en moi, un immense merci. L'année passée à vos côtés a été extrêmement riche, tant par les connaissances solides que vous avez su me transmettre que par votre force de management. Vous êtes et resterez un modèle pour moi, petite étudiante devenue pharmacienne… et un jour, je l'espère, titulaire à votre image. C'est un honneur que vous me faites en acceptant d'être dans mon jury de thèse.

A toute l'équipe du service de diabétologie du CHU de Haut-Lévêque, un grand merci **à Mme Baillet Blanco Laurence, diabétologue,** pour m'avoir prise sous son aile et m'avoir permis de suivre une semaine d'éducation à l'insulinothérapie fonctionnelle avec son équipe, **à la diététicienne Pauline,** je te remercie sincèrement pour ton aide, ta gentillesse et pour le temps que tu m'as consacré, **aux infirmières**, et bien entendu **aux patients, Chloé, Guillaume, Marion, Youssouph et Anne** qui ont partagé avec moi sans tabous et avec humour leurs expériences par rapport à leur diabète et grâce à qui j'ai pu réaliser cette thèse au plus proche de leur quotidien.

A Samy, car c'est ton histoire qui a inspiré ce sujet. Un immense merci, pour ta gentillesse, ta disponibilité et ton intérêt pour mon projet qui sans toi n'aurait pas existé ! Je suis très heureuse d'avoir appris à te connaître au travers de cette thèse.

A madame Anne Navarranne-Roumec, diabétologue, merci pour votre aide et pour les précieuses informations que vous avez accepté de partager avec moi sur le dossier de Samy.

A mes proches,

A ma famille,

A mes parents,

Merci d'avoir fait de moi la personne que je suis aujourd'hui, et de m'avoir offert la chance de suivre ces longues études. A ma petite maman, un énorme merci, car toi et moi savons que si tu n'avais pas été là je ne serais pas pharmacienne à ce jour. Ta force et ta détermination sont gravées en moi pour toujours. Papa, merci pour la joie de vivre que tu m'as transmise ; grâce à toi je sais profiter de chaque petit bonheur de la vie.

A Quentin,

J'ai veillé sur toi, MON petit frère, pendant ces années de bonheur et de délires qu'on a partagées. Je t'entends encore me dire pendant mes révisions : « je ne sais pas comment tu fais ma sœur !! », et ça me fait sourire maintenant. Je suis fière de toi, et si heureuse de voir que tu vas bien. Je ne souhaite qu'une chose, c'est qu'on soit toujours aussi proches pour le reste de notre vie. Tu es un réel pilier pour ta *'petite'* sœur.

A mes papis, mamies et ma 'grand-mamie',

Après avoir grandi parmi vous, je crois bien que je porte une partie de chacun d'entre vous en moi. J'ai une chance inestimable de vous avoir près de moi, et j'en prends conscience chaque jour un peu plus. Merci pour la fierté démesurée que je peux lire dans vos yeux quand vous parlez de votre petite fille *'préférée'* (oui je sais papi, je suis la seule !). Je vous aime très très fort.

A toi tatie,

Je ne te remercierai jamais assez pour toutes nos confidences, pour ton soutien et pour ta tendresse envers ta petite nièce. J'adore notre complicité *'tatounette - poussinette'*, elle est si précieuse.

A toute ma famille, grands et petits ; on dit que « *les enfants aimés deviennent des adultes qui savent aimer* », alors merci à tous pour votre amour.

A Marie,

Je t'estime énormément. Ta gentillesse et ta sagesse sont une vraie leçon de vie, pour moi et pour tous ceux qui auront la chance de croiser ton chemin. Encore merci pour le temps que tu m'as consacré et pour les heures de sommeil que je t'ai volées. Je suis si fière d'avoir une 'belle maman' comme toi !

Merci à ma belle famille, pour m'avoir intégrée parmi vous et pour m'avoir toujours soutenue.
'La de Kevin' prendra bien soin de votre *'poussin'*, promis !

A ma Diane,

Tu as pris une place toute particulière dans ma vie et dans mon cœur. Je ne sais pas comment j'aurais fait sans toi, impossible de t'inventer en tous cas ! Reste comme tu es, un petit trésor, et surtout reste près de moi ma *Diana love*. Je ferai tout mon possible pour te protéger. Je te souhaite tout le bonheur du monde, tu le mérites tant…

A mes amis,

A celle de toujours, ma Sophie

Dire que ça fait bientôt 15 ans qu'on se connait... Je sais que je pourrai toujours compter sur toi, quoi qu'il arrive, et je ne doute pas une seconde qu'on la fera notre photo de nous deux, mamies, sur un banc, à ouvrir nos lettres d'enfance… Merci pour tout ce qu'on a partagé, chaque moment passé avec toi est si fort de simplicité et de sincérité que je ne pourrai plus m'en passer. Je tiens énormément à toi mon So.

A celle du premier jour de pharma, Marine

Qu'est ce qui a bien pu nous prendre, ce premier jour de P1, de nous asseoir l'une à côté de l'autre ?... Comme quoi, le hasard fait bien les choses !! J'ai adoré les années qu'on a partagées. J'espère qu'un jour on mènera à bien notre projet ma cocotte, car vraiment, tu serais l'associée idéale.

A ma Camille,

Une chose est sûre, je peux tout te dire, jamais tu ne me jugeras, et ça… ça n'a pas de prix. Je sais que quoi qu'il arrive, on ne s'éloignera pas, et qu'où je parte, tu seras toujours la première à débarquer^^ ! Merci d'être toi, ma Cam, tout simplement.

A Marie,

Merci pour le soutien que tu m'as apporté pendant ces années d'études, et pour tout ce qu'on a partagé en dehors, des moments si importants de nos petites vies.

A mes copains du 64, Momo et Vivi, Ludi et Thibault, Peyo, René, vous êtes top !

A mes amis de promo, et je pense tout particulièrement à mon Fionfion et à ma petite Estelle.

A Lucie, ma *'marraine'*, qui a su me soutenir tout le long de ces années, tu as rempli ton rôle à merveille.

A Paul, merci pour tout ce que tu m'as apporté, pour ton soutien, ton savoir et ton humour que j'aime tant ! C'est un vrai honneur pour une petite épicière comme moi de connaître un grand monsieur comme toi.

A ceux de Brest, Martita et **Elda**, mes petites espagnoles de choc^^, **Gwen**, ma cocotte si *'coco'*, **Yuyu**, **Martin**, **Julien**, **Ruth**, **Simon** et **Laura**, merci à tous, car sans vous, la vie à Brest ne serait pas si chouette !

A Alexandra, je tenais à te dire que je suis très heureuse d'avoir une cousine comme toi, quand tu veux pour la prochaine colloc' !

Aux pharmacies, à la pharmacie de l'Océan de Lacanau, pour m'avoir donné le goût de la pharmacie d'officine, dédicace à toi Julie, **à la pharmacie Belcier de Bordeaux,** Pierre, Brigitte, Sonia et Julie, vous resterez pour toujours mon *'équipe de choc'*, que j'ai eu tant de mal à quitter, **à la pharmacie Martin de Brest,** Mme Martin, Béatrice, Anaïs et Marie, merci d'avoir si bien accueilli la petite sudiste. Merci à tous de m'avoir fait confiance et de m'avoir permis de compléter ma formation.

A ma Brigitte, tu es une vraie perle. Je suis si heureuse d'avoir croisé ta route. J'espère que je resterai toujours ton petit *'rayon de soleil'*.

Para ti Kévin,

Podríamos concederte un trofeo por todo lo que has soportado estos últimos años a mi lado. No puedo expresar sólo con palabras lo mucho que aprecio tu apoyo, tu presencia y tu amor, ni la alegría que me produce compartir la vida cada día junto a ti, ni hasta que punto mi amor por ti es inmenso. Tú eres el hombre de mi vida, y sé que en cualquier situación, mientras que esté cerca de ti, tendré todo lo que necesite. Tú representas lo más precioso que tengo y de lo que yo estoy más orgullosa. Siempre te querré.

SOMMAIRE

I. LE DIABETE DE TYPE 1 2
I.1. La maladie 2
I.1.1. Généralités 2
I.1.1.1. Définition générale 2
I.1.1.2. Classification 2
I.1.1.3. Epidémiologie 2
I.1.2. Physiopathologie et étiologies 3
I.1.2.1. Prédisposition génétique 3
I.1.2.2. Facteurs environnementaux 4
I.1.2.3. Processus auto-immun 4
I.1.3. Diagnostic 5
I.1.3.1. Signes cliniques 5
I.1.3.2. Diagnostic biologique 6
I.1.3.2.1. Circonstances de diagnostic 6
I.1.3.2.2. Critères du diagnostic biologique 6
I.1.3.2.3. Confirmation du diagnostic de DT1 6
I.1.4. Evolution 7
I.1.4.1. Histoire naturelle du DT1 et complications 7
I.1.4.1.1. Histoire naturelle 7
I.1.4.1.2. Complications du DT1 7
I.1.4.2. Maladie chronique : suivi pluridisciplinaire au long cours 8
I.1.5. Prise en charge du DT1 9
I.2. L'insulinothérapie 10
I.2.1. Objectifs du traitement 10
I.2.2. L'insuline 10
I.2.2.1. Structure et synthèse 10
I.2.2.2. Contrôle de la sécrétion 11
I.2.2.3. Action de l'insuline 11
I.2.3. Principes théoriques de l'insulinothérapie par rapport au modèle physiologique 13
I.2.4. Différents types d'insuline 13
I.2.4.1. Les insulines rapides 13
I.2.4.1.1. Les insulines humaines à action rapide 13
I.2.4.1.2. Les analogues rapides de l'insuline : action ultra-rapide 14
I.2.4.2. Les insulines à action prolongée 14

I.2.4.2.1. Les insulines à action intermédiaire 14
I.2.4.2.2. Les analogues lents 15
I.2.4.3. Les mélanges d'insuline 15
I.2.5. Les insulines commercialisées 16
I.2.6. Protocoles d'administration 17
I.2.6.1. Conditionnements de l'insuline 17
I.2.6.1.1. Les stylos 17
I.2.6.1.2. Les seringues 19
I.2.6.2. Les principes de l'injection d'insuline 19
I.2.6.2.1. Profondeur de l'injection 19
I.2.6.2.2. Zones d'injection 19
I.2.6.2.3. Les techniques d'injection 20
I.2.6.2.4. Les différentes aiguilles 21
I.2.6.2.5. Autres facteurs pouvant modifier la résorption sous-cutanée 21
I.2.6.3. L'injection en pratique 22
I.2.6.3.1. Exemple de préparation de la dose avec un stylo injecteur 22
I.2.6.3.2. Devenir des aiguilles usagées 23
I.2.6.4. Les différents schémas d'injection 23
I.2.6.5. Les pompes à insuline 25
I.2.7. Autosurveillance glycémique 27
I.2.7.1. Définition et principe 27
I.2.7.2. Objectifs glycémiques 27
I.2.7.3. Le marché de l'ASG 28
I.2.7.4. Les lecteurs de glycémie 28
I.2.7.4.1. Critères de choix 28
I.2.7.4.2. Exemples de lecteurs de glycémie 29
I.2.7.5. Le matériel 31
I.2.7.5.1. L'autopiqueur 31
I.2.7.5.2. Les lancettes 32
I.2.7.5.3. Les bandelettes 32
I.2.7.6. L'autosurveillance glycémique en pratique 32
I.2.7.7. Le carnet d'autocontrôle 35
I.2.7.8. Les conseils du pharmacien 35
I.2.8. Voies d'avenir et avancées thérapeutiques 37
I.2.8.1. Voies d'avenir 37
I.2.8.2. Avancées thérapeutiques 37

II. PRISE EN CHARGE HYGIENO-DIETETIQUE DU DIABETE DE TYPE 1 39
II.1. Diététique de la population générale 39
II.1.1. Les bases de l'alimentation 39
II.1.1.1. Glucides 39
II.1.1.1.1. Classification biochimique 39
II.1.1.1.2. Classification nutritionnelle : notion d'index glycémique 40
II.1.1.1.3. Rôle des glucides et besoins nutritionnels 42
II.1.1.1.4. Rôle des fibres 42
II.1.1.1.5. Sources alimentaires de glucides 43
II.1.1.2. Lipides 43
II.1.1.2.1. Différents types de lipides 44
II.1.1.2.2. Rôle et besoins en lipides 47
II.1.1.2.3. Sources alimentaires de lipides 47
II.1.1.3. Protéines 48
II.1.1.3.1. Différents types de protéines 48
II.1.1.3.2. Rôles et besoins en protéines 49
II.1.1.3.3. Sources alimentaires de protéines 50
II.1.1.4. Micronutriments 50
II.1.1.4.1. Les vitamines 50
II.1.1.4.2. Les minéraux et oligo-éléments 51
II.1.1.5. Apports recommandés 51
II.1.2. Les différents groupes d'aliments 52
II.1.2.1. Viandes, poissons et œufs 53
II.1.2.2. Produits laitiers 53
II.1.2.3. Fruits et légumes 53
II.1.2.4. Féculents, céréales et produits céréaliers 54
II.1.2.5. Matières grasses 54
II.1.2.6. Produits sucrés 55
II.1.2.7. Boissons 55
II.1.3. Equilibre alimentaire et chrononutrition 55
II.2. Diétothérapie du diabète de type 1 58
II.2.1. Principaux objectifs 58
II.2.1.1. Apport nutritionnel équilibré et adapté 58
II.2.1.2. Limitation des fluctuations glycémiques 59
II.2.1.3. Prévention des complications cardiovasculaires 59
II.2.1.4. Mises en garde alimentaires dans le DT1 60

II.2.1.4.1. Alcool 60
II.2.1.4.2. Produits de régime 61
II.2.1.5. Conseils pratiques 62
II.2.2. Education diététique traditionnelle : Insulinothérapie conventionnelle (IC) 63
II.2.2.1. Anamnèse alimentaire 63
II.2.2.2. Principe de la diététique de l'insulinothérapie conventionnelle 63
II.2.2.3. Les aliments glucidiques 64
II.2.2.3.1. L'identification des aliments glucidiques 64
II.2.2.3.2. La teneur en glucides des aliments 65
II.2.2.3.3. Les équivalences glucidiques 65
II.2.2.4. Evaluation des portions et calcul des glucides par le patient 67
II.2.2.4.1. Principe 67
II.2.2.4.2. Outils et méthodes 67
II.2.2.5. La constitution des repas 69
II.2.2.6. Education du patient à la notion d'index glycémique 70
II.2.2.7. L'éducation nutritionnelle 71
II.2.3. L'hypoglycémie 72
II.2.3.1. Définition et symptômes 72
II.2.3.2. Traitement de l'hypoglycémie 73
II.2.3.3. Prévention de l'hypoglycémie 74
II.2.4. L'activité physique 75
III. DE L'INSULINOTHERAPIE CONVENTIONNELLE A L'INSULINOTHERAPIE FONCTIONNELLE : L'EXEMPLE DE SAMY 78
III.1. Présentation du cas de Samy 78
III.2. Le concept de l'Insulinothérapie Fonctionnelle (IF) 78
III.2.1. Définition et objectifs de l'IF 78
III.2.2. Conditions préalables à la mise en place de l'IF 79
III.2.3. Modalités pratiques de l'IF 80
III.2.3.1. Besoins de base : « l'insuline pour vivre » 80
III.2.3.2. Besoins prandiaux : « l'insuline pour manger » 81
III.2.3.3. Besoins correcteurs : « l'insuline pour soigner la glycémie » 81
III.2.3.4. Formation diététique 81
III.3. Un exemple de prise en charge hospitalière : semaine d'éducation thérapeutique à l'IF au CHU de Haut-Lévêque 83
III.3.1. Les différentes séances 83
III.3.1.1. Accueil et présentation du groupe 83

III.3.1.2. Présentation de l'IF 84
III.3.1.3. L'épreuve de jeûne et l'insuline basale 86
III.3.1.4. Le calcul des coefficients : l'insuline prandiale 89
III.3.1.5. La correction des hypo/hyperglycémies 93
III.3.1.6. L'estimation des quantités de glucides : ateliers diététiques 94
III.3.1.7. Synthèse de la semaine et bilan avec les patients 102
III.3.2. Compte-rendu de la semaine d'hospitalisation de Samy 104
III.4. Bilan de la méthode d'IF 105
III.4.1. Les limites, intérêts et résultats de l'IF 105
III.4.2. Cas de Samy 105

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Physiopathologie du diabète de type 1 (13) 5
Figure 2 : Prise en charge du DT1 (19) 9
Figure 3 : Structure de l'insuline (20) 10
Figure 4 : Influence d'un repas sur la glycémie et l'insulinémie chez un sujet sain (21) 11
Figure 5 : Mécanisme d'action de l'insuline (9) 12
Figure 6 : Schématisation de l'action des insulines humaines rapides 13
Figure 7 : Schématisation de l'action des analogues rapides de l'insuline 14
Figure 8 : Schématisation de l'action des insulines de type NPH 15
Figure 9 : Schématisation de l'action des analogues lents de l'insuline 15
Figure 10 : Stylo pré-rempli injecteur d'insuline (27) 18
Figure 11 : Zones d'injection de l'insuline (28) 19
Figure 12 : Rotation des zones (29) 20
Figure 13 : Lipodystrophies (29) 20
Figure 14 : Pli cutané (24) 20
Figure 15 : Composition d'une aiguille pour stylo à insuline (30) 21
Figure 16 : Différentes techniques d'injection (24) 21
Figure 17 : Exemple de préparation de la dose avec un stylo injecteur (24) (31) (32) 23
Figure 18 : Schéma d'administration à 2 ou 3 injections par jour 24
Figure 19 : Schéma d'administration de type « basal-bolus » à 4 injections par jour 24
Figure 20 : Schéma d'administration à 5 injections par jour 24
Figure 21 : Schéma d'administration à 5 injections par jour 25
Figure 22 : Schéma d'une pompe à insuline (33) 25
Figure 23 : Insulinothérapie sous pompe à insuline 26
Figure 24 : Pompe à insuline Paradigm® (34) 26
Figure 25 : Pompe à insuline Omnipod® (35) 27
Figure 26 : Exemple d'un stylo autopiqueur (38) 31
Figure 27 : Autosurveillance glycémique (étape 2) (38) 33
Figure 28 : Autosurveillance glycémique (étape 3) (38) 33
Figure 29 : Autosurveillance glycémique (étape 4) (38) 33
Figure 30 : Autosurveillance glycémique (étapes 5 et 6) (38) 34
Figure 31 : Sites de prélèvement de l'autosurveillance glycémique (33) 34
Figure 32 : Autosurveillance glycémique (étape 7) (38) 34
Figure 33 : Autosurveillance glycémique (étapes 8 et 9) (38) 35
Figure 34 : Autosurveillance glycémique (étapes 10 et 11) (38) 35
Figure 35 : Image du dispositif FreeStyle Libre (41) 38
Figure 36 : La pyramide alimentaire (49) 52
Figure 37 : Photos atelier 1 96
Figure 38 : Photo atelier 2 98
Figure 39 : Photos atelier 2 (2) 99
Figure 40 : Photos ateliers self et repas 100
Figure 41 : Photo atelier 4 101

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Risques de DT1 en France (8) 3
Tableau 2 : Les insulines commercialisées (9) (19) 17
Tableau 3 : Les stylos à insulines rechargeables (19) 18
Tableau 4 : Objectifs glycémiques chez des patients DT1 non âgés (10) 27
Tableau 5 : Tableau comparatif des principaux lecteurs de glycémie (24) (38) (39) (40) (41) (42) 31
Tableau 6 : Classification des principaux hydrates de carbone présents dans la nature (46) 40
Tableau 7 : Index glycémique d'aliments courants (référence = glucose) (46) 41
Tableau 8 : Classification des fibres végétales (46) 42
Tableau 9 : Concentration moyenne en cholestérol des aliments (46) 44
Tableau 10 : Famille des acides gras et leurs principales sources alimentaires (46) 48
Tableau 11 : Principaux acides aminés (46) 49
Tableau 12 : Protéines animales et végétales (46) 50
Tableau 13 : Apports énergétiques quotidiens et répartition (46) 51
Tableau 14 : Moyenne des apports énergétiques conseillés par tranche d'âge en kcal (46) 51
Tableau 15 : Répartition énergétique conseillée par repas (46) 52
Tableau 16 : Place des nutriments au cours des repas (46) 56
Tableau 17 : Equivalences glucidiques (53) (54) 66
Tableau 18 : Correction des hypo et hyperglycémies 85
Tableau 19 : Mémento des portions de glucides 95
Tableau 20 : Atelier « Je teste mes connaissances » 97
Tableau 21 : Teneur en glucides d'aliments glucidiques courants 98
Tableau 22 : Teneur en lipides d'aliments lipidiques 101

LISTE DES ABREVIATIONS

AET	Apports Energétiques Totaux
AFD	Association Française des Diabétiques
AGMI	Acide Gras Mono-Insaturé
AGPI	Acide Gras Poly-Insaturé
AGS	Acide Gras Saturé
Anti-GAD	Auto-anticorps anti-décarboxylase de l'acide glutamique
ANC	Apports Nutritionnels Conseillés
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du Médicament
AOMI	Artériopathie Oblitérante des Membres Inférieurs
ASG	Autosurveillance glycémique
AVC	Accident vasculaire cérébral
càc	Cuillère à café
càs	Cuillère à soupe
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CIQUAL	Centre d'Information sur la Qualité des Aliments
CMH	Complexe Majeur d'Histocompatibilité
CREDOC	Centre de recherche pour l'étude et l'observation de conditions de vie
DASRI	Déchets d'Activité de Soins à Risque Infectieux
DHA	Acide docosahexaénoïque
DT1	Diabète de type 1
DT2	Diabète de type 2
ECG	Electrocardiogramme
EPA	Acide eicosapentaénoïque
FDA	Food and Drug Administration
HAS	Haute Autorité de Santé
HbA_{1c}	Hémoglobine glyquée
HDL	High Density Lipoprotein
HLA	Human Leucocyte Antigen
HMG-CoA reductase	Hydroxy-methyl-glutaryl-coenzyme A réductase
IC	Insulinothérapie conventionnelle
ICA	Auto-anticorps anti-cellulaire des îlots
IF	Insulinothérapie Fonctionnelle
IG	Index Glycémique
IMC	Indice de Masse Corporelle
LDL	Low Density Lipoprotein
NPH	Neutral Protamine Hagedorn
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PNNS	Programme National Nutrition Santé
TG	Triglycérides

Introduction

Le diabète de type 1 touche 19 millions de personnes dans le monde et se caractérise par un défaut de production d'insuline par le pancréas. C'est une maladie chronique qui apparait chez le sujet jeune et pour laquelle il n'existe à ce jour aucun traitement curatif.

Le traitement de référence du diabète de type 1 est l'insulinothérapie, qui reste indispensable au maintien de la glycémie dans les valeurs normales.

Les finalités de la prise en charge sont de concilier à la fois des objectifs cliniques avec un contrôle glycémique optimal afin de prévenir les complications, mais aussi des objectifs psychosociaux visant à maintenir la meilleure qualité de vie possible.

Les progrès réalisés dans le domaine de l'autosurveillance glycémique, des techniques d'injection, de la cinétique des insulines avec l'avènement des analogues rapides puis lents de l'insuline, ont permis une grande évolution dans la conception de l'insulinothérapie et, par conséquent, de la prise en charge des patients.

Le patient diabétique de type 1 doit gérer, en plus de son insulinothérapie, les défis alimentaires auxquels il est confronté chaque jour, à chaque repas.

Pour illustrer cela, nous étudierons la physiopathologie du diabète ainsi que l'insulinothérapie, qui permet aujourd'hui de mimer au mieux la sécrétion physiologique de l'insuline. Nous détaillerons la prise en charge diététique classique du diabète de type 1, qui se base sur les recommandations alimentaires de la population générale, en insistant sur la régularité des prises glucidiques.

C'est au travers du cas de Samy que nous découvrirons le concept de l'insulinothérapie fonctionnelle, qui offre à ce jour la possibilité aux patients diabétiques de type 1 d'adapter leur traitement insulinique à leur alimentation et de façon plus générale à leur mode de vie.

I. LE DIABETE DE TYPE 1

I.1. La maladie

I.1.1. Généralités

I.1.1.1. Définition générale

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le diabète est une maladie chronique qui survient lorsque le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline et/ou lorsque l'organisme n'utilise pas correctement l'insuline produite. (1)

L'insuline est une hormone hypoglycémiante, qui régule la concentration de glucose dans le sang. Le diabète sucré se caractérise donc par une hyperglycémie chronique (taux de glucose dans le sang trop élevé). (2)

I.1.1.2. Classification

Cette hyperglycémie chronique est d'origine multiple, c'est pourquoi on distingue différents types de diabètes, dont les deux principaux sont le diabète de type 1 (DT1) et le diabète de type 2 (DT2).

Le DT1 se caractérise par un défaut de production d'insuline. Il est la conséquence de la destruction des cellules β des îlots de Langerhans du pancréas causée par un mécanisme auto-immun que nous détaillerons par la suite.

Le DT2 est la forme la plus fréquente de diabète. Il est caractérisé par une résistance des tissus à l'insuline (insulinorésistance) combinée à une carence relative de sécrétion d'insuline (insulinopénie), l'une ou l'autre pouvant dominer à des degrés variables.

Mais il existe également d'autres types de diabètes classés par l'OMS comme le diabète gestationnel, des anomalies génétiques de la fonction des cellules β ou de celle de l'insuline, des diabètes secondaires à des maladies pancréatiques ou endocriniennes, ou bien encore des diabètes transitoires suite à la prise de certains traitements (les corticoïdes, ou des immunosuppresseurs comme la ciclosporine ou le tacrolimus). (1) (2)

Dans la suite de cette thèse, nous nous consacrerons exclusivement au diabète de type 1.

I.1.1.3. Epidémiologie

Le DT1 représente 5 à 10 % des diabètes dans le monde (3). Selon l'étude Entred 2007-2010, au-delà de 18 ans, le diabète de type 1 représentait 5,6 % des cas de diabète traités pharmacologiquement (par antidiabétiques oraux ou par insuline) en 2009 en France métropolitaine. (4) (5)

Sa prévalence (nombre de diabétiques de type 1 par rapport au nombre d'habitants) en France en 2009 est de 0,25 %, soit 160 000 sujets. (2)

Son incidence (nombre de nouveaux cas par an) chez les moins de 15 ans est de 13,5 nouveaux cas pour 100 000 habitants et pour une année. Elle est en augmentation régulière depuis 20 ans (+ 3,7 % par an). (3)

I.1.2. Physiopathologie et étiologies

Le DT1 est caractérisé par une carence en insuline due à la destruction progressive des cellules β des îlots de Langerhans du pancréas. L'hyperglycémie et les signes cliniques de la maladie n'apparaissent que lorsque 80 à 90 % des cellules β ont été détruites.

Le mécanisme de destruction des cellules β est un mécanisme auto-immun. Actuellement, on pense que deux facteurs sont en cause : une prédisposition génétique à laquelle s'ajoutent des facteurs environnementaux. (6)

I.1.2.1. Prédisposition génétique

L'existence d'un terrain génétique de susceptibilité au DT1 est aujourd'hui démontrée. Le déterminisme de la maladie est polygénique, puisque dans 90 % des cas il n'existe pas d'antécédents familiaux à la découverte du diabète.

Des études ont permis de mettre en évidence des zones du génome impliquées dans la susceptibilité du DT1.

La région génétique de plus forte susceptibilité correspond à celle des gènes HLA (Human Leucocyte Antigen) du CMH (Complexe Majeur d'Histocompatibilité) située sur le bras court du chromosome 6. Elle intervient pour 50 % au risque génétique en jouant un rôle dans la présentation de l'antigène aux lymphocytes T. Ce sont principalement les antigènes HLA de classe II DR3 et DR4 qui sont incriminés puisque 90 % des sujets caucasiens atteints du DT1 sont porteurs de ces allèles (DR3 et/ou DR4). D'autres allèles semblent au contraire protecteurs (ex : DR15).

Il existe de nombreux autres gènes de prédisposition, notamment des éléments variables du gène de l'insuline ou VNTR (*variable number tandem repeat*), ou encore les gènes CTLA4 (*cytotoxic T lymphocyte antigen-4*) et PTPN22 (*protein tyrosin phosphatase 22*). (6) (7)

Risque	%
Population générale	0,2
Apparenté de 1er degré	
- à la mère	3
- au père	5
Deux parents diabétiques	30
Apparenté de 1er degré avec identité HLA	12
Apparenté de 1er degré avec identité HLA et HLA DR3 ou DR4	16
Jumeaux	50
Jumeaux et HLA DR3 ou DR4	70

Tableau 1 : Risques de DT1 en France (8)

Au vu de ces pourcentages, les facteurs génétiques ne peuvent à eux seuls expliquer le déclenchement du processus auto-immun. D'autres facteurs sont donc suspectés d'intervenir.

I.1.2.2. Facteurs environnementaux

Certains arguments permettent d'évoquer le rôle de l'environnement dans la survenue du DT1 : incidence croissante de la maladie non attribuable à des modifications génomiques, jumeaux non concordants pour le DT1 dans 50 % des cas et incidence croissante dans les populations migrantes et les pays industrialisés. (9)

De nombreux facteurs sont incriminés mais aucun n'est actuellement prouvé.

Parmi eux, les infections virales causées par de nombreux virus (virus de la rubéole, des oreillons, coxsackies, cytomégalovirus CMV…) ont été associées à la survenue du DT1.

Certains facteurs alimentaires ont aussi été suspectés, comme l'introduction trop précoce des protéines de lait de vache ou de gluten de blé et l'insuffisance d'apport en vitamine D, mais aussi quelques substances toxiques (ex : alloxane, pentamidine…). Là encore, la preuve directe de leur implication dans le diabète est incertaine.

Il ne faut cependant pas confondre ces facteurs environnementaux avec les facteurs déclenchant immédiats de l'hyperglycémie, comme des facteurs émotionnels (choc affectif, stress…) ou bien une pathologie intercurrente (ex : grippe), retrouvés dans les semaines précédant la découverte de la maladie. Il s'agit là d'un facteur de décompensation révélateur du diabète mais pas d'un facteur déclenchant le processus auto-immun, celui-ci étant probablement en cours depuis des mois voire des années. (6) (10)

I.1.2.3. Processus auto-immun

Il a pour cible les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas.

Tout d'abord, il se développe une insulite correspondant à une infiltration lymphoplasmocytaire des îlots accompagnée d'une réaction inflammatoire. (10)

Ce sont les lymphocytes T qui jouent un rôle prépondérant dans la mise en place du DT1, on parle de maladie à médiation cellulaire. Deux mécanismes sont actuellement admis concernant la destruction des cellules β. D'une part, les lymphocytes T CD8 cytotoxiques sécrètent des enzymes qui entraînent la destruction des cellules β. D'autre part, les lymphocytes T CD4 et CD8 infiltrés dans la cellule β sécrètent des cytokines qui induisent l'apoptose de ces cellules β. (7) (11)

Le processus auto-immun dans le DT1 s'accompagne de l'apparition d'auto-anticorps dirigés contre des antigènes pancréatiques. On distingue quatre principaux auto-anticorps :

- Auto-anticorps anti-cellulaires des îlots (ICA), très spécifiques du DT1, détectables chez les sujets jeunes puis disparaissent par la suite.
- Auto-anticorps anti-insuline, présents avant tout traitement (à distinguer de ceux qui apparaissent suite à l'insulinothérapie).
- Auto-anticorps anti décarboxylase de l'acide glutamique (Anti- GAD), présents dans 85 % des cas de DT1 de découverte récente.
- Auto-anticorps anti-IA2, témoins de l'imminence de la maladie clinique. (12)

Ces auto-anticorps n'ont pas de rôle cytolytique direct contrairement à ce que l'on observe dans d'autres maladies auto-immunes. Cependant ils participent à l'expansion du processus inflammatoire en favorisant la présentation antigénique. (6)

Ce processus auto-immun est étalé sur des années, avant et après l'apparition du diabète.

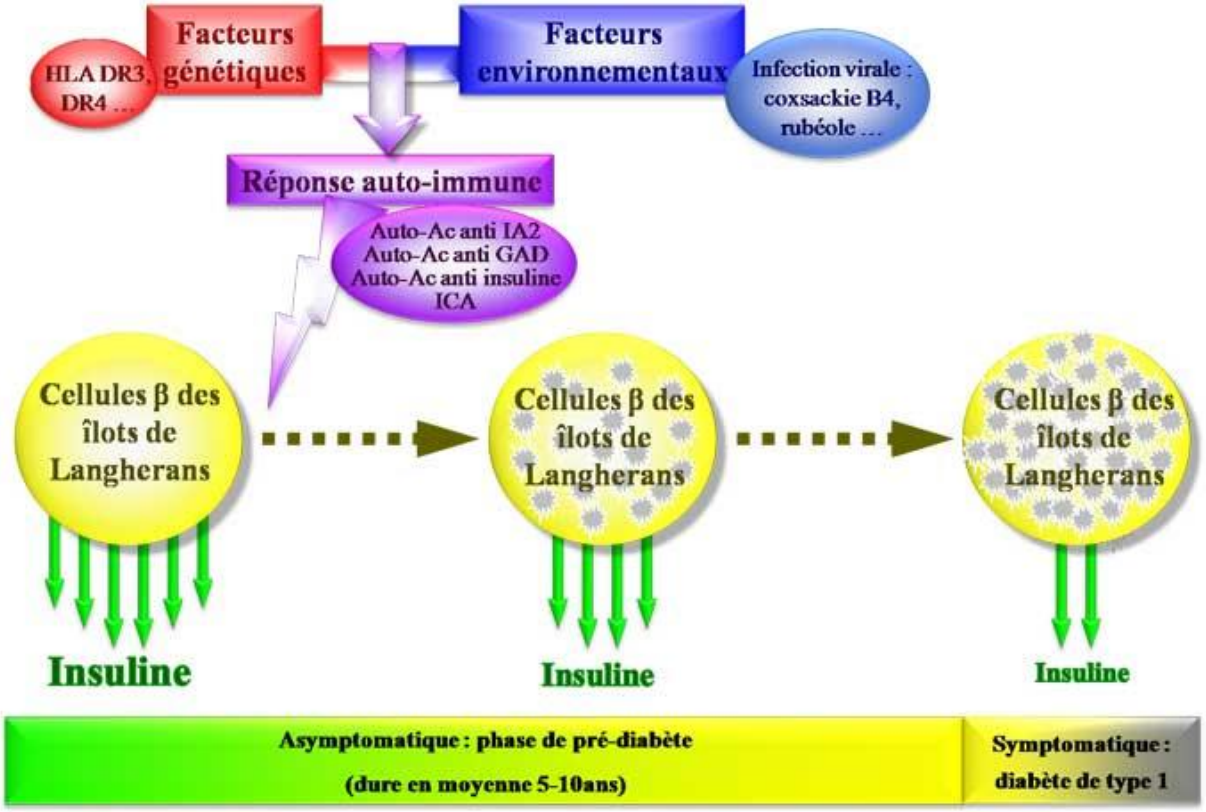


Figure 1 : Physiopathologie du diabète de type 1 *(13)*

I.1.3. Diagnostic

I.1.3.1. Signes cliniques

La phase pré-diabétique est totalement asymptomatique et peut durer des années durant lesquelles la sécrétion insulinique reste suffisante. Cependant, cette période est limitée dans le temps et aboutira obligatoirement à une carence insulinique marquant l'apparition de la clinique.

Le début de la maladie est habituellement brutal voire explosif. En quelques semaines s'installe un syndrome cardinal correspondant à la forme clinique classique du DT1. Il associe 4 symptômes majeurs :

- **Polyurie importante** de l'ordre de 3 à 4 litres / 24h. Le patient doit régulièrement se lever pour aller uriner.
- **Polydipsie** ou sensation de soif exagérée, calmée par une prise de boisson abondante.
- **Amaigrissement** majeur et rapide allant jusqu'à une perte de 5 à 10 kg sur 1 à 2 mois dû à la fonte musculaire, contrastant avec un **appétit conservé** (attrait pour le sucre ou polyphagie dans certains cas).

Ces signes s'accompagnent d'une **asthénie** grave et brutale.

Rarement exprimés mais pouvant être retrouvés à l'interrogatoire, des troubles visuels transitoires (qui disparaissent quelques jours après la correction de l'hyperglycémie) peuvent exister. Parfois, des douleurs musculaires s'ajoutent à ces symptômes. (8) (14)

Chez le jeune enfant, des prises de biberon supplémentaires, des couches très remplies ou la survenue d'une énurésie secondaire doivent attirer l'attention. (9)

I.1.3.2. Diagnostic biologique

I.1.3.2.1. Circonstances de diagnostic

Le plus souvent, les enfants présentent un syndrome cardinal. Ce diagnostic clinique devra être confirmé par un diagnostic biologique.

Au moment du diagnostic de DT1, la glycémie est fréquemment franchement élevée, avec une glycosurie massive et présence d'une cétonémie / cétonurie. (9)

Dans environ 40 % des cas, le diagnostic est porté plus tardivement devant des symptômes d'acidocétose. Notons que dans 20 à 30 % des cas, la manifestation initiale du DT1 est un coma acido-cétosique (situation d'urgence avec hyperkaliémie et déshydratation).

Plus rarement, le diagnostic peut être évoqué fortuitement devant la découverte d'une hyperglycémie ou d'une glycosurie retrouvées lors d'un bilan biologique. (15)

I.1.3.2.2. Critères du diagnostic biologique

Selon les critères de l'OMS, le diagnostic du diabète sucré repose sur la mesure de la glycémie (taux de glucose dans le sang). Il peut être retenu dans les quatre situations suivantes :

- Présence des quatre signes, appelés signes cardinaux, et d'une glycémie ≥ 2 g/L (soit 11 mmol/L),
- Une glycémie à jeun ≥ 1,26 g/L (soit 7 mmol/L) à deux reprises, le jeûne étant défini comme l'absence de prise calorique depuis au moins 8 h.
- Une glycémie ≥ 2 g/L à n'importe quel moment de la journée
- Une glycémie ≥ 2 g/L à la 2ème heure d'une HGPO (hyperglycémie provoquée par voie orale). (1)

I.1.3.2.3. Confirmation du diagnostic de DT1

L'hyperglycémie suffit à poser le diagnostic de diabète sucré mais ne permet pas de différencier le DT1 du DT2. Plusieurs éléments sont utiles pour les différencier, notamment des profils différents lors de l'apparition du diabète. Tout d'abord, le DT1contrairement au DT2 touche principalement les sujets jeunes (moins de 20 ans), sans antécédents familiaux. La clinique est en général d'apparition brutale et on retrouve parfois d'autres pathologies auto-immunes associées. Dans le DT2, les patients d'âge plus élevé (plus de 40 ans) sont souvent en surpoids et cumulent d'autres facteurs de risques cardiovasculaires.

Le diagnostic peut donc être clinique si l'hyperglycémie est associée à la triade « maigreur / cétose / âge < 35 ans ». Cependant, si un des critères manque, il est préférable de s'aider de paramètres immunogénétiques : les auto-anticorps surtout et plus accessoirement le typage HLA. (10)

Des examens complémentaires seront aussi réalisés pour rechercher d'éventuelles maladies auto-immunes associées (thyroïdite, maladie cœliaque…) ainsi que la présence de complications chroniques, généralement absentes lors de la découverte du DT1, avec par exemple évaluation de la fonction rénale, ECG, rétinopathie, bilan lipidique… (9)

I.1.4. Evolution

I.1.4.1. Histoire naturelle du DT1 et complications

I.1.4.1.1. Histoire naturelle

Dans les jours qui suivent le diagnostic, après la mise en place du traitement insulinique, peut survenir une phase de rémission appelée « lune de miel » au cours de laquelle les besoins en insuline sont diminués. Il s'agit d'une période transitoire de sécrétion d'insuline par les cellules β résiduelles. Cette phase a une durée moyenne de six à douze mois, il ne s'agit en aucun cas d'une guérison.

Au cours des premières années du diabète, l'insulinothérapie résiduelle favorise l'équilibration relativement facile de celui-ci. Plus les années passent et plus le diabète devient difficile à équilibrer. Notons qu'en France, seulement 30 % des diabétiques ont un contrôle glycémique moyen satisfaisant (hémoglobine glycosylée ≤ 7,5 %). (8)

Les facteurs de déséquilibre du diabète sont très nombreux. On retrouve notamment l'importance de la part psycho-éducative. On peut citer l'âge du patient, ses habitudes alimentaires, son mode de vie, son entourage familial et professionnel mais aussi son état psychologique au moment du diagnostic et de la prise en charge initiale. (8)

I.1.4.1.2. Complications du DT1

On distingue les décompensations métaboliques aigues du diabète et les complications dégénératives à long terme.

Le risque immédiat majeur du DT1 est la survenue d'un coma acidocétosique, stade terminal de la cétoacidose, pouvant entraîner le décès du patient. Cette dernière inaugure parfois la maladie chez l'enfant. Elle peut aussi survenir chez l'adolescent qui arrête ses injections, ou bien à l'occasion d'une infection ou d'une pathologie intercurrente. Elle provient de l'accumulation de corps cétoniques, induite par la carence en insuline. La cétoacidose associe hyperglycémie majeure, glycosurie massive, cétonurie et cétonémie positives ainsi qu'une déshydratation importante.
Il peut également survenir un coma hypoglycémique, dû à une inadéquation des doses d'insuline. Les hypoglycémies sont fréquentes chez le diabétique, le coma étant le stade le plus grave de l'hypoglycémie (détaillée dans la partie correspondante).

A long terme, les complications dégénératives sont la conséquence d'une hyperglycémie chronique. Elles apparaissent 10 à 20 ans après la survenue de cette hyperglycémie et essentiellement si le diabète est mal contrôlé. On distingue plusieurs types de complications qui atteignent les systèmes vasculaire et nerveux principalement.
Les macroangiopathies (liées à l'atteinte des gros vaisseaux) sont responsables d'hypertension artérielle, de coronaropathies, d'insuffisance cardiaque et d'AVC et des artériopathies oblitérantes des membres inférieurs (AOMI).
Les microangiopathies (liées à l'atteinte des petits vaisseaux) sont de trois ordres : la rétinopathie diabétique, la néphropathie diabétique et la neuropathie dont la plus fréquente est l'atteinte des nerfs du pied exposant au risque de mal perforant plantaire. Un dépistage annuel de ces complications est primordial. Notons que l'insuffisance rénale est la principale cause de mortalité chez le DT1.
On retrouve aussi une augmentation du risque de complications infectieuses et cutanées. (7) (9) (16) (17)

Des examens réguliers seront donc nécessaires pour permettre un bon contrôle de la maladie et par conséquent détecter et limiter les complications du DT1.

I.1.4.2. Maladie chronique : suivi pluridisciplinaire au long cours

Le DT1 est une maladie chronique nécessitant un engagement permanent du patient pour la gestion du traitement et sa participation active pour les soins quotidiens. (10)

L'éducation thérapeutique initiale est complétée tout au long du suivi du patient. Elle fait intervenir infirmier(ère), diététicien(ne) et médecin spécialisés en diabétologie. Elle comporte l'apprentissage et l'évaluation des connaissances du patient qui lui permettront d'assumer les grands principes de son traitement et de sa surveillance, ainsi que de s'adapter aux modifications de son mode de vie. (15)

Pour éviter l'apparition de nombreuses complications artérielles et neuropathiques dégénératives, une surveillance biologique de l'efficacité du traitement et une surveillance clinique de dépistage et de suivi des complications sont obligatoires.

Au cours des premiers mois suivant le diagnostic, des contacts fréquents avec l'équipe de diabétologie sont nécessaires, puis, trois ou quatre consultations par an sont recommandées (la fréquence peut être modifiée en fonction des besoins propres à chaque patient). Lors de chaque visite, un bilan de l'état de santé du patient doit être effectué, de même qu'une réévaluation de son traitement.

Tous les 3 mois, un dosage de l'HbA_{1c} est effectué. Il est le reflet de l'équilibre glycémique des patients sur les deux à trois derniers mois (contrairement à la glycémie qui donne le résultat à un instant t). C'est le paramètre de référence dans le suivi des patients DT1 et le meilleur indicateur du risque de complications. L'objectif idéal est de maintenir l'HbA_{1c} à moins de 7,5 % (sachant qu'il peut être modulé par le spécialiste en fonction des patients et des situations particulières). Notons qu'une diminution de 1 % de l'HbA_{1c} diminue de 20 % la fréquence des complications du DT1. (9)

Un bilan biologique annuel comporte une exploration lipidique et un bilan rénal (protéinurie, microalbuminurie et créatininémie) pour le dépistage de la néphropathie diabétique.

Une consultation ophtalmologique annuelle (à partir de 10 ans) est systématique dans le dépistage de la rétinopathie diabétique (fond d'œil). De même, un bilan de l'état des pieds à la recherche d'une éventuelle neuropathie diabétique, un examen cardiovasculaire avec ECG et un bilan dentaire annuels sont systématiques. (9) (18)

La prise en charge et l'accompagnement du diabétique de type 1 au long cours sont assurés par une équipe pluridisciplinaire, avec notamment médecin généraliste, médecin spécialisé en diabétologie et endocrinologie, infirmier(ère) et diététicien(ne) spécialisés dans le diabète, ophtalmologue…

Mais le pharmacien d'officine a lui aussi un rôle primordial, que ce soit lors de la première délivrance du traitement, mais aussi tout au long du suivi. En effet, il reste le professionnel de santé qui rencontre le patient le plus fréquemment (une fois par mois contre tous les trois mois pour le généraliste et tous les six mois ou un an pour le spécialiste). De plus, les entretiens pharmaceutiques qui verront le jour prochainement vont renforcer l'implication du pharmacien en assurant un suivi personnalisé des patients diabétiques de type 1.

I.1.5. Prise en charge du DT1

La prise en charge du DT1 associe une insulinothérapie permettant de stabiliser la glycémie, une alimentation équilibrée, un exercice physique régulier et la correction éventuelle des facteurs de risque cardiovasculaires.

Les objectifs de la prise en charge sont :

- équilibration de la glycémie,
- prévention des hypoglycémies et de l'acidocétose,
- prévention des complications micro et macrovasculaires,
- préservation du développement staturopondéral et pubertaire de l'enfant,
- prévention des complications psychologiques.

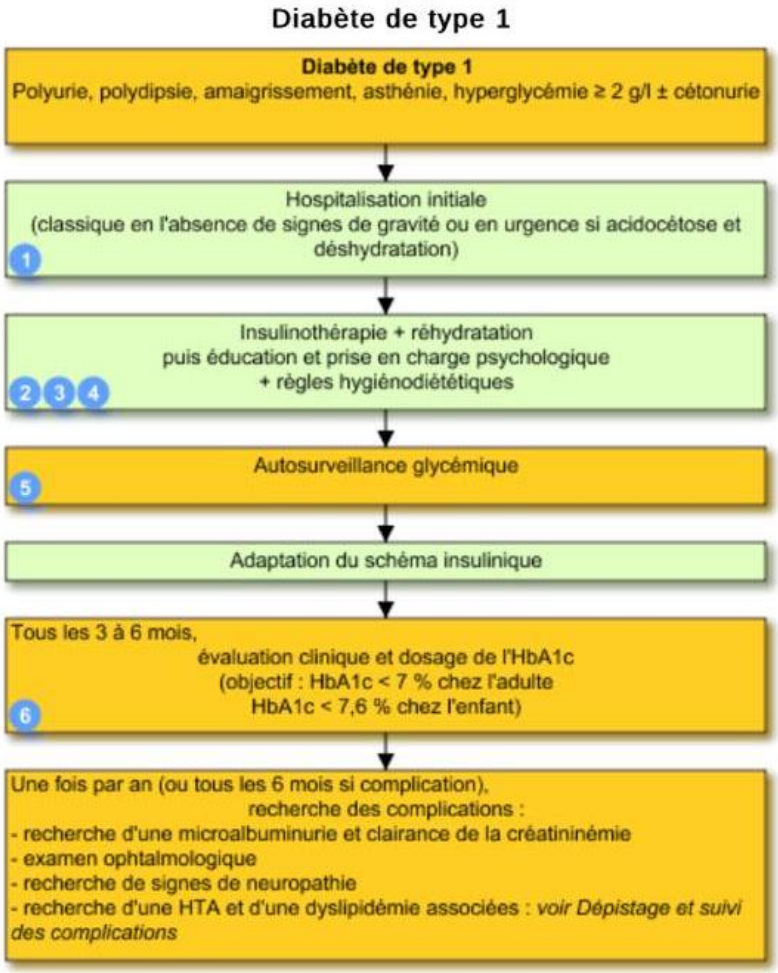


Figure 2 : Prise en charge du DT1 *(19)*

Suite à la découverte du DT1, une hospitalisation est indispensable pour la mise en route de l'insulinothérapie. Celle-ci s'accompagne d'une éducation thérapeutique du patient : apprentissage des injections d'insuline, schéma thérapeutique, adaptation des doses, autosurveillance glycémique, prévention et correction des hypoglycémies ou de la cétoacidose, mesures hygiéno-diététiques, aide psychologique. L'hospitalisation est une urgence en cas d'acidocétose et de déshydratation. (9) (19)

I.2. L'insulinothérapie

L'insulinothérapie est le traitement de référence du DT1, indispensable à la survie des patients. Il s'agit d'un traitement à vie et uniquement palliatif (faute de traitements préventif et curatif). (8)

I.2.1. Objectifs du traitement

Les objectifs de l'insulinothérapie chez le patient DT1 sont de plusieurs niveaux.

Le premier objectif est d'assurer la survie en prévenant l'acidocétose due à la carence insulinique, tout en évitant le coma hypoglycémique dû à l'hyperinsulinisme iatrogène.

Parallèlement, le traitement a pour but d'améliorer la qualité de vie des patients, mais également d'éviter les infections favorisées par l'altération des fonctions leucocytaires provoquée par l'hyperglycémie chronique.

Enfin, le dernier objectif est d'assurer une qualité d'équilibration glycémique, avant tout pour éviter les complications à long terme. (7)

I.2.2. L'insuline

I.2.2.1. Structure et synthèse

L'insuline est un petit peptide composé de deux chaînes polypeptidiques A et B reliées entre elles par deux ponts disulfures et un pont intramoléculaire.

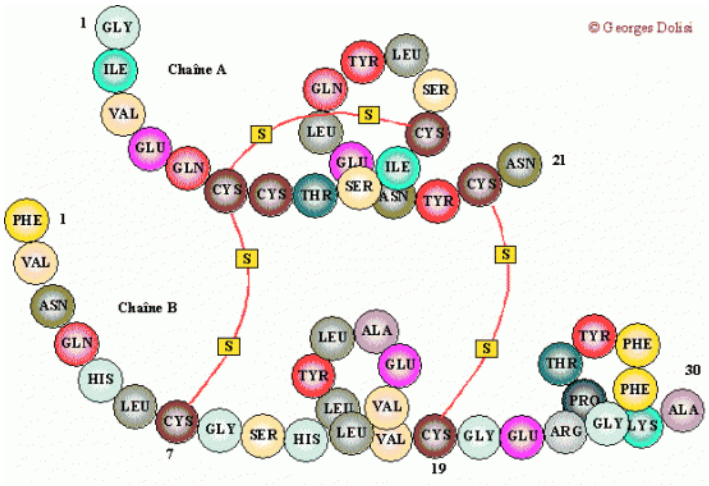


Figure 3 : Structure de l'insuline *(20)*

L'insuline est synthétisée par les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas. La biosynthèse de cette hormone passe par plusieurs étapes : le stade pré-pro-insuline dans le réticulum endoplasmique hydrolysé en pro-insuline composée de deux chaines A et B reliées par le peptide C, puis cette pro-insuline est incluse dans des vésicules où des enzymes la scindent en insuline et peptide C (dont le rôle reste encore inconnu). (16) (21)

I.2.2.2. Contrôle de la sécrétion

L'insuline est la seule hormone hypoglycémiante de l'organisme.

Au cours des repas, les variations du taux de glucose dans le système porte entraînent une augmentation de l'insulinosécrétion. Le stimulus déclencheur (ou primaire) de la sécrétion d'insuline est donc le glucose.

Cependant, la production d'insuline dépend de nombreux autres stimuli, par exemple des stimuli amplificateurs (ou secondaires) comme les hormones digestives et l'acétylcholine, mais aussi des agents atténuateurs comme la somatostatine et la noradrénaline capables de diminuer cette réponse. (22)

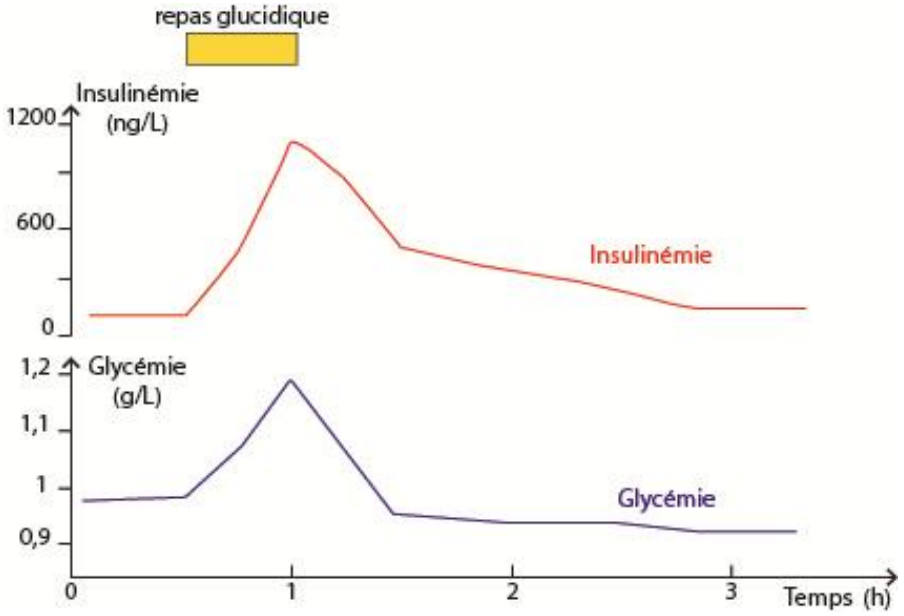


Figure 4 : Influence d'un repas sur la glycémie et l'insulinémie chez un sujet sain *(21)*

Ce schéma nous montre que lors d'une prise alimentaire et donc d'une augmentation de la glycémie, on observe un pic d'insuline.

I.2.2.3. Action de l'insuline

Une fois sécrétée dans la circulation sanguine, l'insuline va agir au niveau de nombreuses cellules de l'organisme. En effet, les récepteurs à l'insuline sont présents sur la plupart des cellules, mais on les retrouve en plus grande quantité au niveau du foie, du muscle squelettique ainsi qu'au niveau du tissu adipeux. Ce sont les tissus cibles des effets métaboliques de l'insuline.

Au niveau du métabolisme glucidique, l'insuline (via l'augmentation de l'expression du récepteur Glut-4) augmente l'entrée du glucose dans les cellules musculaires, les adipocytes et augmente le stockage du glucose dans le foie. Elle diminue la glycogénolyse et stimule la glycogénogenèse. Elle a donc une action hypoglycémiante. (22)

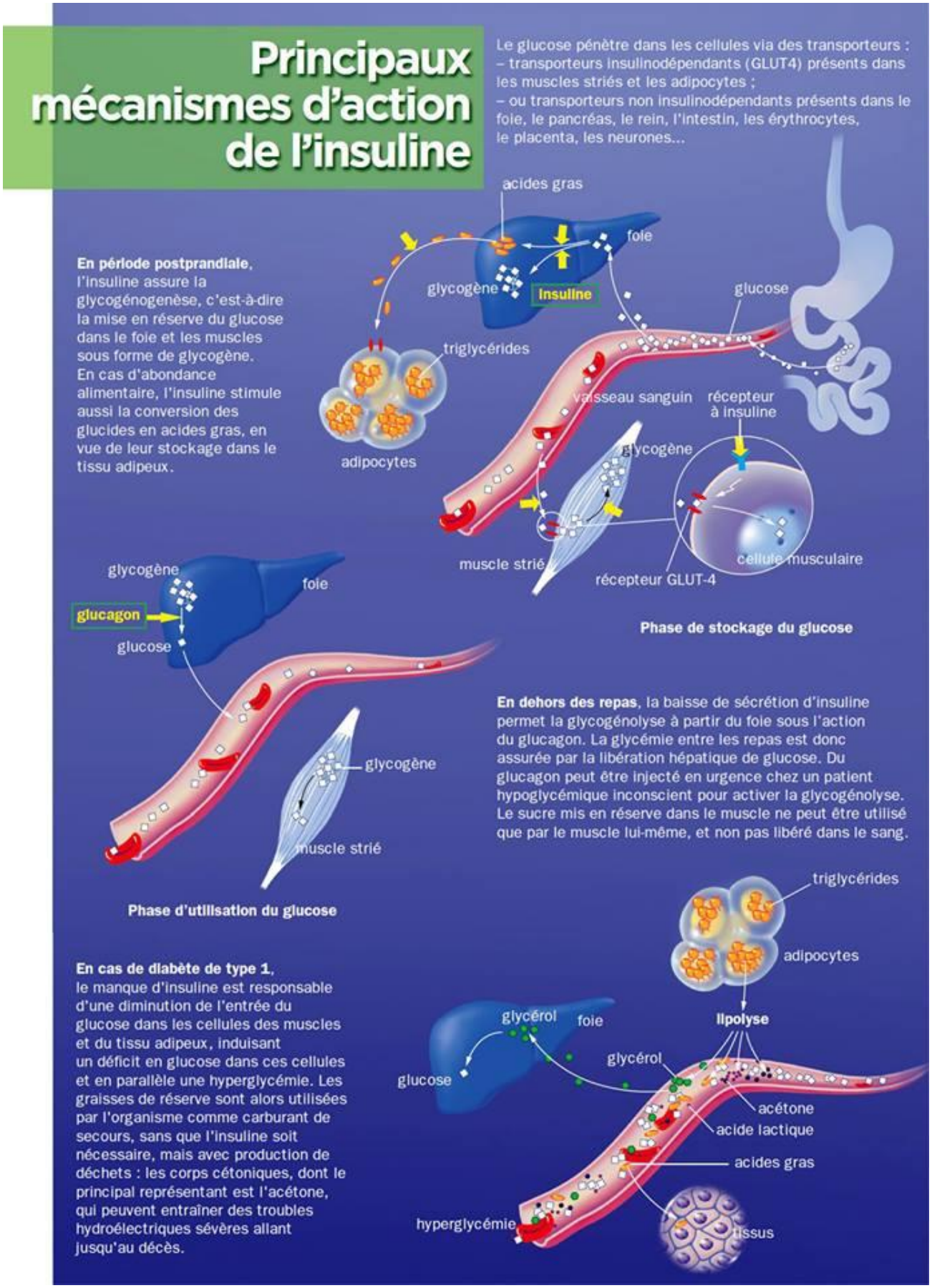


Figure 5 : Mécanisme d'action de l'insuline *(9)*

I.2.3. Principes théoriques de l'insulinothérapie par rapport au modèle physiologique

Le traitement insulinique idéal du patient DT1 serait de mimer les variations insuliniques du sujet sain, à savoir suffisamment précoces pour limiter l'hyperglycémie post-prandiale et suffisamment brèves pour éviter les hypoglycémies entre les repas.

L'action anti-hyperglycémiante de l'insuline en période post-prandiale repose sur la suppression de la production hépatique de glucose et sur la stimulation de l'entrée de glucose dans le muscle squelettique. La diminution progressive de l'insulinémie en parallèle à la glycémie, avec un retour à la normale deux à trois heures après l'ingestion d'un repas, permet au sujet normal de ne pas présenter d'hypoglycémie tardive, quelle que soit l'heure du repas suivant. Par ailleurs, durant le jeûne nocturne, l'insulinémie se maintient à des taux très bas mais suffisants pour permettre la production de glucose par le foie et la lipolyse, ce qui prévient l'hypoglycémie de fin de nuit et une cétogenèse excessive.

Cet objectif théorique de la normoglycémie est cependant difficilement réalisable sur le plan pratique, pour de nombreuses raisons, notamment la voie d'administration de l'insuline mais aussi sa pharmacocinétique. (23)

I.2.4. Différents types d'insuline

A l'origine, l'insuline fut extraite de pancréas de bœuf ou de porc puis hautement purifiée, mais aujourd'hui l'insuline d'origine animale n'est plus utilisée.

Les insulines actuelles sont des insulines recombinantes synthétisées par génie génétique sur des souches d'Escherichia coli principalement. On parle d'insulines « humaines » car la séquence en acides aminés est la même que celle de l'insuline produite par les cellules pancréatiques humaines, bien qu'elles soient obtenues par synthèse. Ces insulines humaines ont permis de réduire les effets indésirables tels que les réactions allergiques et la pharmacocinétique aberrante des insulines animales.

Afin de se rapprocher au mieux du profil de sécrétion physiologique de l'insuline, la structure moléculaire de celle-ci a été modifiée : on a alors obtenu les analogues de l'insuline (qui sont maintenant les plus utilisés). (16) (23)

Les insulines sont classées selon leur cinétique.

I.2.4.1. Les insulines rapides

I.2.4.1.1. Les insulines humaines à action rapide

Ces insulines forment des hexamères qui vont devoir se dissocier dans le tissu sous-cutané en monomères afin de pouvoir être actifs. Par conséquent, leur effet hypoglycémiant apparaît en 30 à 60 min. L'injection doit donc se faire 30 minutes avant l'apport glucidique (repas). Le pic d'action est atteint en 2 à 4 h et leur durée d'action est prolongée pendant 5 à 8 h, avec pour conséquence un risque d'hypoglycémie tardive. (23) (24)

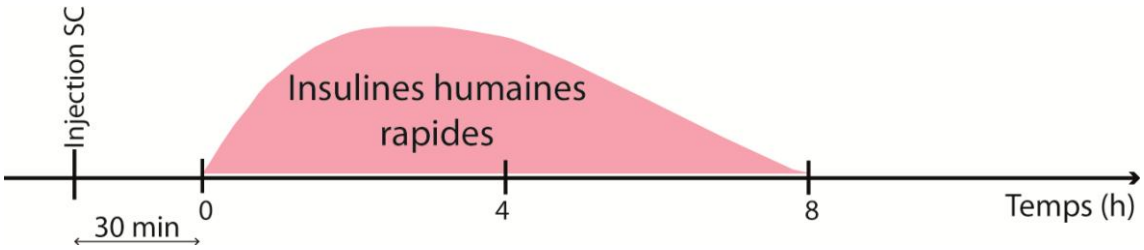


Figure 6 : Schématisation de l'action des insulines humaines rapides

I.2.4.1.2. Les analogues rapides de l'insuline : action ultra-rapide

Le but de la création des analogues rapides est de favoriser la dissociation des hexamères spontanément après l'injection de l'insuline.

Ils sont obtenus par une modification d'acides aminés au sein des chaînes de l'insuline rapide :

- Soit en inversant les positions 28 et 29 de la chaîne B (lys.B28-PrB29) : lispro (Humalog®) ;
- Soit en remplaçant la proline en B28 par l'acide aspartique : aspart (Novorapid®) ;
- Ou encore en substituant en B3 une asparagine par une lysine et en B9 une lysine par un acide glutamique : glulisine (Apidra®).

Ces analogues ultra-rapides ont un délai d'action de 15 à 30 min. Le pic plasmatique est donc au plus proche de la réponse postprandiale du sujet sain, permettant l'injection des analogues rapides juste avant le repas. De plus, ils ont un pic d'action plus précoce en 1 à 3 h et une durée d'action raccourcie de 3 à 5 h ce qui permet de diminuer les pics glycémiques postprandiaux et de réduire le risque d'hypoglycémie à distance des repas. Dès lors, les collations ne sont donc plus indispensables ce qui représente un avantage certain pour la qualité de vie des patients. (25)

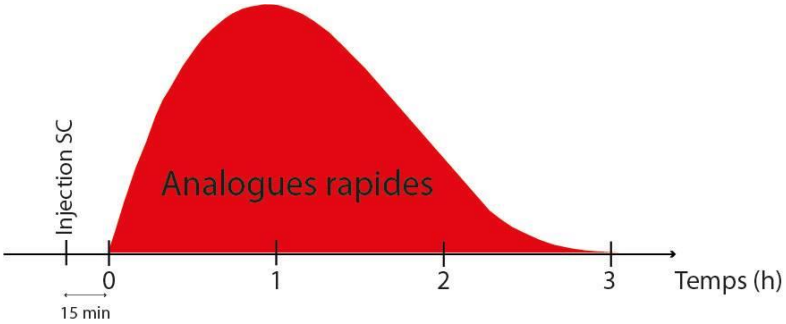


Figure 7 : Schématisation de l'action des analogues rapides de l'insuline

I.2.4.2. Les insulines à action prolongée

I.2.4.2.1. Les insulines à action intermédiaire

Ce sont les insulines de type NPH pour *Neutral Protamine Hagedorn*, dérivées de l'insuline native. Cette préparation associe de l'insuline à la protamine, dans le but de rallonger la durée d'action de l'insuline. Les effets se manifestent 2 à 4 h après l'injection et la durée d'action est de l'ordre de 10 à 24 h selon la spécialité (cf partie insulines commercialisées).

Toutes les insulines de type NPH et les mélanges contenant ce type d'insuline ont un aspect laiteux et nécessitent d'être homogénéisés (en retournant une dizaine de fois le flacon ou le stylo) avant chaque injection.

Elles ont des inconvénients majeurs ce qui explique qu'elles soient moins utilisées : une couverture basale imparfaite sur les 24 h, une reproductibilité de résorption faible et une forte variabilité interindividuelle. (23) (24)

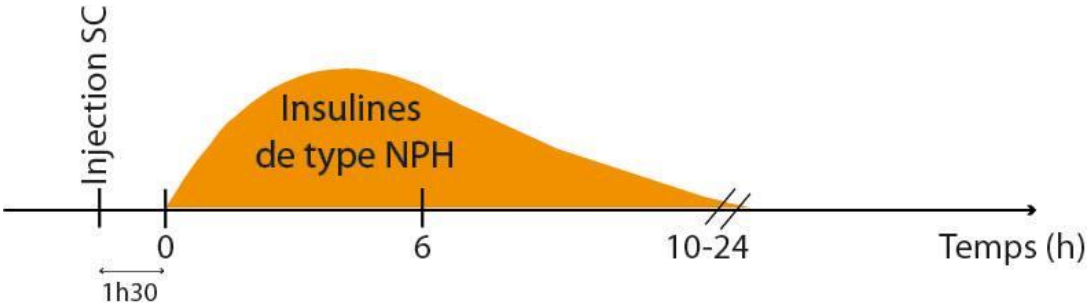


Figure 8 : Schématisation de l'action des insulines de type NPH

I.2.4.2.2. Les analogues lents

Ils sont obtenus par des modifications de la structure de l'insuline native afin de ralentir la dissociation des hexamères d'insuline et ainsi d'augmenter le délai et la durée d'action de celle-ci.

L'insuline glargine (Lantus®) est caractérisée par la substitution de l'asparagine en position A21 par une glycine et par l'ajout en B30 de deux molécules d'arginine. Elle agit en 2 à 4 h et adopte un profil plat et prolongé pendant 22 à 24 h. Cette absence de pics (présents avec l'insuline intermédiaire) diminue la fréquence des hypoglycémies, en particulier nocturnes. Cette insuline glargine constitue ainsi une excellente insuline basale que l'on peut injecter à n'importe quel moment de la journée (et pas seulement au coucher) à condition que l'injection se fasse à la même heure chaque jour.

L'insuline detemir (Levemir®) se caractérise par la présence en B29 d'une acylation. En pratique, son délai d'action est de 2 à 4 h environ, et elle a une durée d'action de 12 à 24 h. La detemir est donc aussi une excellente insuline basale, sachant qu'elle nécessite en général deux administrations par jour pour assurer une couverture insulinique suffisante chez le DT1. (25)

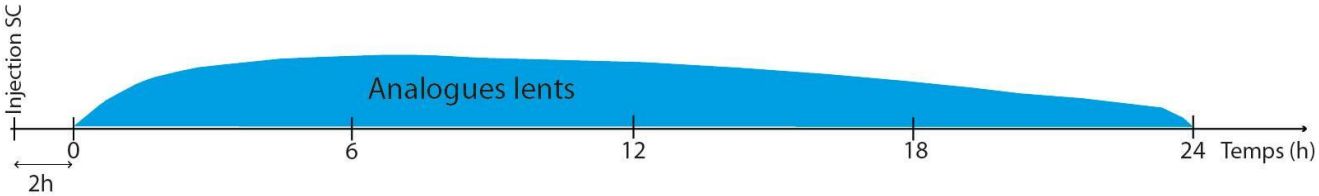


Figure 9 : Schématisation de l'action des analogues lents de l'insuline

I.2.4.3. Les mélanges d'insuline

Ce sont des suspensions bi-phasiques qui combinent en une seule injection l'action de l'insuline prandiale et basale.

Elles associent donc en proportions fixes une insuline rapide ou un analogue ultrarapide permettant l'action immédiate et une insuline à action intermédiaire de type NPH assurant l'effet prolongé. On note que les insulines rapides ne sont quasiment plus utilisées dans les mélanges, contrairement à la palette d'insulines pré-mélangées existantes contenant des analogues ultra-rapides (qui miment plus étroitement le profil insulinique physiologique).

La dénomination de ces spécialités reprend le pourcentage d'insuline rapide ou ultrarapide dans le mélange. (23) (24)

I.2.5. Les insulines commercialisées

Classe	Nom commercial (DCI)	Délai d'action	Durée d'action	Présentations	Spécificités
Analogues ultra-rapides	HUMALOG® (insuline lispro)	15 min	2 à 5 h	Humalog® flacon Humalog® cartouche Humalog® Kwikpen® stylo	Injection à faire juste avant les repas Compatibles avec les pompes portables
	NOVORAPID® (insuline aspart)	15 min	3 à 5 h	Novorapid® flacon Novorapid Penfill® cartouche Novorapid® Flexpen® stylo	
	APIDRA® (insuline glulisine)	15 min	2 à 5 h	Apidra® flacon Apidra ® cartouche Apidra® Solostar® stylo	
Insulines rapides humaines	UMULINE RAPIDE® (insuline rapide)	30 min	5 à 7 h	Umuline rapide® flacon Umuline rapide® cartouche	Injection à faire 20 à 30 min avant les repas Compatibles avec les pompes portables
	INSUMAN RAPIDE® (insuline rapide)	30 min	5 à 7 h	Insuman® Infusat® cartouche Insuman® Optiset® stylo	
	ACTRAPID® (insuline rapide)	30 min	7 à 8 h	Actrapid® flacon Actrapid Penfill®cartouche	
Insuline d'action intermédiaire	UMULINE NPH® (insuline isophane)	60 min	18 à 20 h	Umuline NPH® flacon Umuline NPH® cartouche	Injection au moment ou en dehors des repas Utilisables en 1 à 2 injections par jour Retourner une dizaine de fois avant injection pour remettre en suspension
	INSULATARD NPH® (insuline isophane)	90 min	16 à 24 h	Insulatard® flacon Insulatard® Penfill® cartouche Insulatard® Flexpen® stylo Insulatard® Innolet® stylo	
Analogues lents	LEVEMIR® (insuline detemir)	1 à 2 h	14 à 24 h	Levemir® Penfill® cartouche Levemir® Flexpen® stylo Levemir® Innolet® stylo	Durée d'action dépendante de la dose (de 14 à 24 h) Peut nécessiter 2 injections/j ATTENTION : ne pas mettre en contact avec d'autres insulines
	LANTUS® (insuline glargine)	2 à 4 h	jusqu'à 24 h	Lantus® flacon Lantus® cartouche Lantus® Solostar® stylo	Injection indépendante des repas, à heures régulières ATTENTION : ne pas mettre en contact avec d'autres insulines

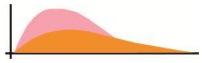
Classe	Nom commercial (DCI)	Délai d'action	Durée d'action	Présentations	Spécificités
Analogue ultra-rapide + Insuline intermédiaire	NOVOMIX 30® NOVOMIX 50® NOVOMIX 70® (30 / 50 / 70 % insuline aspart + insuline aspart protamine)	15 min	24 h	NovoMix® 30 Penfill® cartouche NovoMix® 30 Flexpen® stylo NovoMix® 50 Flexpen® stylo NovoMix® 70 Flexpen® stylo	Injection à faire au moment des repas Retourner une dizaine de fois avant injection pour remettre en suspension
	HUMALOG MIX 25® HUMALOG MIX 50® (25 / 50 % insuline lispro + insuline lispro protamine)	15 min	15 h	Humalog® Mix25 cartouche Humalog® Mix25 Kwikpen® stylo Humalog® Mix50 cartouche Humalog® Mix50 Kwikpen® stylo	
Insuline rapide humaine + Insuline intermédiaire 	MIXTARD 30® (30 % insuline rapide + insuline NPH)	30 min	24 h	Mixtard® 30 flacon	Injection à faire 20 à 30 min avant les repas Retourner une dizaine de fois avant injection pour remettre en suspension
	UMULINE PROFIL 30® (30 % insuline rapide + insuline isophane)	30 min	18 à 20 h	Umuline® Profil 30 flacon Umuline® Profil 30 cartouche Umuline® Profil 30 Kwikpen® stylo	

Tableau 2 : Les insulines commercialisées *(9) (19)*

I.2.6. Protocoles d'administration

L'insuline étant détruite au niveau de l'estomac lorsqu'elle est administrée par voie orale, l'insulinothérapie n'est actuellement possible que par voie sous-cutanée, soit par injection soit par la pose d'une pompe à insuline.

Le stock d'insuline se conserve au réfrigérateur, entre 2 et 10°C. L'insuline en cours d'utilisation se conserve quant à elle à température ambiante pendant 4 semaines, de préférence à l'abri de la lumière. Elle ne doit pas être congelée ni être exposée à des températures trop élevées car son activité biologique pourrait être altérée. (14) (24)

I.2.6.1. Conditionnements de l'insuline

Les insulines sont toutes dosées à 100 UI/mL. Elles se présentent sous forme de flacons de 10 mL, de cartouches de 3mL pour stylos rechargeables ou de stylos pré-remplis jetables de 3 mL (cf présentations classées par nom de spécialités dans le tableau précédent).

En général, les besoins quotidiens en insuline sont compris entre 0,5 et 1 UI/kg/jour chez un sujet de poids normal. Selon les besoins du patient en insuline, ces différents conditionnements (stylos, cartouches ou flacons) permettent un traitement allant d'une à deux semaines. (8) (14) (24)

I.2.6.1.1. Les stylos

Le stylo sera choisi en fonction du type d'insuline (cf tableau des insulines commercialisées) et des doses d'insuline à réaliser (demi-unités ou unités).

Les stylos se composent de plusieurs parties :

- un embout, sur lequel on adapte une aiguille à insuline à usage unique,
- un réservoir (stylos pré-remplis jetables) ou un porte cartouche (stylo rechargeable)
- une fenêtre d'affichage de la dose et une bague permettant de régler cette dernière
- un embout d'injection à l'extrémité. (26)

Figure 10 : Stylo pré-rempli injecteur d'insuline *(27)*

❖ Les stylos pré-remplis jetables :

Les stylos pré-remplis injecteurs d'insuline sont les plus utilisés aujourd'hui et ont considérablement amélioré le quotidien des patients.

Ce sont des dispositifs jetables, conditionnés en boîtes de 5 stylos, chacun contenant un réservoir à insuline de 3 mL soit 300 unités.

❖ Les stylos rechargeables :

Les stylos à insuline rechargeables utilisent des cartouches d'insuline. Ce sont des conditionnements multi-doses, présentés en boîte de 5 cartouches, chacune d'une contenance de 3 mL soit 300 unités.

Ces stylos rechargeables sont plus robustes et plus lourds que les stylos jetables ce qui facilite l'administration (pour les personnes âgées notamment). De plus, en cas d'erreur de sélection de dose, ces stylos ont tous la possibilité de revenir en arrière grâce au sélecteur, sans perte d'insuline. (26)

Il faudra cependant être attentif sur le fait que chaque cartouche n'est pas compatible avec tous les stylos. Le pharmacien doit donc délivrer un stylo adapté à la marque de cartouche utilisée :

Nom du laboratoire	Stylos rechargeables	Cartouches utilisables
Lilly	HUMAPEN SAVVIO® HUMAPEN LUXURA HD®	Humalog® Umuline®
Novonordisk	NOVOPEN 4® NOVOPEN ECHO®	Novorapid® Actrapid® Insulatard® Levemir® Novomix®
Sanofi Aventis	CLICKSTAR®	Apidra® Lantus®

Tableau 3 : Les stylos à insulines rechargeables *(19)*

I.2.6.1.2. Les seringues

L'administration peut se faire à l'aide de seringues (à usage unique) à utiliser avec des flacons d'insuline.

Elles sont munies d'aiguilles et sont graduées en demi-unités, unités ou par deux unités d'insuline. Elles sont respectivement disponibles en trois formats : 0,3 ; 0,5 et 1 mL.

Elles ont l'avantage de permettre l'injection de mélanges d'insuline réalisés par le patient lui-même. Ce dernier peut donc effectuer une adaptation des doses du mélange au cas par cas, contrairement aux insulines pré-mélangées. Le mélange doit être préparé au moment de l'injection.

Cependant, ce mode d'administration est le plus contraignant et n'est quasiment plus utilisé. (26)

I.2.6.2. Les principes de l'injection d'insuline

Le passage de l'insuline dans le sang et donc son action dépendent de la nature de l'insuline mais aussi de la technique d'injection.

I.2.6.2.1. Profondeur de l'injection

L'insuline doit être injectée dans le tissu sous-cutané profond, c'est-à-dire l'hypoderme. Une injection trop profonde dans le muscle accélère la vitesse d'absorption et entraîne un risque d'hypoglycémie et de douleur. L'injection ne doit donc être ni trop profonde, ni trop superficielle. (8) (14) (24)

I.2.6.2.2. Zones d'injection

On distingue principalement quatre zones d'injection : la partie supérieure externe du bras, la partie antérieure et externe des cuisses, les parties basses et externes de l'abdomen et la partie haute des fesses.

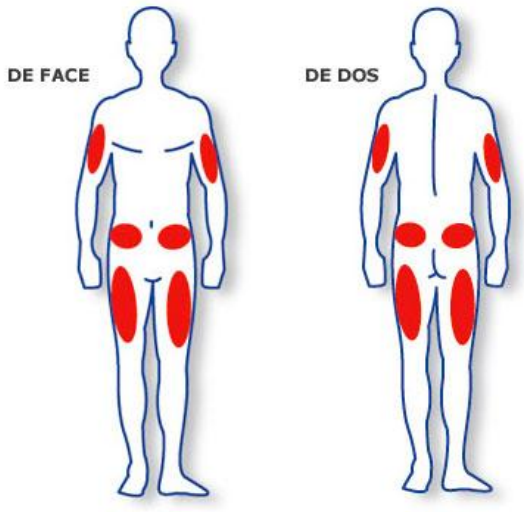


Figure 11 : Zones d'injection de l'insuline *(28)*

L'épaisseur de la peau (épiderme + derme) intervient dans la vitesse de résorption. Elle est variable d'un individu à l'autre et en fonction du site d'injection mais on considère qu'elle est d'environ 2 mm en moyenne.

Afin d'avoir une régularité dans la résorption de l'insuline, il est conseillé de garder le même territoire pour une même insuline à un moment donné de la journée. Par exemple, on préconisera de faire les injections d'insulines rapides au niveau de l'abdomen ou des bras (soit les zones d'absorption rapide) et celle des insulines lentes au niveau des cuisses ou des fesses (soit les zones d'absorption lente).

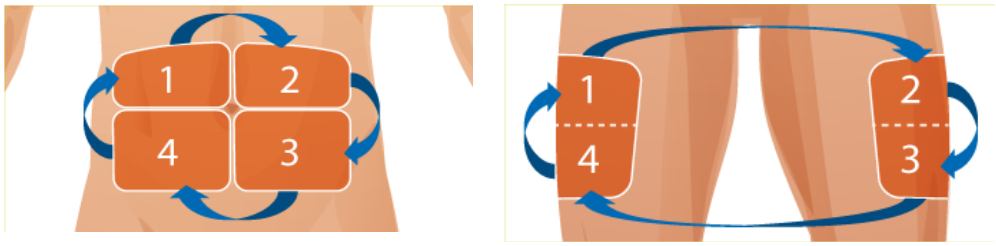


Figure 12 : Rotation des zones *(29)*

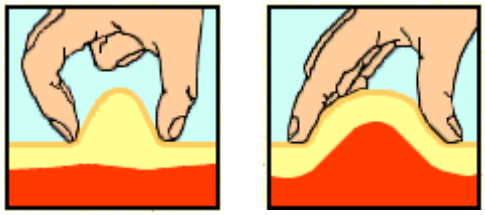
Néanmoins, dans un même site, les points d'injection doivent être modifiés tous les jours afin d'éviter la formation de lipohypertrophies (aspect de « boules » sous la peau). Les lipohypertrophies sont des lipodystrophies, c'est-à-dire des anomalies de la répartition du tissu adipeux corporel. Outre l'aspect esthétique, elles entraînent une mauvaise distribution de l'insuline, source de déséquilibre glycémique.

Figure 13 : Lipodystrophies *(29)*

Pour éviter cet effet indésirable fréquent de l'insulinothérapie, on effectue une rotation des zones, en variant de quelques centimètres le point d'injection par rapport au précédent. (8) (14) (24)

I.2.6.2.3. Les techniques d'injection

Il existe différentes techniques d'injection. En effet, le patient peut réaliser ou non un pli cutané. Il s'agit d'un pli graisseux soulevé entre deux doigts sans soulever le muscle, maintenu le temps de l'injection et jusqu'à ce que l'aiguille soit retirée.



Correct Incorrect

Figure 14 : Pli cutané *(24)*

Enfin, il est aussi possible de réaliser l'injection perpendiculairement ou bien avec un angle de 45°.

I.2.6.2.4. Les différentes aiguilles

Le choix de la taille de l'aiguille intervient aussi dans la technique d'injection.

Suite aux progrès technologiques, on voit apparaître sur le marché des aiguilles plus courtes et avec un diamètre réduit. De plus, ces aiguilles ont une pointe biseautée permettant une pénétration moins invasive et plus confortable.

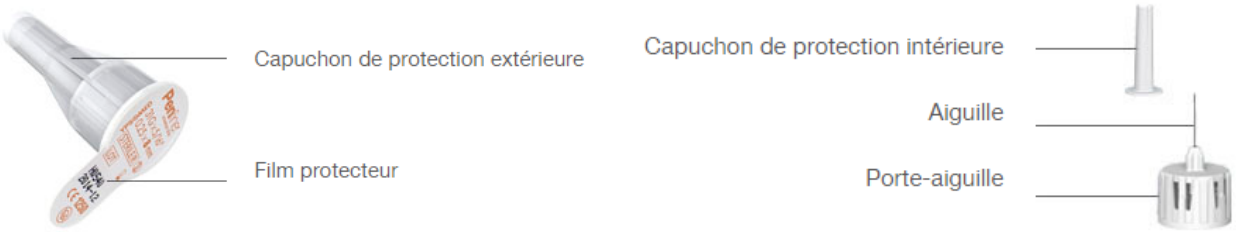


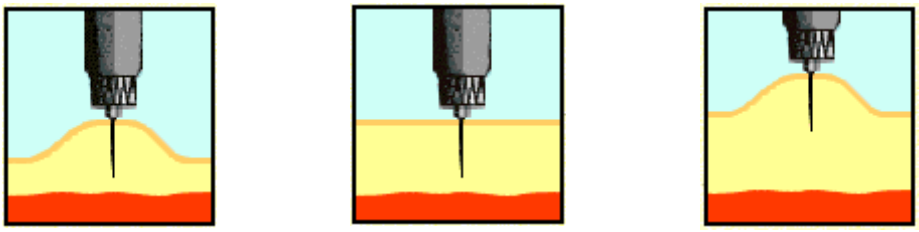
Figure 15 : Composition d'une aiguille pour stylo à insuline *(30)*

Attention, les aiguilles sont à usage unique, en aucun cas elles ne doivent être réutilisées. Elles sont à adapter à chaque nouvelle injection au niveau de l'embout des stylos à insuline (pré-remplis jetables et rechargeables).

Il existe différentes tailles d'aiguilles : 4 mm, 5 mm, 8 mm et 12,7 mm de longueur. Les aiguilles courtes (4 et 5 mm) sont actuellement préférées pour éviter le risque d'injection dans le muscle. De plus, la tolérance des injections semble meilleure.

En pratique, on réserve les aiguilles de 4 mm pour des injections de 40 unités maximum dans le but de permettre une bonne reproductibilité. Au dessus de 40 unités, cela va dépendre de la technique d'injection : on choisira des aiguilles de 8 mm si le patient réalise l'injection à l'aide d'un pli cutané, à l'inverse, en l'absence de pli on préfèrera les aiguilles de 4 ou 5 mm (avec possibilité de séparer la dose en deux injections). (9) (29)

Différentes techniques d'injection sont donc possibles avec des aiguilles de longueurs variables, à 90° ou 45°, avec un pli cutané ou non. Cependant, quelles que soient la technique d'injection utilisée et la longueur de l'aiguille choisie, le but sera toujours le même : injecter l'insuline dans le tissu sous-cutané profond sans atteindre le muscle.



Correct Correct Incorrect

Figure 16 : Différentes techniques d'injection *(24)*

I.2.6.2.5. Autres facteurs pouvant modifier la résorption sous-cutanée

En cas d'activité physique, la vasodilatation va accélérer le passage de l'insuline dans le sang et modifier sa vitesse d'absorption. En pratique, on ne fera pas l'injection d'insuline à proximité d'un muscle qui sera sollicité au cours de l'effort (dans la cuisse avant une course par exemple).

De même, l'environnement thermique peut lui aussi faire varier cette résorption via une vasoconstriction qui la ralentirait ou bien une vasodilatation qui l'accélèrerait.

Enfin, on conseillera de ne pas masser la zone d'injection. En effet, cela rendrait variable la libération de l'insuline et donc serait un facteur de variabilité glycémique. De plus, cela pourrait altérer la zone d'injection au fil des années. (8) (14) (24)

I.2.6.3. L'injection en pratique

La maîtrise de la technique d'injection d'insuline est un facteur important de réussite du traitement et de stabilité glycémique.

I.2.6.3.1. Exemple de préparation de la dose avec un stylo injecteur

1 Se laver les mains à l'eau tiède et au savon puis rincer et sécher.

2 Vérifier qu'il reste assez d'insuline dans le stylo pour injecter la dose d'insuline prévue.
S'il n'y a pas assez d'insuline, changer le stylo pré-rempli jetable et en prendre un nouveau, ou bien changer la cartouche du stylo injecteur rechargeable.

3 S'il s'agit d'un stylo contenant de l'insuline laiteuse, remettre en suspension l'insuline en retournant le stylo une dizaine de fois (ne pas agiter).
Dans les autres cas, le stylo est déjà prêt.

4 Retirer le capuchon du stylo injecteur et visser une nouvelle aiguille sur le stylo. Pour cela, retirer le couvercle de l'aiguille, visser l'aiguille à fond sur le stylo puis retirer l'emballage. N'enlever le capuchon qu'au moment de l'injection.

5 Purger l'aiguille, c'est-à-dire amorcer le stylo. Pour cela, tourner le cadran au bout du stylo pour voir apparaître le chiffre 2 soit 2 unités. Tenir le stylo à la verticale, en le tenant vers le haut, et appuyer doucement sur le bouton d'injection. Répéter ce procédé jusqu'à ce qu'une goutte apparaisse.

6 Régler la dose d'insuline souhaitée à l'aide du cadran

7 Réaliser l'injection. Pour cela enfoncer rapidement et en totalité l'aiguille dans la peau selon la technique choisie, puis appuyer doucement sur le stylo afin d'administrer la dose d'insuline sélectionnée.

8 Attendre 10 secondes avant de retirer l'aiguille afin que toute l'insuline soit absorbée. Si un pli cutané est réalisé, il faut le maintenir jusqu'au retrait de l'aiguille.

9 S'assurer que le cadran de sélection des unités affiche bien le chiffre 0 pour être sûr que la dose d'insuline a bien été entièrement injectée.

10 Retirer l'aiguille après chaque injection afin d'éviter l'entrée de bulles d'air dans le stylo.

Figure 17 : Exemple de préparation de la dose avec un stylo injecteur *(24) (31) (32)*

I.2.6.3.2. Devenir des aiguilles usagées

Les aiguilles usagées font partie des déchets d'activité de soins à risque infectieux (DASRI) et ne doivent pas être jetées à la poubelle.

Le capuchon protecteur de l'aiguille est remis dessus, l'aiguille est alors retirée du stylo puis déposée dans un container spécifique. Une fois rempli, ce container sera traité selon les directives des autorités locales (spécifiques en fonction des différentes communes, se renseigner auprès de son pharmacien).

Il est important de s'assurer que le patient ne réutilise pas les aiguilles usagées. (24) (31)

I.2.6.4. Les différents schémas d'injection

Chez une personne non diabétique, la sécrétion d'insuline au cours de la journée varie en fonction de l'alimentation, de l'exercice physique, du stress… L'objectif chez le patient DT1 est de reproduire au mieux cette sécrétion physiologique.

Le but dans l'insulinothérapie du DT1 est d'obtenir un équilibre entre une HbA1c basse (pour éviter les complications à long terme) et le risque d'hypoglycémie.

Plusieurs schémas insuliniques sont possibles. Ils doivent être choisis suivant l'acceptation du patient et les objectifs visés.

Les schémas insuliniques non physiologiques autrefois utilisés ont été abandonnés.

Les schémas conventionnels ne sont quant à eux quasiment plus utilisés. Cependant, chez certains patients refusant de faire 4 ou 5 injections par jour, des schémas à 2 ou 3 injections par jour peuvent être proposés. Ils consistent en l'injection de mélanges déjà prêts d'analogues d'insuline rapide et d'insuline intermédiaire le matin et le soir (Novomix 30 50 ou 70 ou Humalog Mix 25 ou 50) avec ou sans une injection supplémentaire d'insuline rapide au repas du midi.

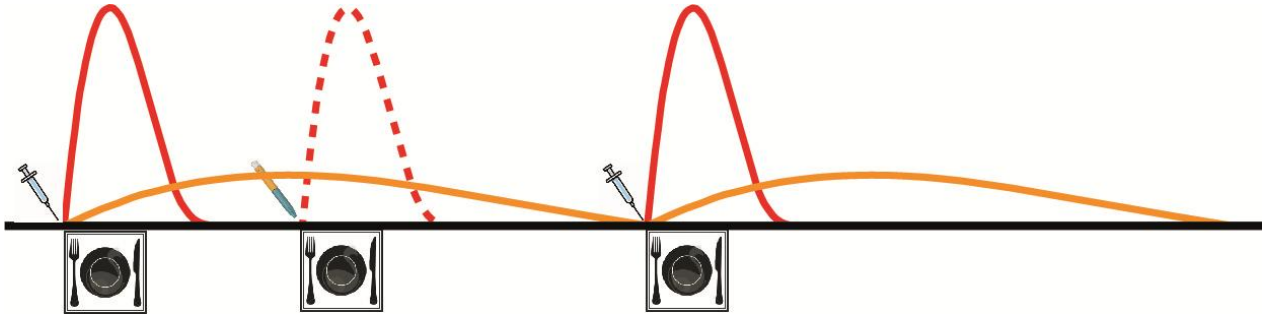


Figure 18 : Schéma d'administration à 2 ou 3 injections par jour

Les plus courants sont les schémas optimisés, car ils se rapprochent au mieux de la sécrétion physiologique.

Le plus classique est le schéma « basal-bolus » avec 4 injections par jour : 1 injection d'analogue lent le soir ou au coucher (lantus ou levemir) qui va couvrir les besoins de base en insuline et 3 injections d'analogues rapides avant chaque repas.

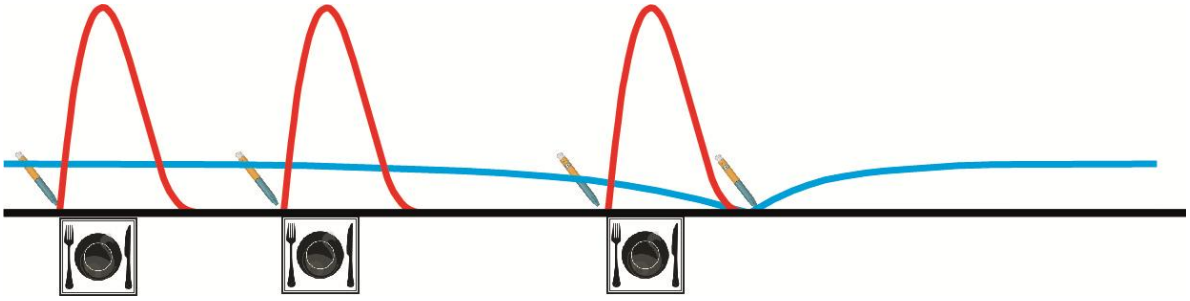


Figure 19 : Schéma d'administration de type « basal-bolus » à 4 injections par jour

Il existe plusieurs variantes à adapter en fonction de chaque patient.

Chez certains patients, l'injection d'un analogue lent n'est pas suffisante, cela nécessite alors l'administration de deux injections d'analogues lents le matin et le soir (en plus des trois injections d'analogues rapides pour les repas).

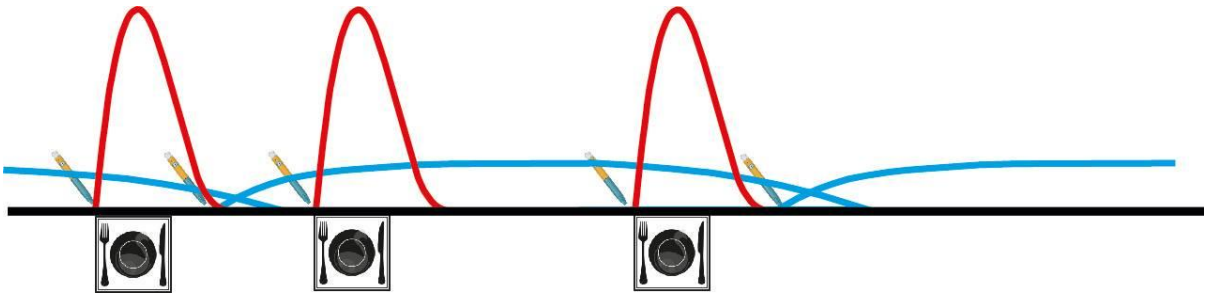


Figure 20 : Schéma d'administration à 5 injections par jour

Certains patients peuvent aussi faire une injection d'analogue rapide supplémentaire au moment du goûter (et notamment si le diner est tardif).

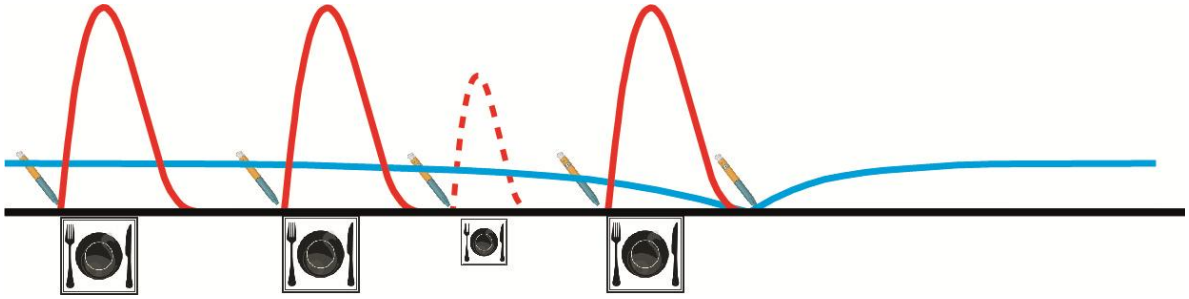


Figure 21 : Schéma d'administration à 5 injections par jour

Ce schéma « basal-bolus » a démontré son efficacité car il limite le risque d'hypoglycémies et permet de moduler l'insulinothérapie aux diverses circonstances de la vie.

En cas de période de déséquilibre ou de phénomène intercurrent, l'insulinothérapie peut être transitoirement modulée. Par exemple, lors d'un épisode infectieux, d'un état inflammatoire ou bien de la prise de corticoïdes, les doses d'insulines devront être augmentées. En effet, ces états s'accompagnent d'une diminution de la sensibilité à l'insuline. (16) (14)

I.2.6.5. Les pompes à insuline

Le traitement par pompe à insuline permet une perfusion continue et modulable reproduisant mieux la sécrétion physiologique d'insuline que les multi-injections quotidiennes.

En France en 2007, on estime environ 9000 patients traités par pompe à insuline (soit un peu moins de 6% de la population diabétique de type 1). (5)

Le principe du traitement repose sur la perfusion sous-cutanée continue d'insuline rapide, le plus souvent d'un analogue rapide de l'insuline.

Il s'agit d'un mini-perfuseur portable porté en permanence à l'extérieur du corps. Ce dispositif électronique se compose d'une pompe à insuline avec un réservoir, relié au cathéter par une tubulure.

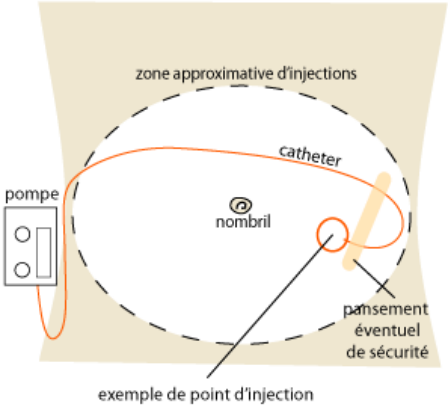


Figure 22 : Schéma d'une pompe à insuline *(33)*

La mise sous pompe se fait en unité de diabétologie et nécessite une hospitalisation de 4 à 6 jours. Le patient détermine avec l'aide du médecin le taux basal de perfusion auquel il ajoutera des bolus aux moments des repas.

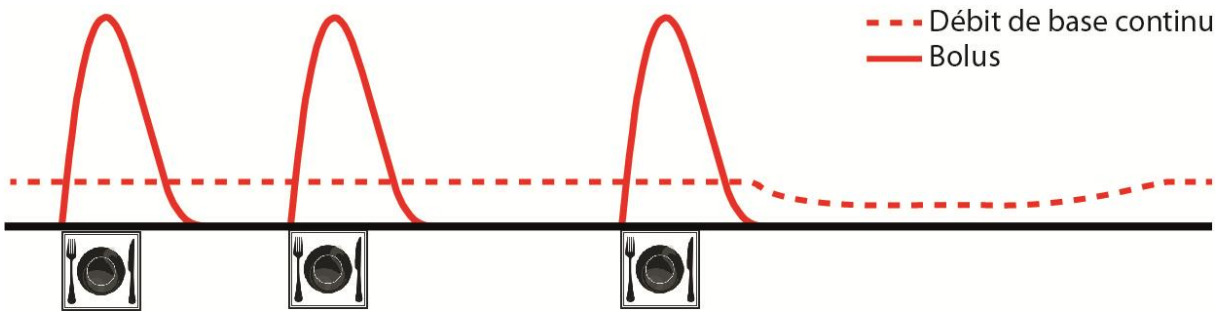


Figure 23 : Insulinothérapie sous pompe à insuline

La pompe à insuline présente des avantages certains, à savoir une plus grande liberté pour le patient puisque cela permet de remplacer les 4 ou 5 injections par jour par un changement de cathéter tous les 3 jours, ainsi qu'une plus grande flexibilité et une individualisation totale du traitement. De plus, une amélioration de l'équilibre glycémique est obtenue sous pompe à insuline avec une diminution significative de l'HbA1c et une diminution des hypoglycémies et hyperglycémies. Il convient aussi au traitement des nouveau-nés et des femmes enceintes.

Actuellement, la thérapeutique par pompe portable serait la méthode de traitement du DT1 la plus efficace.

Cependant, malgré une taille réduite, elle apparaît aux yeux de nombreux patients comme une contrainte visible supplémentaire. Pour d'autres, la réintroduction du cathéter tous les trois jours est un réel frein à la mise en place de ce traitement. De plus, il existe d'autres inconvénients comme l'hospitalisation initiale, les contrôles glycémiques plus nombreux, les réactions locales et le risque de cétose en cas d'arrêt de la pompe (qui reste aujourd'hui exceptionnel).

L'adhésion, la motivation du patient et son encadrement spécialisé sont des éléments indispensables à la réussite du traitement. La pompe à insuline est donc indiquée chez les patients qui désirent un meilleur contrôle de leur glycémie, ou bien encore chez ceux ayant un mode de vie imprévisible.

Il existe plusieurs types de pompes. Les deux dernières apparues sur le marché présentent de sérieux avantages.

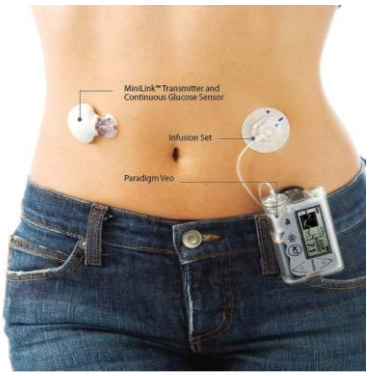


Figure 24 : Pompe à insuline Paradigm® *(34)*

La pompe Paragigm® comporte un capteur sous cutané qui mesure la glycémie toutes les 10 secondes et fait une moyenne sur les 5 minutes. Cela évite donc au patient de se piquer plusieurs fois par jour pour contrôler sa glycémie (mais pour l'instant l'appareil ne calcule pas la quantité d'insuline à injecter en fonction de la glycémie).

La pompe Omnipod® est une « pompe-patch » qui ne présente pas de tubulure entre la pompe et le cathéter.

Figure 25 : Pompe à insuline Omnipod® *(35)*

En dehors de ces pompes à insuline externes, il existe aussi une pompe à insuline implantable, la pompe Medtronic-Minimed 2007®. Il s'agit d'une pompe placée sous anesthésie dans une poche implantable au niveau du tissu sous-cutané abdominal. Le réservoir se remplit par voie percutanée environ toutes les 6 à 8 semaines. Il est réservé aux patients ayant un DT1 instable (du fait de contraintes techniques et du coût important). (7) (8) (14)

I.2.7. Autosurveillance glycémique

I.2.7.1. Définition et principe

L'autosurveillance glycémique (ASG) désigne la mesure du taux de glucose dans le sang capillaire.

Une autosurveillance glycémique pluriquotidienne est essentielle pour contrôler les réponses glycémiques aux injections d'insuline et adapter les doses à injecter. Le patient prélève une goutte de sang à l'aide d'un autopiqueur armé d'une lancette, puis il mesure la glycémie capillaire grâce à une bandelette réactive à l'aide d'un lecteur de glycémie.

Selon les recommandations de la HAS, le contrôle glycémique doit être effectué au minimum 4 fois par jour pour le DT1 : une glycémie avant chaque repas puis une au coucher.

Cependant, ces mesures sont insuffisantes en cas d'insulinothérapie intensifiée ou dans le cadre de l'insulinothérapie fonctionnelle comme nous le verrons dans le chapitre consacré. Il existe aussi de nombreuses circonstances qui nécessitent une augmentation de la fréquence de l'ASG comme par exemple le changement d'insuline, l'introduction de nouveaux traitements médicamenteux, l'apparition de fièvre ou d'infection…

Les modalités d'utilisation (fréquence des mesures, horaires, sites) sont fixées par le médecin prescripteur en fonction des objectifs glycémiques visés. (9)

I.2.7.2. Objectifs glycémiques

Les objectifs glycémiques idéaux des patients DT1 sont présentés dans le tableau suivant, ils doivent cependant être adaptés individuellement :

Moments de la journée	Objectifs glycémiques en g/L
Matin à jeun	1 à 1,2
Avant les repas	0,8 à 1,2
2 heures après les repas	1,2 à 1,8
Au coucher	Environ 1,2
A 3 heures du matin	Inférieur à 0,8

Tableau 4 : Objectifs glycémiques chez des patients DT1 non âgés *(10)*

Le patient devra savoir interpréter ses résultats glycémiques pour déterminer au mieux les doses d'insuline nécessaires.

I.2.7.3. Le marché de l'ASG

La mesure de la glycémie fait partie des tests hors laboratoire remboursés et distribués par les pharmacies (l'ASG appartient au monopole pharmaceutique).

Concernant le remboursement du matériel, un lecteur de glycémie par période de 4 ans et un auto-piqueur par an est pris en charge pour la population adulte (deux lecteurs et deux auto-piqueurs pour les moins de 18 ans). Pour les bandelettes et les lancettes il n'y a pas de limitation pour les patients traités par insuline.

On trouve sur le marché des kits d'initiation comprenant un lecteur, dix bandelettes, un stylo auto-piqueur et dix lancettes ainsi que des kits de renouvellement (sans l'autopiqueur). (9)

I.2.7.4. Les lecteurs de glycémie

Il existe de nombreux appareils de glycémie de différentes marques. Il est important pour le pharmacien de connaître leurs avantages et leurs inconvénients afin de pouvoir conseiller au mieux les patients. En effet, il peut être amené à choisir le lecteur pour le patient lorsque le prescripteur n'a pas spécifié de modèle en particulier.

Les patients diabétiques de type 1 ont, dans la majorité des cas, déjà manipulé les lecteurs de glycémie avec le diabétologue.

I.2.7.4.1. Critères de choix

Le lecteur doit avant tout être adapté au patient en fonction de son mode de vie, son âge et ses exigences, sa capacité de manipulation et sa compréhension du mécanisme.

Le matériel de l'ASG a évolué de par la réduction du volume de sang à déposer sur la bandelette, la suppression du calibrage, la rapidité des résultats, la réduction de la taille des lecteurs et l'intégration de logiciels permettant l'analyse informatique des données.

Actuellement, plus de 20 lecteurs de glycémie sont commercialisés par 11 laboratoires. En 2011, Lifescan (44,2 %) et Roche Diagnostics (34,8 %) étaient les deux leaders en se partageant 80 % du marché de l'ASG, suivis par Abott (13,3 %) et Bayer (4,5 %). Le premier leader du marché était le One Touch Vita® (laboratoire Lifescan).

Certains critères sont plus ou moins recherchés :

- La quantité de sang nécessaire à la mesure.
- La taille : un lecteur petit et discret est un avantage pour le patient jeune. C'est le cas par exemple de l'iBG Star® ou de l'Accucheck Performa Nano®.
- La taille de l'écran et la lisibilité des caractères, le rétro-éclairage. Rappelons que la déficience visuelle est une des complications du diabète. On citera par exemple les lecteurs Freestyle Papillon Vision® ou encore les lecteurs One Touch® Vita/ Verio IQ / Ultra Easy qui ont des écrans de grande taille avec un affichage des glycémies en gros caractères.
- L'existence d'un mode audio.
- La taille des bandelettes ou des électrodes associées (en cas de problème de préhension).
- La durée de la mesure (argument important pour les populations jeunes), comme par exemple les lecteurs Freestyle Papillon® (Vision et InsuLinx) qui affichent les résultats en 4 secondes.

- L'absence totale de calibrage pour la plupart des lecteurs. Ce n'est pas le cas pour les lecteurs One Touch Ultra Easy®, Accu Check Performa® et Performa Nano® qui nécessitent l'insertion d'une puce de calibration.
- L'utilisation possible de sites alternatifs avec le One Touch Ultra® ou le Freestyle Papillon® par exemple.
- La possibilité de dosage des corps cétoniques.
- Le design, avec notamment l'iBG Star® (s'adapte sur iPhone ou iPod), le One Touch Verio IQ® (écran couleur) et Freestyle Papillon InsuLinx® (écran tactile).
- La possibilité de transférer les résultats sur ordinateur.
- Le nombre de valeurs mises en mémoire et la possibilité de calculer des moyennes.
- Différents réglages : moments de mesure (avant ou après repas), tendances hypo et hyper glycémiques, alertes…(24) (36) (37)

I.2.7.4.2. Exemples de lecteurs de glycémie

Les principaux lecteurs de glycémie des cinq premiers laboratoires du marché sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Ils indiquent leurs principales caractéristiques et le matériel associé pour chacun d'entre eux.

Laboratoire		ROCHE		
Lecteurs de glycémie		Accu-Check® Mobile	Accu-Check® Performa	Accu-Check® Performa Nano
Caractéristiques générales des lecteurs	mémoire	2000 résultats en mémoire	500 résultats en mémoire	
	moyenne	7, 14, 30, et 90 derniers jours		
	volume de sang	0,3 µL	0,6 µL	
	durée de mesure	5 secondes		
	spécificités	Fonctionne avec piles Alerte de péremption de la cassette Contrôle automatique du volume de sang	Fonctionne avec piles Contrôle automatique du volume de sang Alerte de risque d'hypoglycémie Prise en main facile, grand écran Taille du lecteur réduite	Fonctionne avec piles Alerte de risque d'hypoglycémie Taille du lecteur réduite
Matériel	Bandelettes	1 cassette Accu-Check® Mobile permettant 50 mesures de glycémie	Bandelettes extra-larges Accu-Check® Performa pour une manipulation facile	
	Stylo autopiqueur + lancettes	Autopiqueur Accu-Check® FastClix fonctionnant avec des barillets sécurisés de 6 lancettes		

Laboratoire		LIFESCAN		
		OneTouch® Vita®	OneTouch® Verio®	OneTouch® Verio®IQ
Lecteurs de glycémie				
Caractéristiques générales des lecteurs	mémoire	500 résultats en mémoire		750 résultats en mémoire
	moyenne	7, 14 et 30 derniers jours		7, 14, 30 et 90 derniers jours
	volume de sang	1 µL	0,4 µL	
	durée de mesure	5 secondes		
	spécificités	Grandes touches faciles à manipuler Ecran large Indication des repas	Fonctionne avec piles Grand écran et indicataur par code couleur des résultats en dessous, au-dessus et dans l'objectif	Grand écran couleur lumineux Fonctionne sur batterie rechargeable Alerte de risque d'hypoglycémie
Matériel	Bandelettes	Bandelettes réactives OneTouch® Vita®	Bandelettes réactives OneTouch® Verio®	
	Stylo autopiqueur + lancettes	Stylo autopiqueur et lancettes OneTouch® Confort™	Stylo autopiqueur et lancettes OneTouch® Delica®	

Laboratoire		ABBOTT		
		FreeStyle Optium Neo	FreeStyle PAPILLON InsuLinx	FreeStyle PAPILLON Vision
Lecteurs de glycémie				
Caractéristiques générales des lecteurs	mémoire	1000 résultats en mémoire	500 résultats en mémoire	400 résultats en mémoire
	moyenne	7, 14 et 30 derniers jours	Carnet d'autosurveillance automatisé jusqu'à 165 jours	7, 14 et 30 derniers jours
	volume de sang	0,6 µL	0,3 µL	
	durée de mesure	5 secondes	4 secondes	
	spécificités	Alertes glycémiques Fonctionne avec piles Possibilité de dosage des corps cétoniques	Fonctionne avec piles Ecran tactile	Fonctionne avec piles
Matériel	Bandelettes	Bandelettes FreeStyle Optium et Bandelettes FreeStyle Optium β-cétone	Bandelettes FreeStyle PAPILLON Easy	
	Stylo autopiqueur + lancettes	Stylo autopiqueur et lancettes FreeStyle		

Laboratoires		SANOFI		BAYER	
		BGStar®	iBGStar®	Contour®XT	Contour® NEXT USB
Lecteurs de glycémie					
Caractéristiques générales des lecteurs	mémoire	1865 résultats en mémoire	300 résultats en mémoire	480 résultats en mémoire	2000 résultats en mémoire
	moyenne	7, 14, 30, et 90 derniers jours		7, 14 et 30 derniers jours	7, 14, 30, et 90 derniers jours
	volume de sang	0,5 µL		0,6 µL	
	durée de mesure	6 secondes		5 secondes	
	spécificités	Grande taille de caractères	Fonctionne avec i-Phone ou i-Pod Touch	Grande taille de caractères	Alertes hypoglycémiques et fonction "tendances"
Matériel	Bandelettes	Bandelettes BGStar®		Bandelettes réactives Contour® NEXT	
	Stylo autopiqueur + lancettes	Stylo autopiqueur et lancettes BGStar®		Stylo autopiqueur et lancettes MICROLET	

Tableau 5 : Tableau comparatif des principaux lecteurs de glycémie *(24) (38) (39) (40) (41) (42)*

I.2.7.5. Le matériel

Le prélèvement de la goutte de sang est une étape importante de l'ASG : le respect de la procédure, la quantité de sang prélevé et les sites d'injection ont une influence sur la fiabilité du résultat affiché par le lecteur de glycémie.

I.2.7.5.1. L'autopiqueur

Il existe sur le marché deux types d'autopiqueurs : rechargeables et à usage unique.

Les autopiqueurs rechargeables se présentent sous forme de mince boitier ou de stylo. Ils sont munis d'un ressort qui déclenche la pénétration de la lancette. Leur embase permet de régler la profondeur de pénétration de la lancette selon l'épaisseur de la peau et le site de prélèvement. La lancette est à usage unique et s'éjecte à l'aide du bouton poussoir.

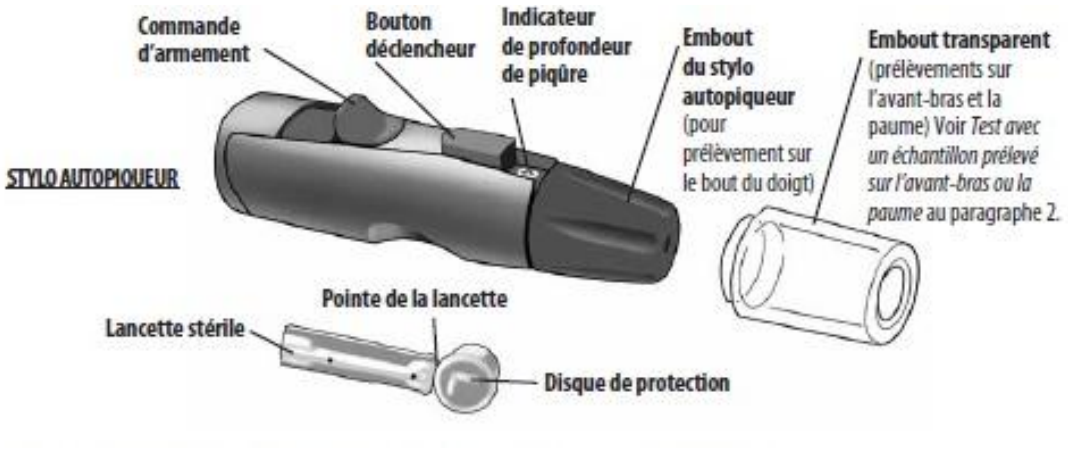


Figure 26 : Exemple d'un stylo autopiqueur *(38)*

Il existe différents modèles, simples, de tailles variables, avec des embases différentes, des systèmes anti-rebond (Microlet2®, BD Microfine+®), anti-vibration (GD500 Vibeless®), avec picots de massage… Les auto-piqueurs multi-lancettes ou auto-piqueurs à barillets comme AccuChek Multiclix® ou Fastclix® ont l'avantage d'être prêts à l'emploi pour 6 tests consécutifs.

Les autopiqueurs à usage unique sont jetables et comportent une lancette incorporée. Ils sont quant à eux utilisés par les professionnels en milieu hospitalier et pour des actions de dépistage en pharmacie lors d'un usage partagé des lecteurs de glycémie. On citera par exemple Solofix Safety Fine®, Safe T Pro+®, ou Unistick®. (36)

De plus, il existe aussi des lancettes stériles à usage unique, les BD microtainers, s'utilisant sans autopiqueur, ce qui peut montrer un intérêt en ambulatoire pour certains patients, et notamment lors de courtes périodes – diabète gestationnel. (43)

I.2.7.5.2. Les lancettes

Les lancettes sont à usage unique. Aujourd'hui, elles sont de plus en plus fines, en triple biseaux et souvent siliconées ce qui permet de diminuer la douleur.

Les lancettes Accucheck Multiclix® se présentent sous forme de barillet distributeur de six lancettes, limitant ainsi les manipulations. (36)

I.2.7.5.3. Les bandelettes

Le modèle de la bandelette est à adapter en fonction du modèle du lecteur de glycémie. Les spécificités des bandelettes peuvent elles aussi entrer dans les critères de choix du lecteur en fonction des différentes caractéristiques :

- Le volume de sang nécessaire à la mesure : certains lecteurs comme le Freestyle Papillon® ou l'Accucheck Mobile® par exemple ne nécessitent qu'une très petite goutte de sang (0,3 µL).
- La zone de dépôt sur la bandelette : qui peut être soit à l'extrémité (One Touch Ultra® par exemple) ou bien sur les côtés (One Touch Verio®) permettant deux zones de dépôts et donc nécessitent moins d'habileté.
- La présentation sous forme de cassette permettant la réalisation de 50 auto-mesures (Accu Check Mobile®) ou bien de disque pour 10 tests (Glucodisc®).
- La possibilité de rajouter du sang sur la bandelette si le volume de sang était initialement insuffisant (avantage important car évite de se piquer une nouvelle fois). C'est le cas pour Freestyle®, et Accu Check Mobile®.
- La possibilité de dosage des corps cétoniques (Freestyle Optium® par exemple).
- La présence d'alertes si les bandelettes sont périmées… (24) (37)

I.2.7.6. L'autosurveillance glycémique en pratique

Avant tout prélèvement, vérifier l'état du matériel : fonctionnement du lecteur de glycémie, date de péremption des bandelettes ou électrodes, fonctionnement de l'autopiqueur, propreté du matériel…

1. **Se laver les mains** à l'eau tiède (pour favoriser l'arrivée du sang) et au savon. Rincer puis sécher. Ne pas utiliser d'antiseptique, notamment l'alcool, ou de lotions qui pourraient fausser les résultats. Laisser pendre la main ou masser légèrement le doigt de la paume vers l'extérieur favorisera l'irrigation sanguine.

2. Ôter l'embout du stylo autopiqueur (en le tournant dans le sens des aiguilles d'une montre). **Insérer une lancette stérile dans le stylo autopiqueur** (pousser fermement la lancette jusqu'à enclenchement). Dévisser le disque de protection de la lancette (il se détache) et le mettre de côté. Replacer l'embout du stylo autopiqueur (tourner dans le sens des aiguilles d'une montre).

Figure 27 : Autosurveillance glycémique (étape 2) *(38)*

3. **Ajuster le réglage de profondeur de la piqûre**. Tourner l'embout du stylo autopiqueur jusqu'à apparition du réglage voulu. Les petits nombres s'appliquent aux piqûres superficielles, moins douloureuses. Elles conviennent aux enfants et à la plupart des adultes. On réserve les piqûres plus profondes aux personnes dont la peau est épaisse ou calleuse.
   Remarque : choisir d'abord un réglage pour une piqûre superficielle, puis augmenter la profondeur jusqu'à obtenir un réglage permettant d'obtenir un compromis entre échantillon de sang suffisant et douleur insignifiante.

Figure 28 : Autosurveillance glycémique (étape 3) *(38)*

4. **Insérer une bandelette réactive** dans la fente d'insertion du lecteur de glycémie pour le mettre en marche.

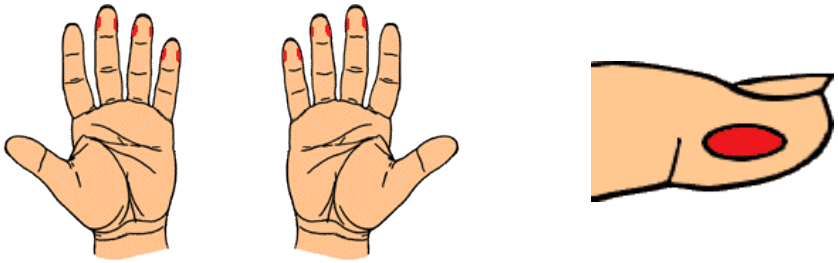
Figure 29 : Autosurveillance glycémique (étape 4) *(38)*

5. Si nécessaire, **armer le stylo autopiqueur** : ramener le bouton d'armement jusqu'au déclic.

6. **Piquer le doigt** : maintenir fermement le stylo autopiqueur sur le côté du doigt puis appuyer sur le bouton déclencheur.

Figure 30 : Autosurveillance glycémique (étapes 5 et 6) *(38)*

Remarque : piquer sur le côté de la dernière phalange (endroit le plus vascularisé et qui fait le moins mal) des trois derniers doigts de la main gauche ou droite. Eviter de piquer le pouce et l'index qui sont les doigts les plus utilisés. Varier les sites de prélèvement pour éviter la formation de callosités.



Trois derniers doigts de la main Face latérale de la dernière phalange

Figure 31 : Sites de prélèvement de l'autosurveillance glycémique *(33)*

7. **Prélever une goutte de sang** bien ronde en pressant doucement le doigt. Si le sang s'étale ou coule, ne pas utiliser l'échantillon (renouveler l'opération).

Figure 32 : Autosurveillance glycémique (étape 7) *(38)*

8. **Préparer l'application de l'échantillon sanguin**. Veiller à appliquer l'échantillon immédiatement après avoir effectué le prélèvement. Lorsque la goutte de sang est suffisante, approcher la bandelette réactive de la goutte de sang tout en gardant le doigt immobile.
   Remarques : ne pas appliquer le sang sur la partie supérieure de la bandelette. Ne pas tenir le lecteur et la bandelette sous la goutte de sang (le sang pourrait couler dans la fente d'insertion des bandelettes et endommager le lecteur).

9. **Appliquer l'échantillon de sang** : mettre en contact le sillon de la bandelette avec la goutte de sang. Le sang monte alors le long de la bandelette par capillarité.
   Remarques : ne pas appuyer la bandelette contre le bout du doigt car elle pourrait alors ne pas être complètement remplie. Prendre soin de ne pas étaler ni racler la goutte de sang avec la bandelette réactive. Ne pas rajouter de sang sur la bandelette réactive après un premier dépôt.

Ne pas bouger la bandelette réactive au cours du test. Attendre le remplissage complet puis éloigner la bandelette et attendre la mesure.

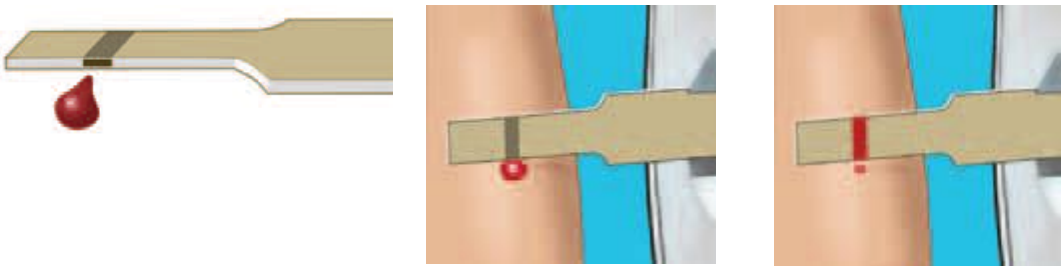


Figure 33 : Autosurveillance glycémique (étapes 8 et 9) *(38)*

10. **Le lecteur affiche la glycémie en g/L**. Reporter les résultats sur le carnet d'autosurveillance.

11. **Retirer la lancette usagée** de l'embout du stylo autopiqueur.

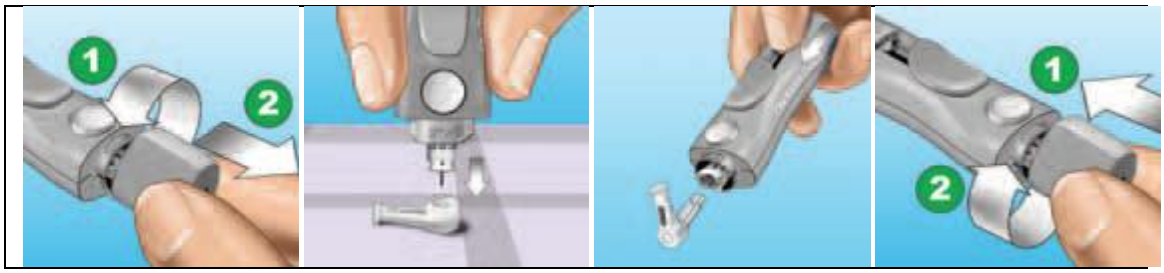


Figure 34 : Autosurveillance glycémique (étapes 10 et 11) *(38)*

12. **Eliminer la lancette et la bandelette réactive usagées (à usage unique) dans le collecteur DASRI** (avec les aiguilles à insuline). (24) (38)

Après obtention de la glycémie, le patient devra être en mesure d'interpréter les résultats pour adapter son insulinothérapie (partie adaptation des doses traitée ultérieurement).

I.2.7.7. Le carnet d'autocontrôle

Le carnet d'autocontrôle apporte une vue d'ensemble des glycémies et des doses d'insuline des jours précédents. Il apparaît donc comme un outil indispensable à la réalisation d'une adaptation correcte des doses d'insuline. La mémorisation des valeurs par les lecteurs de glycémie ne permet pas de remplacer le carnet.

Il existe différents types de carnets d'autocontrôle qui peuvent être commandés ou téléchargés via les différents laboratoires de lecteurs de glycémie.

I.2.7.8. Les conseils du pharmacien

Le pharmacien renforce le message déjà transmis au patient par les autres professionnels de santé. Il a un rôle primordial dans la dispensation d'un lecteur de glycémie car cela va conditionner sa bonne utilisation par le patient.

Lors de la première délivrance d'un lecteur de glycémie, il est préférable de recevoir le patient dans un espace de confidentialité. Après initialisation et calibrage de l'appareil, faire une démonstration de la prise de mesure de la glycémie au patient, puis le faire manipuler lui-même pour vérifier qu'il a bien compris le fonctionnement. Conseiller de lire entièrement le guide d'utilisation de l'appareil une fois chez lui. Penser à indiquer au patient de retourner la carte de garantie remplie au fabriquant pour pouvoir bénéficier d'une réparation ou d'un échange de lecteur en cas de défaillance durant les quatre ans de garantie.

Lors des renouvellements, vérifier que le patient sait mesurer sa glycémie et lui rappeler les étapes pour réaliser une prise de mesure correcte.

Dans tous les cas, il est primordial que le pharmacien rappelle les points essentiels suivants :

- Utiliser une lancette neuve pour chaque test. En effet, émoussée après une première utilisation, la réutilisation de la lancette usagée risque d'entraîner une douleur en plus de l'augmentation du risque infectieux.
- Les bandelettes doivent être conservées à l'abri de l'humidité dans un flacon fermé. Un flacon de bandelettes doit être utilisé dans les trois mois suivant son ouverture.
- Rappeler l'importance d'une bonne manipulation pour éviter les erreurs de mesures : ne pas désinfecter la zone de piqûre, éviter de piquer au niveau de la pulpe, ne jamais faire saigner deux fois de suite le bout du doigt car la coagulation modifie la composition du sang, ne pas presser trop fortement le bout du doigt car une dilution par le liquide interstitiel risquerait de fausser le dosage…
- Rappeler l'importance du respect des objectifs glycémiques pour diminuer le risque de complications, l'importance de la réalisation de tests d'auto-mesure de la glycémie réguliers pour permettre une adaptation correcte du traitement, de même que l'importance de consigner les résultats des glycémies dans le carnet d'autosurveillance et d'y annoter les remarques (dans le but d'impliquer le patient et de permettre une meilleure gestion du traitement par le médecin).

En cas de résultat erroné, il faut d'abord éliminer un certain nombre de sources d'erreur. En dehors des interférences médicamenteuses (fortes concentrations de paracétamol, d'acide ascorbique, de salicylés ou de xylose), les principales sources d'erreur sont d'origine technique. Penser à exclure par exemple : un volume de sang insuffisant, le non respect de la chronologie de la procédure, une mauvaise calibration, la charge des piles trop faible et la date de péremption des bandelettes dépassée.

Par ailleurs, l'ANSM estime qu'une variation de 20 % peut exister entre deux mesures réalisées l'une à la suite de l'autre sur un même appareil.

Attention, il existe aussi des différences entre la valeur de la glycémie donnée par le lecteur et celle du laboratoire. De nombreux facteurs sont en cause, par exemple la mesure effectuée à des moments différents, sur des sangs différents (plasma ou sang total). La différence entre les deux mesures peut être de plus ou moins 10 % sans que cela mette en cause la fiabilité des mesures. (24) (33) (36)

I.2.8. Voies d'avenir et avancées thérapeutiques

I.2.8.1. Voies d'avenir

L'insulinothérapie, seul traitement du DT1, présente de nombreuses limites, notamment l'obtention d'un équilibre glycémique insatisfaisant dans la majorité des cas responsable de l'apparition de complications au long cours. De plus, elle demande de la part du patient un réel engagement, avec des injections d'insuline et des contrôles glycémiques pluriquotidiens.

C'est pourquoi de nombreux axes de recherche sont actuellement en cours.

Tout d'abord, la transplantation d'îlots de Langerhans est expérimentée chez des patients dans le but de supplanter la greffe de pancréas (qui compte à ce jour 25 000 patients transplantés). Cependant, ces traitements présentent des freins importants à savoir le risque de rejet du greffon, le traitement immunosuppresseur associé, le manque de donneurs…

Le pancréas artificiel, autre grand axe de recherche, consisterait en un appareil implanté dans la veine jugulaire et relié à une pompe à insuline. Il aurait un double rôle : celui de mesurer le taux de glucose dans le sang de manière continue et de faire passer l'information à la pompe à insuline qui adapterait alors son débit en fonction des besoins.

Par ailleurs, d'autres équipes de chercheurs s'intéressent à des traitements issus de cellules souches.

Enfin, l'insuline à inhaler Afrezza sera bientôt commercialisée aux Etats-Unis. Cette formulation sous forme de poudre associée à un petit inhalateur formulée par le laboratoire Sanofi a obtenu la licence de la Food and Drug Administration (FDA), mais il n'existe pas encore de date de lancement en France.

Ces axes de recherche multiples donnent des raisons d'espérer que la recherche dans le domaine du DT1 avance à grands pas et qu'à l'avenir plusieurs options thérapeutiques s'offrent aux DT1.

I.2.8.2. Avancées thérapeutiques

Au jour d'aujourd'hui, dans l'attente de l'aboutissement des diverses recherches, plusieurs avancées thérapeutiques sont apparues.

Tout d'abord, l'insulinothérapie fonctionnelle permettant d'adapter l'insulinothérapie à la vie du patient, et non l'inverse. Elle apporte un confort considérable au quotidien des patients diabétiques de type 1. C'est ce que nous aborderons dans la dernière partie de cette thèse.

De plus, la mesure du glucose en continu fait elle aussi partie des nouveaux développements dans le cadre de l'insulinothérapie intensifiée. La mesure de la glycémie, ou plus exactement de la concentration du glucose en sous-cutanée est permanente. C'est cependant toujours le patient qui décide de la dose d'insuline à s'injecter. Cette technique permet une optimisation du contrôle glycémique.

La dernière avancée importante, cette fois-ci dans le domaine de l'autosurveillance glycémique, passe par le dernier dispositif FreeStyle Libre du laboratoire Abbott. Il s'agit d'un dispositif permettant la mesure de la glycémie sans se piquer au bout du doigt, libérant ainsi les patients diabétiques de tout acte invasif lié à leur autosurveillance. Il s'agit d'un capteur de la taille d'une pièce de deux euros à coller sur la peau (à l'arrière du bras), qui est ensuite scanné à l'aide d'un lecteur. L'appareil indique immédiatement le résultat, aussi surement qu'avec le système de bandelette. Le capteur reste en place de manière permanente, même sous la douche, pour autant de mesures que nécessaire. Il sera changé tous les 14 jours. Le FreeStyle Libre est réservé uniquement aux adultes. Cependant, ce dispositif n'est disponible que sur le site internet du laboratoire Abbott et uniquement par le patient lui même, depuis le premier octobre 2014. Il n'est pour le moment pas remboursé et la demande de prise en charge n'est pas encore déposée. En attendant, le kit (lecteur de glycémie + 2 capteurs et applicateurs) est au prix de 169,90 euros, le lecteur seul à 59,90 euros et le capteur avec applicateur à 59,90 euros (hors frais de port), ce qui limite sa large diffusion. (36) (41) (44)

Figure 35 : Image du dispositif FreeStyle Libre *(41)*

Même si l'insulinothérapie est le traitement de référence du diabète de type 1, la diététique garde une place primordiale dans la prise en charge de cette pathologie. S'il n'existe pas de « régime du diabète » à proprement dit, une maîtrise de la diététique reste indissociable d'un contrôle optimal du diabète. Nous allons donc détailler la prise en charge hygiéno-diététique du diabète de type 1 dont le but est d'apprendre au malade à gérer son alimentation et plus particulièrement les apports glucidiques.

II. PRISE EN CHARGE HYGIENO-DIETETIQUE DU DIABETE DE TYPE 1

La diététique joue un rôle majeur dans l'équilibre du diabète, elle fait partie intégrante du traitement au même titre que l'activité physique régulière et l'insulinothérapie.

Compte tenu de ses effets sur l'équilibre glycémique, l'alimentation est une préoccupation constante pour la personne diabétique qui doit bien choisir ses aliments en fonction de sa vie courante et de chaque situation.

Aujourd'hui, contrairement aux idées reçues, on ne parle plus de « régime du diabète». En effet, les recommandations nutritionnelles chez un patient diabétique s'appuient sur celles de la population générale. L'alimentation doit être variée et équilibrée. (33)

II.1. Diététique de la population générale

II.1.1. Les bases de l'alimentation

Les aliments apportent les éléments nécessaires à l'entretien et au bon fonctionnement de l'organisme ainsi que de l'énergie sous forme de calories. Les nutriments sont les constituants de base de l'alimentation. Ils se décomposent en deux groupes : les macronutriments représentés par les glucides, lipides et protéines, et les micronutriments qui regroupent les vitamines, minéraux et oligo-éléments.

II.1.1.1. Glucides

Les glucides ou « sucres » sont des hydrates de carbone $C_n(H_2O)_n$ dont le rôle principal est énergétique.

Dans l'organisme, les glucides ont deux origines :

- alimentaire directe après transformation,
- métabolique (glycogénolyse du glycogène du foie et néoglucogenèse à partir des acides aminés).

II.1.1.1.1. Classification biochimique

Les glucides sont composés de molécules d'oses. On distingue les monosaccharides (formés d'une molécule d'ose), les disaccharides (2 oses) et d'autres polysaccharides formés soit de polymères d'oses linéaires (amylose) ou de polymères ramifiés (amylopectine).

Contrairement aux holosides, formés uniquement de molécules d'oses, les hétérosides sont formés d'une substance non glucidique (protéine, phosphore, soufre…) associée à un glucide.

Les fibres végétales sont également constituées de glucides (à l'exception de la lignine) et sont caractérisées par leurs propriétés non assimilables. Elles sont constituées par des résidus fibreux non hydrolysés par les enzymes digestives. Elles parviennent donc quasiment intactes dans le côlon où certaines d'entre elles (fibres solubles) pourront être en partie dégradées par les bactéries saprophytes.

Il existe également des dérivés des hydrates de carbone peu présents dans la nature mais largement synthétisés sur le plan industriel, comme les polyols ou « sucres-alcool » (sorbitol, mannitol, xylitol) utilisés comme édulcorants et certains oligosaccharides (fructo-oligosaccharides ou galacto-oligosaccharides) employés comme prébiotiques. (33) (45)

Le tableau ci-dessous représente les principaux hydrates de carbone présents dans la nature.

Glucides assimilables	**Monosaccharides**	Fructose Glucose Galactose Xylose
	Disaccharides	Saccharose (glucose + fructose) Maltose (glucose + glucose) Lactose (glucose + galactose)
	Polysaccharides	Amidon (origine végétale) : - amylose (chaîne linéaire) - amylopectine (chaîne ramifiée) Glycogène (origine animale)
Glucides non assimilables = Fibres		Cellulose Hémicellulose Pectine Gomme Mucilage Alginate

Tableau 6 : Classification des principaux hydrates de carbone présents dans la nature (46)

II.1.1.1.2. Classification nutritionnelle : notion d'index glycémique

Il existe un second type de classement des glucides : la classification nutritionnelle. En effet, on classe aussi les hydrates de carbone selon leur capacité à élever la glycémie. C'est cette classification qui sera utilisée dans le diabète.

La distinction « sucres lents » et « sucres rapides » longtemps utilisée est maintenant abandonnée pour la notion d'index glycémique (IG).

Pour chaque aliment est associé un IG en fonction de son pouvoir hyperglycémiant, ou plus précisément de la réponse glycémique qu'entraîne son absorption par rapport à un glucide de référence (soit une solution de glucose soit l'amidon de pain blanc).

Autrement dit, l'IG reflète la rapidité avec laquelle les glucides d'un aliment sont digérés, convertis et retrouvés sous forme de glucose dans le sang. Plus le niveau de glucose sanguin augmente à la suite de la consommation d'un aliment (soit la réponse glycémique), plus l'IG de cet aliment est élevé.

La connaissance de cet index permet de classer les aliments et d'orienter le conseil nutritionnel vers la consommation d'aliments à IG faible. En effet, ces derniers entraînent une élévation de la glycémie plus étalée dans le temps et donc une réponse insulinique plus faible.

Index glycémique		
IG > 70 %	**40 % < IG < 70 %**	**IG < 40 %**
Glucose Miel Soda sucré Barre chocolatée Confiserie fantaisie Pain blanc Céréales raffinées sucrées (corn flakes) Biscuits, pâtisseries, viennoiseries	Riz blanc « Sucre » ou saccharose Fruits secs Pommes de terre cuites dans leur peau Betteraves Bananes, ananas, mangue, raisin Choux, céleri cuits Pâtes cuites Pain complet ou pain au son Riz complet Semoule Pain de seigle complet	Laitages Carottes crues Légumes secs, lentilles, haricots secs, pois chiches Fruits frais (riches en fructose) Soja Légumes verts Champignons

Tableau 7 : Index glycémique d'aliments courants (référence = glucose) (46)

Il existe cependant de nombreux facteurs de variabilité de cet IG qui limitent son utilisation pour le choix alimentaire :

- La composition de l'aliment en glucides ; car chaque glucide a son IG propre, mais aussi sa composition en lipides et en fibres végétales solubles qui ont tendance à diminuer l'IG.
- La forme physique de l'aliment modifie son assimilation et donc son IG. Par exemple, les produits liquides, moulus, broyés ont une biodisponibilité supérieure et donc un IG plus élevé que les produits solides. De plus, la variété et le degré de murissement de l'aliment interviennent eux aussi ; plus un fruit est mûr et plus son IG augmente.
- Le mode de cuisson de l'aliment entre lui aussi en jeu : plus la cuisson est importante et plus l'IG est élevé. De plus, le mode de préparation intervient aussi. Par exemple, pour les pommes de terre, l'IG est de 52 % pour celles bouillies à l'eau contre 85 % pour celles en purée.
- Il faut aussi tenir compte de la présence d'autres macronutriments au sein du bol alimentaire. Il est admis qu'un repas mixte composé de glucides, lipides et protéines atténue le pic hyperglycémique post-prandial. Les facteurs influençant la vidange gastrique affectent de façon importante l'IG d'un repas. La présence de fibres ralentit la vidange gastrique et diminue l'absorption intestinale du glucose.
- Enfin, la tolérance glucidique varie d'un individu à l'autre (en fonction de son âge, du sexe, de son niveau d'activité physique et de sa résistance à l'insuline), mais elle varie aussi au cours de la journée (la réponse glycémique post-prandiale sera plus perturbée le matin que le soir).

La mise en pratique de la notion d'IG est donc relativement compliquée. En effet, certains aliments à IG bas seront déconseillés car trop riches en lipides, d'autres à IG élevés mais avec une faible teneur en glucides pourront être consommés car ils entraînent une augmentation relative de la glycémie.

L'idéal serait de prendre en compte tous ces paramètres pour définir un IG par repas, ce qui reste impossible en pratique. L'IG par aliment est donc le seul outil à notre disposition pour évaluer le pouvoir hyperglycémiant des aliments. (46) (47)

II.1.1.1.3. Rôle des glucides et besoins nutritionnels

La fonction essentielle des glucides est de fournir de l'énergie à partir de l'alimentation, surtout végétale, sachant qu'1g de glucides équivaut à 4 Kcal.

Selon les recommandations, les glucides devraient représenter 50 à 55 % des Apports Energétiques Totaux (AET) dans le cadre d'une alimentation équilibrée. Cependant, ce taux est rarement atteint (environ de 40 à 45 %) du fait de la faible consommation de féculents, légumes secs et produits céréaliers non raffinés, au profit d'une consommation de lipides trop importante en proportion dans la ration quotidienne. Par ailleurs, seuls 10 % des AET devraient provenir des produits au goût sucré à index glycémique élevé, ce qui est loin d'être le cas actuellement et plus particulièrement dans la population des adolescents (consommation abusive de produits transformés, biscuits, viennoiseries et de sodas).

Les besoins en glucides totaux sont évalués à 5 à 8 g par kg de poids corporel par jour, sachant que les glucides d'assimilation lente (ex : légumes secs et légumineuses, produits céréaliers, féculents…) devraient fournir au moins 40 à 45 % des AET.

Si les besoins varient en fonction du degré d'activité physique, il existe un besoin minimal en glucides de l'ordre de 150g/24h pour assurer le glucose nécessaire aux organes glucodépendants (cerveau principalement mais aussi globules rouges et médullaire rénale), le reste étant distribué aux autres organes.

Par ailleurs, en plus de leur rôle énergétique, les glucides ont un rôle structurel. Ils se retrouvent dans divers tissus conjonctifs comme le cartilage, certains récepteurs membranaires, le mucus. (46) (47)

II.1.1.1.4. Rôle des fibres

Les fibres sont définies comme l'ensemble des composants de l'alimentation qui ne sont pas digérées par les enzymes du tube digestif. Elles n'ont pas de rôle énergétique (1 g de fibres = 2 Kcal). Dans les pays industrialisés, les céréales, les fruits, les légumes et légumineuses en sont les sources essentielles.

La teneur globale en fibres des végétaux varie avec leur âge, leur provenance et leur degré de maturation.

Fibres végétales		Sources essentielles
Glucidique	Cellulose Hémicellulose Pectine, Gomme, Mucilage, Alginate	Tous les végétaux (enveloppe) Légumineuses, céréales Fruits, légumes, algues
Non glucidique	Lignine	Graines

Tableau 8 : Classification des fibres végétales (46)

On distingue deux grands types de fibres, solubles et insolubles, dont les rôles physiologiques sont différents. Tous les végétaux contiennent ces deux types de fibres, mais dans des proportions variables.

Les fibres ont la capacité d'incorporer de grandes quantités d'eau. Les fibres insolubles restent en suspensions et gonflent, alors que les fibres solubles forment dans l'eau des gels ou des solutions plus ou moins visqueuses.

Elles ont donc pour principale propriété un effet laxatif. Celui-ci s'explique par la quantité de fibres non dégradées dans le tube digestif qui se retrouve dans les selles (notamment les céréales très peu dégradées). S'ajoutent leur capacité à la rétention d'eau qui augmente le poids des selles, leur plasticité et donc la fréquence d'exonération. Par ailleurs, certaines fibres, en particulier les fibres insolubles, accélèrent le transit intestinal par une diminution du temps de passage dans l'intestin.

Les besoins en fibres sont évalués à 30 à 40 g par jour, mais la consommation quotidienne dans les pays occidentaux est insuffisante (inférieure à 20 g). La répartition journalière doit être de 1/3 de fibres solubles (pulpe des fruits et légumes frais) et 2/3 de fibres insolubles (enveloppe des fruits et légumes et les graines comme par exemple : haricots, petits pois, son…).

A titre d'exemple, pour un apport idéal en fibres (40 g pour 24 h), il est nécessaire de consommer : 80 g de pain complet dans la journée, 20 g de fruits secs le matin, 200 g de féculents ou riz complet ou lentilles le midi, 150 g de légumes cuits le midi ou le soir, 3 fruits dans la journée et 100 g de salade idéalement le soir.

Il est à noter qu'un excès d'apports largement supérieurs à 40 g par jour en fibres peut être responsable d'une mauvaise tolérance digestive. Il sera alors nécessaire de diminuer la consommation d'aliments riches en fibres solubles en cas de ballonnements et en fibres insolubles en cas d'irritation et de douleurs coliques (pain complet notamment).

Par ailleurs, la présence de phytates contenus dans les fibres diminue l'absorption de certains minéraux et oligoéléments. Cependant cet effet est largement compensé par l'apport en micronutriments des végétaux eux-mêmes. (46) (47)

II.1.1.1.5. Sources alimentaires de glucides

On retrouve principalement les glucides d'assimilation rapide dans le sucre de table (saccharose), les produits sucrés (miel, pâtisseries, confiseries, viennoiseries, boissons sucrées ou aromatisées comme les sirops ou les sodas), le lait (lactose) et les autres produits laitiers, les fruits (fructose) et en moindre mesure dans les légumes verts.

Les glucides d'assimilation lente sont quant à eux retrouvés dans les féculents (amidon) avec les produits céréaliers (pâtes, riz, semoule, quinoa, maïs, blé…) et le pain complet (ou biscottes), les légumes secs et légumineuses (lentilles, fèves, pois, haricots secs…), les pommes de terre et tubercules. (33)

II.1.1.2. Lipides

Les lipides simples ou « graisses » sont des composés ternaires formés de carbone, oxygène et hydrogène et sont insolubles dans l'eau. Le groupe des lipides est très hétérogène et rassemble diverses substances hydrophobes. Dans l'organisme, ils sont liés à des transporteurs et forment des lipoprotéines permettant le transport plasmatique.

En règle générale, l'image des lipides n'est pas bonne. Cependant, ce sont principalement les acides gras saturés et le cholestérol alimentaire qui ont des effets délétères pour la santé. En effet, ils sont responsables de nombreuses pathologies (cardio-vasculaires, diabète, obésité…) en cas d'excès alimentaires. En revanche, les autres types de lipides, mono et poly-insaturés, ont un effet protecteur pour la santé, comme nous le verrons par la suite.

Les lipides assurent une onctuosité à l'alimentation, d'où leur introduction excessive et « cachée » dans de nombreuses préparations alimentaires industrielles. (46)

II.1.1.2.1. Différents types de lipides

II.1.1.2.1.1 Les lipides simples

Le cholestérol

Le cholestérol appartient à la famille des stérols et ne se rencontre que dans le monde animal. Physiologiquement, la principale source de cholestérol est d'origine endogène via une biosynthèse par le foie (50 %) et dans de nombreux tissus (intestin, tissus nerveux, peau, paroi artérielle…). De multiples enzymes y participent dont une essentielle : l'HMG-CoA reductase (action régulatrice).

Le cholestérol d'origine alimentaire quant à lui ne devrait pas représenter plus d'un quart des besoins de l'organisme. A l'état physiologique, une augmentation d'apports exogènes limite la production endogène. Cependant cette régulation est souvent perturbée du fait d'une consommation régulièrement excessive qui finit par rompre l'équilibre.

Les aliments les plus riches en cholestérol devraient donc être consommés avec modération sans être pour autant exclus de l'alimentation.

Sur le plan pratique, c'est un excès d'apport en produits riches en cholestérol et en acides gras saturés qui est à remettre en question. Par exemple, une consommation de 3 à 5 œufs par semaine sera sans influence sur la cholestérolémie si par ailleurs ne sont pas surconsommés des produits comme la charcuterie, le beurre et le fromage.

Aliments	**Teneur en cholestérol (en mg / 100 g)**
Jaune d'œuf	1400
Beurre	280
Charcuterie	260 à 150
Fromage (camembert, emmenthal)	150

Tableau 9 : Concentration moyenne en cholestérol des aliments (46)

Le cholestérol sanguin est couplé à plusieurs transporteurs, dont deux principalement qui sont de dosage courant :

- Les LDL (*Low Density Lipoprotein*) qui distribuent le cholestérol du foie aux différents tissus de l'organisme (concentration maximale de 1,6 g/L en l'absence de facteurs de risque).
- Les HDL (*High Density Lipoprotein*) qui ont un rôle d'épurateur des tissus vers le foie ; plus leur concentration est élevée meilleure est la protection cardiovasculaire (concentration minimale de 0,6 g/L).

Une alimentation trop riche en acides gras saturés est responsable de l'augmentation des concentrations sanguines des LDL-cholestérol athérogènes. En cas d'excès de LDL-cholestérol, le risque pour la santé (pathologies cardiovasculaires et thromboemboliques) est important et établi. Cependant, on considère qu'un taux de HDL-cholestérol bas est plus à risque que celui de LDL-cholestérol élevé.

Par ailleurs, plusieurs facteurs influent sur les taux de LDL et HDL-cholestérol, à savoir l'alimentation, une activité physique régulière et les facteurs génétiques. (46)

Les phytostérols

Ils sont proches du cholestérol mais se rencontrent en revanche dans le milieu végétal (huiles végétales, céréales, légumes secs…).

Ils se caractérisent par une très faible absorption et par leur capacité à inhiber l'assimilation du cholestérol d'origine alimentaire. L'enrichissement de certaines huiles et margarines en phytostérols permet de diminuer la cholestérolémie : 2 à 3 g par jour de phytostérols (soit 25-30 g de margarine) consommés régulièrement pourrait réduire le taux de cholestérol circulant de 10 à 15 %. (46)

Les triglycérides

Ils sont formés d'une molécule de glycérol estérifiée par trois molécules d'acides gras.

Les principaux lipides alimentaires sont les triglycérides. En plus de cet apport exogène, ils ont une origine endogène par la synthèse réalisée au niveau du foie et de l'intestin.

L'augmentation de la concentration sanguine en triglycérides (supérieure à 1,5 g/L), accompagnée généralement d'une diminution du taux de HDL-cholestérol, est un facteur de risque cardiovasculaire. L'hypertriglycéridémie est fréquemment retrouvée en cas de surcharge pondérale ou de DT2. Elle se corrige par le traitement approprié de son étiologie ; alimentation et alcool ou autres causes endocriniennes (hypothyroïdies…) ou iatrogènes (oestro-progestatifs…). (46)

Les acides gras

Ce sont des molécules carbonatées représentées par la formule CH_3-$(CH_2)_n$-COOH. Il en existe plusieurs types que l'on différencie par la présence ou non de doubles liaisons, leur position et la longueur de la chaine.

Les acides gras saturés

Ils n'ont pas de double liaison. On citera par exemple l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stéarique (C18:0).

Les acides gras mono-insaturés

Ils possèdent une seule double liaison. Le représentant majeur de cette classe est l'acide oléique (C18:1 *n*-9), dont la double liaison se trouve entre les carbones C_9 et C_{10}, et qui appartient donc au groupe des Oméga 9 (*n*-9). L'acide oléique est le principal constituant des huiles végétales. Il représente à lui seul 30 % des acides gras alimentaires.

Les acides gras saturés et mono-insaturés sont synthétisables par l'organisme et ont un rôle énergétique.

Les acides gras poly-insaturés

Ils sont regroupés en quatre familles : Oméga 6, Oméga 3, Oméga 9 et Oméga 7, définies par la position de la première double liaison de la chaine.

Deux acides gras sont fondamentaux sur le plan nutritionnel, ils sont dits acides gras essentiels. En effet, ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme et doivent obligatoirement être apportés par la nourriture. Ils sont indispensables pour la croissance normale et les fonctions physiologiques de tous les tissus.

- L'acide linoléique (C18:2 *n*-6) appartient à la famille des Oméga 6 (*n*-6), avec deux doubles liaisons dont la première est située entre les carbones C_6 et C_7. Il est principalement retrouvé dans les huiles végétales comme les huiles de tournesol, de pépin de raisin et de maïs.
- L'acide alpha-linolénique (C18:3 *n*-3) appartient à la famille des Oméga 3 (*n*-3), avec trois doubles liaisons dont la première se situe entre les carbones C_3 et C_4. Ce dernier est apporté par les poissons gras et les huiles végétales comme l'huile de colza, de soja et de noix. Il s'incorpore alors en très faible quantité dans les lipides des tissus, mais il est rapidement converti en dérivés Oméga 3 tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA, C20:5 *n*-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, C22:6 *n*-3).

Il existe donc deux familles d'acides gras poly-insaturés essentiels, nommées Oméga 6 et Oméga 3, sans transformation métabolique possible de l'une à l'autre.

Les acides gras trans

Les acides gras trans (qui peuvent être mono- ou poly-insaturés) sont issus à l'état naturel des végétaux sous forme cis et des animaux sous forme trans non toxique. Cependant, on les retrouve dans l'alimentation sous forme trans par transformation, notamment industrielle. Ces acides gras trans possèdent les mêmes inconvénients que les acides gras saturés. En effet, un excès de consommation est associé à une augmentation du risque cardiovasculaire (par augmentation du LDL-cholestérol et accélération du processus athérogène).

Les aliments riches en graisses possèdent toujours plusieurs types d'acides gras, à la fois saturés, mono- et poly-insaturés, mais en quantités variables. Il est donc parfois difficile de s'y retrouver. En résumé, on conseillera principalement l'utilisation de l'huile d'olive pour les cuissons (apport en Oméga 9) et d'huile de colza pour une consommation crue (apports en Oméga 3 et 6). De plus, une utilisation plus limitée de beurre (riche en acides gras saturés) et de produits industriels (acides gras trans) est à privilégier.

Dans une alimentation équilibrée, les recommandations concernant la répartition des différents acides gras sont les suivantes : ¼ d'acides gras saturés, ½ d'acides gras mono-insaturés et ¼ d'acides gras poly-insaturés. Le rapport Oméga 6 / Oméga 3 doit être égal à 5, sachant que ce rapport s'élève plutôt à 10 ou 15 en moyenne dans la population générale. Les acides gras trans quant à eux ne doivent pas dépasser 2 % des Apports Energétiques Totaux (AET) selon l'ANSES, et 1 % des AET selon l'OMS. (46) (47)

II.1.1.2.1.2 Les lipides complexes

Les phospholipides

Ils possèdent un pôle hydrophile et un pôle hydrophobe. Ils sont les principaux constituants des membranes cellulaires composées d'une bicouche phospholipidique, dont les pôles hydrophobes se font face. De plus, la sphingomyéline (groupe des lécithines) est retrouvée en grande quantité dans le cerveau.

Les glycolipides

Ils sont issus du remplacement d'un groupe phosphate par un sucre (glucose ou galactose) pour les cérébrosides, et par des oligosaccharides complexes pour les gangliosides. Situés à la face externe des membranes cellulaires, les glycolipides ont en partie une fonction de récepteur. (46)

II.1.1.2.2. Rôle et besoins en lipides

L'oxydation d' 1 gramme de lipide libère 9 kcal. Il s'agit du nutriment le plus énergétique. Les besoins quotidiens en lipides devraient se limiter à 35 % des AET totaux dans une alimentation équilibrée. Ils sont cependant élevés à 37,3 % des AET dans nos sociétés occidentales (CREDOC, 2007).

Le tissu adipeux représente l'essentiel de la masse grasse du corps et correspond à 8 à 10 kg du poids corporel d'un adulte. Cette masse grasse est de 20 à 25 % pour les femmes contre 15 à 20 % pour les hommes, sachant qu'il existe d'importantes variabilités inter-individuelles du fait de l'alimentation, de l'activité physique, de l'âge et des facteurs génétiques. Notons que la répartition de cette masse grasse a un rôle déterminant pour la santé. En effet, la prédominance abdominale entraîne une infiltration de cette masse grasse dans les viscères responsable d'un risque cardio-vasculaire important.

Le tissu adipeux a une fonction de réserve énergétique (bien supérieure à celle des glucides), essentiellement sous forme de triglycérides contenus dans les adipocytes. Il a aussi un rôle d'isolant thermique qui permet aux hommes de ne pas subir les variations de température extérieures (homéothermie). Par ailleurs le tissu adipeux a un rôle endocrine, par la sécrétion par les adipocytes de différentes substances dont la leptine (qui intervient dans les prises alimentaires), par un équipement enzymatique important et enfin par son rôle hormonal essentiel.

En dehors de ce rôle énergétique, les lipides ont aussi un rôle structurel (membrane cellulaire), un rôle de vecteur de vitamines liposolubles (A, D, E, K), un rôle de précurseurs de molécules indispensables à l'organisme (hormones stéroïdes, prostaglandines…). Ils ont aussi un rôle dans la prévention des pathologies cardio-vasculaires et de maladies inflammatoires et cancéreuses, notamment via les Oméga 3. (45) (46)

II.1.1.2.3. Sources alimentaires de lipides

On distingue les lipides d'origines animale et végétale. On retrouve les premiers dans le beurre, la crème fraiche et les matières grasses animales contenues dans les laitages, les œufs, les charcuteries ainsi que les viandes grasses. Les seconds sont apportés par les huiles végétales, les margarines, et les matières grasses végétales contenues dans les oléagineux comme les noix, noisettes, avocats, arachides…(33)

Concernant les acides gras, les aliments en possèdent des quantités variables des différents types comme le montre le tableau ci-dessous.

	Acides gras saturés	Acides gras mono-insaturés	Acides gras poly-insaturés	
			Oméga 6	Oméga 3
Huiles végétales	Palme Coprah	Olive Colza Arachide	Tournesol Pépin de raisin Maïs Soja Noix	Colza Soja Noix
Autres aliments	Charcuteries Viandes (côtes, entrecôtes…) Beurre, crème fraiche Fromages gras Biscuits, pâtisseries, viennoiseries Plats prêts à consommer	Olive Avocat Cacahuète Noisette Foie gras (+ AG saturés)	Amande Noix Germes de blé	Poissons gras (sardines, maquereaux, thon, saumon…) Noix Germes de blé
Principaux acides gras	Acide laurique Acide myristique Acide palmitique Acide stéarique	Acide oléique	Acide linoléique (AGE) Acide gamma-linoléique Acide arachidonique	Acide alpha-linolénique (AGE) EPA : acide éicosapenténoïque DHA : acide docosahexaénoïque

Tableau 10 : Famille des acides gras et leurs principales sources alimentaires (46)

En ce qui concerne les viandes, la teneur en graisses est variable suivant les morceaux. En effet, si certains d'entre eux sont à éviter (côtes), d'autres ont de faibles concentrations en acides gras saturés (blanc de poulet, rumsteak de bœuf, jarret et noix de veau, filet mignon de porc par exemple). Les viandes les plus maigres sont celles du cheval et du lapin, alors que les plus riches en lipides proviennent des volailles et de l'agneau principalement. Par ailleurs, le fait d'éliminer le gras apparent avant cuisson et de ne pas consommer la peau des volailles réduit significativement la concentration en lipide de la quantité réellement ingérée.

Enfin, les produits alimentaires ayant une forte teneur en lipides et donc très caloriques sont à limiter au maximum. On citera par exemple les chips, les frites, las cacahuètes et noix de cajou, les pâtisseries, biscuits, gâteaux, viennoiseries, le chocolat… (45) (46)

II.1.1.3. Protéines

Les protéines sont définies par la formule NH_2-RCH-COOH. Elles représentent 15 % de la masse corporelle des individus. Elles sont en renouvellement constant et leur synthèse ne peut se faire que par un apport quotidien en acides aminés.

II.1.1.3.1. Différents types de protéines

Les protéines sont formées d'un enchaînement d'acides aminés, reliés par des liaisons peptidiques dans un ordre déterminé par le code génétique. Il existe des protéines constituées uniquement d'acides aminés. A l'inverse, les hétéroprotéines comportent une partie non protéique à savoir des lipides (lipoprotéines), des glucides (glycoprotéines), des acides nucléiques (nucléoprotéines) ou bien encore d'autres éléments comme un ion métallique ou un pigment.

Parmi un très grand nombre d'acides aminés, seulement 20 d'entre eux sont nécessaires pour la synthèse des protéines.

Alanine	Leucine *
Arginine	Lysine*
Asparagine	Méthionine *
Aspartate	Phénylalanine *
Cystéine	Sérine
Glutamate	Taurine
Glutamine	Thréonine *
Glycine	Tryptophane *
Histidine	Tyrosine
Isoleucine *	Valine *

Tableau 11 : Principaux acides aminés (46)

Il existe 8 acides aminés essentiels (*): Isoleucine, Leucine, Lysine, Méthionine, Phénylalanine, Thréonine, Tryptophane, Valine. Ces derniers doivent obligatoirement être apportés par l'alimentation. Cependant, dans de nombreuses circonstances (cicatrisation, agressions bactériennes ou virales, croissance…) les besoins augmentent et l'organisme n'est plus capable de synthétiser tous les acides aminés qui lui sont nécessaires. On parle donc maintenant d'acides aminés semi-essentiels : cystéine, glutamine, taurine, arginine, histidine.

Les protéines animales, contrairement à celles d'origine végétale, contiennent l'ensemble des acides aminés ; elles ont donc une meilleure valeur nutritionnelle. Des combinaisons alimentaires végétales permettent aux populations qui ont un accès difficile aux protéines d'origine animale de couvrir leurs besoins protéiques en associant des céréales (pauvres en lysine) aux légumineuses (pauvres en cystéine et méthionine) dans leur ration quotidienne. Mais une alimentation exclusivement végétale est source de carences en vitamines (B_{12}, D) et minéraux (Fer).

Par ailleurs, la digestibilité est une notion importante à prendre en compte dans l'évaluation de l'aspect qualitatif des apports en protéines. Elle correspond au degré d'assimilation des protéines. Les protéines d'origine animale ont une digestibilité élevée (entre 94 et 98 %), alors que celle des végétaux est moins importante et relativement variable d'une source à l'autre (autour de 75 %).

En résumé, les protéines d'origine animale ont la meilleure valeur biologique. Les protéines idéales sont les protéines du lait maternel pour le nourrisson et celles de l'œuf pour l'adulte. (46) (47)

II.1.1.3.2. Rôles et besoins en protéines

L'oxydation d'un gramme de protéine délivre 4 kcal. Dans une alimentation équilibrée, la part des protéines doit correspondre entre 11 et 15 % des apports énergétiques totaux (AET).

Les protéines assurent plusieurs fonctions biologiques :

- Protéines de structure : constitution des membranes cellulaires et des organites intracellulaires.
- Protéines de la motricité : actine et myosine qui permettent la contraction musculaire.
- Protéines régulatrices : divers rôles enzymatiques, hormonaux, immunitaires, de transport, de transduction du signal, de transcription…

Les protéines sont donc indispensables au métabolisme actif de l'organisme. Par ailleurs, il n'existe pas de stock de réserve d'acides aminés. Cependant, en cas de besoin le corps est capable de mobiliser les acides aminés par une augmentation du catabolisme protéique au détriment du muscle principalement. (46) (47)

II.1.1.3.3. Sources alimentaires de protéines

Dans le cadre d'une alimentation équilibrée, le rapport entre protéines animales et protéines végétales doit être de 1.

Les protéines animales sont apportées par la viande et autres produits carnés (50 %), le lait et produits laitiers (35 %), les poissons et fruits de mer (8 %) et les œufs (6 %). Les protéines d'origine végétale sont quant à elles présentes dans les légumes secs, les légumineuses, les céréales… (47)

Protéines animales	**Caractéristiques**
Viande, charcuterie	25 g de protides pour 130 g 20 % de protéines en moyenne Tous les acides aminés sont présents
Poisson	25 g de protides pour 150 g de poisson en moyenne Composition protéique à peu près similaire aux viandes
Œuf Blanc Jaune	1 œuf = 13 g de protéines en moyenne 90 % de protéines, essentiellement ovalbumine 30 % de protéines, essentiellement ovo-vitelline
Lait, produits laitiers	200 mL de lait = 2 yaourts = 100 g de fromage blanc = 7 g de protides 80 % de caséine et de lactosérum
Protéines végétales	**Caractéristiques**
Céréales (blé, riz, maïs, seigle…)	5 g de protides pour 50 g 10 % de protéines en moyenne Riches en acides aminés soufrés (méthionine, cystéine), pauvres en lysine et en isoleucine
Légumineuses (lentilles, haricots blancs, petits pois, pois chiches, fèves…)	5 g de protides pour 50 g en moyenne 20 % de protéines riches en lysine et pauvres en acides aminés soufrés et en valine
Oléagineux (arachides, noix, amande…)	Pauvres en lysine
Tubercules et racines (pommes de terre, betterave, carottes…)	Moins de 10 % de protéines

Tableau 12 : Protéines animales et végétales (46)

II.1.1.4. Micronutriments

Le terme micronutriments regroupe les vitamines, minéraux et oligo-éléments dont les besoins sont quantitativement modestes par rapport aux macronutriments. Ils ont néanmoins un rôle essentiel car ils interviennent comme co-enzymes dans différents processus métaboliques de l'organisme. De plus, ils sont indispensables pour permettre la libération d'énergie.

II.1.1.4.1. Les vitamines

Une vitamine est définie comme une substance organique non énergétique, indispensable en infime quantité à la vie et dont l'organisme ne peut effectuer la synthèse.

Il existe deux grands types de vitamines :

- les vitamines hydrosolubles : les vitamines du groupe B et la vitamine C ;
- les vitamines liposolubles : les vitamines A, D, E et K.

II.1.1.4.2. Les minéraux et oligo-éléments

On différencie ces deux groupes par les besoins quantitatifs quotidiens :

- les minéraux sont représentés par le calcium, le sodium, le magnésium, le phosphore et le potassium (avec des apports de plusieurs dizaines de mg) ;
- les oligo-éléments regroupent le cuivre, le zinc, le fluor, l'iode, le manganèse et le sélénium (apports en µg, maximum 20 mg) ;
- le fer a une position intermédiaire (apport de quelques mg jusqu'à 30 mg chez la femme enceinte).

Les valeurs nutritionnelles optimales pour la population française ont été définies en 2001. Ainsi, les besoins nutritionnels conseillés sont regroupés sous le terme Apports Nutritionnels Conseillés (ANC). Le meilleur moyen pour assurer une bonne couverture en micronutriments naturels est là encore de consommer des aliments sains, les moins transformés possibles sur le plan industriel, et variés. (46)

II.1.1.5. Apports recommandés

Les recommandations de répartition des apports énergétiques et nutritionnels sont présentées dans les tableaux suivants.

L'aspect quantitatif des apports énergétiques est étroitement lié au niveau d'activité physique. Il est rare que les besoins énergétiques de la population dépassent les 3000 kcal par jour, sauf pour les sportifs. On se base ici sur les recommandations pour une activité physique moyenne.

Energie	1900 kcal en moyenne pour la femme (actives - 60 kg) 2400 kcal en moyenne pour l'homme (actif – 70 kg)
Protides	11 à 15 % des Apports Energétiques Totaux (AET) Protides animaux (PA) / Protides végétaux (PV) = 1
Lipides	35 à 40 % des AET AG saturés < 25 % AG mono-insaturés > 60 % AG poly-insaturés >15 % Rapport Oméga 6 / Oméga 3 = 5
Glucides	50 à 55 % des AET Sucre et produits sucrés < 10 %
Fibres végétales	30 – 40 g par jour
Eau de boisson	35 à 45 mL par kg de poids corporel

Tableau 13 : Apports énergétiques quotidiens et répartition (46)

Les apports conseillés doivent être adaptés aux besoins, qui eux-mêmes découlent des dépenses moyennes de l'organisme. Ces apports énergétiques varient selon les périodes de la vie, l'activité physique mais aussi le poids de la personne.

Enfants 1 – 3 ans	1250	Hommes adultes	2200 à 2700
Enfants 4 – 9 ans	1750	Femmes adultes	1800 à 2200
Garçons 10 – 12 ans	2200	Femmes enceintes	2150 à 2250
Filles 10 – 12 ans	2000	Femmes allaitantes	2500
Adolescents 13 – 19 ans	2650	Séniors valides	1800 à 2100
Adolescentes 13 – 19 ans	2150		

Tableau 14 : Moyenne des apports énergétiques conseillés par tranche d'âge en kcal (46)

(Dépend de la corpulence et du niveau d'activité physique, du mode de vie).

Cet apport énergétique doit aussi être réparti de façon équilibrée sur la journée.

	Adultes	Enfants / Adolescents	Personnes âgées
Petit déjeuner	20 à 25 %	25 %	20 %
Collation matin			5 %
Déjeuner	40 %	35 à 40 %	40 %
Goûter			5%
Dîner	35 à 40 %	30 à 40 %	30 %

Tableau 15 : Répartition énergétique conseillée par repas (46)

L'alimentation doit donc être suffisamment bien orientée et diversifiée pour apporter l'ensemble des éléments nutritifs, mais aussi micronutritifs, dans le but de couvrir les besoins de l'organisme. Notons que ces derniers sont étroitement liés aux situations de vie : âge, niveau d'activité physique, maternité, pathologie…

II.1.2. Les différents groupes d'aliments

Un aliment est défini comme une substance habituellement ingérée par un être vivant et lui fournissant les matières et l'énergie nécessaires à sa vie et à son développement.

Chaque aliment présente une composition très variable en nutriments. Il n'existe pas d'aliment parfait c'est-à-dire qui rassemble dans sa composition tout ce qui nous est nécessaire en quantité optimale. Chaque aliment a donc sa place et son utilité. C'est pourquoi les aliments ont été classés en 7 groupes, avec des caractéristiques propres. Cette classification permet de donner des repères de consommation accessibles à tous afin d'atteindre l'équilibre alimentaire. (17) (46) (48)

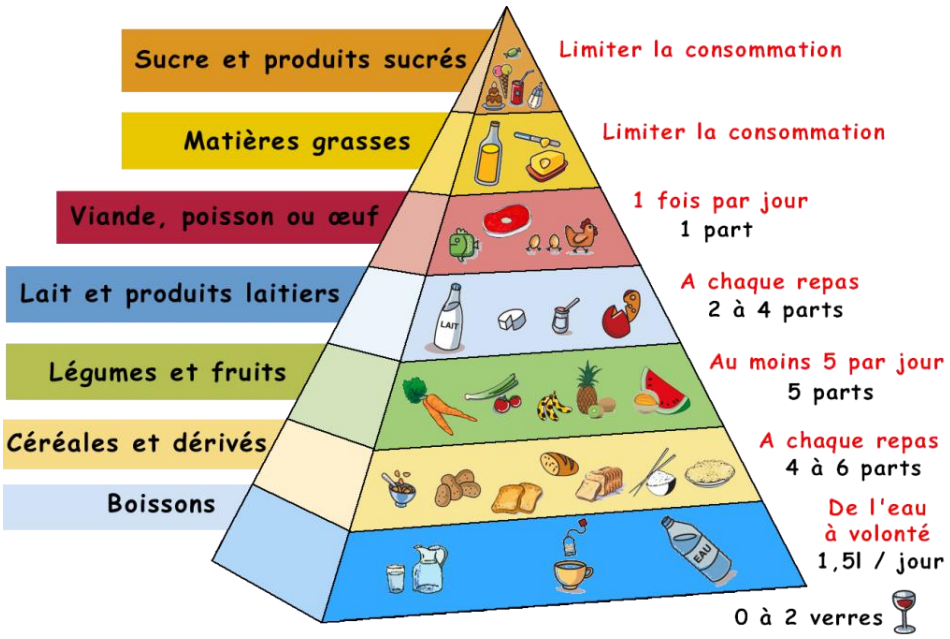


Figure 36 : La pyramide alimentaire (49)

Cette pyramide alimentaire présente les sept groupes d'aliments que nous devons consommer chaque jour et donne les fréquences de consommation dans le cadre d'une alimentation équilibrée.

II.1.2.1. Viandes, poissons et œufs

Ce groupe se compose tout d'abord des viandes de boucherie, à savoir le bœuf, le cheval, le veau, l'agneau, le porc et le mouton, auxquelles s'ajoutent les volailles et le lapin. On retrouve aussi la charcuterie, les abats et le gibier. Le terme poisson regroupe les différents produits de la pêche à savoir les poissons, les mollusques et les crustacés. Enfin, les œufs et ovoproduits complètent ce groupe.

Au niveau des principaux apports nutritionnels, ces aliments sont riches en protéines animales de haute valeur biologique nécessaires à l'apport des acides aminés indispensables. De plus, ils apportent aussi des graisses animales, sachant qu'il existe une grande variabilité des concentrations en lipides suivant les viandes comme nous l'avons vu dans la partie précédente. Plusieurs types d'acides gras sont présents, mais les acides gras saturés sont dominants dans les viandes, et en quantités importantes dans les viandes grasses et la charcuterie. A l'inverse, les poissons gras, et plus précisément les sardines, maquereaux, anchois, saumon et thon, apportent quant-à eux des acides gras poly-insaturés de type Oméga 3 bénéfiques pour la santé. Enfin, ils sont riches en micronutriments, comme le fer pour les viandes et les œufs, le phosphore et l'iode pour le poisson. Les poissons gras apportent aussi de la vitamine D.

La fréquence de consommation recommandée dans ce premier groupe d'aliments est de 1 à 2 portions (soit 100 g environ) par jour, selon le Programme National Nutrition Santé (PNNS). Attention, la proportion de viandes, poissons ou œufs doit être inférieure à celle de l'accompagnement. Pour les viandes, privilégier la variété des espèces et les morceaux les moins gras. Les produits de la pêche doivent être consommés 2 à 3 fois minimum par semaine dont au moins une fois un poisson gras. Les abats sont limités à une fois tous les 15 jours et la charcuterie à une fois par semaine maximum. De plus, il est recommandé de ne pas dépasser 4 à 6 œufs par semaine (en comptant les ovoproduits, ou œufs cachés dans les pâtes feuilletées, quiches…) de par leur teneur élevée en cholestérol. (17) (46) (48)

II.1.2.2. Produits laitiers

Ce groupe se compose du lait sous ses différentes formes soit liquide, concentré ou en poudre, des laitages avec les yaourts et fromages frais, et divers fromages que ce soit frais, salés, raffinés et fondus. Notons que le beurre et la crème fraiche font eux partie des corps gras. Les desserts lactés quant à eux sont souvent plus riches en sucres et en lipides donc sont à limiter même s'ils restent classés dans ce groupe.

Ils apportent eux aussi des protéines animales de grande qualité nutritionnelle ainsi que des lipides (en teneur très variable conférant la valeur calorique), avec des acides gras saturés pour le lait entier et les fromages. De plus, ils sont riches en calcium et vitamine D, essentiels à l'ossification, et autres micronutriments.

Les produits laitiers sont à consommer 3 à 4 fois par jour, soit au moins une portion à chaque repas. Il est cependant conseillé de se limiter à une portion de fromage par jour et à un ou deux desserts lactés par semaine. Privilégier les fromages les plus riches en calcium, les moins gras et les moins salés. (17) (46) (48)

II.1.2.3. Fruits et légumes

Les fruits et légumes comprennent les légumes verts (salade, épinard, persil…), les bourgeons (choux, artichauts…), les bulbes (oignons, ail…), les racines (carottes, radis…) et les fruits frais. Les fruits secs (abricots, pruneaux..) sont des fruits déshydratés concentrés en sucres et les fruits oléagineux

(noix, amande, cacahuètes) sont des produits à part riches en acides gras polyinsaturés à consommer occasionnellement en petites quantités. En résumé, on retrouve ici les fruits et légumes frais mais aussi les fruits secs, les fruits au sirop, et les jus de fruits ou de légumes. Attention, les légumes secs quant à eux font partie du groupe des féculents.

Les fruits et légumes apportent principalement de l'eau, des glucides simples (surtout les fruits) et des fibres dont l'intérêt nutritionnel a été présenté précédemment. Eux aussi sont riches en micronutriments, comme les vitamines C et B_9 par exemple.

Selon les recommandations du PNNS, il faut consommer au moins 5 fruits et légumes par jour, soit au moins 5 variétés différentes quotidiennement. Plus précisément, il est nécessaire de consommer au moins 400 g de légumes ainsi que deux fruits minimum par jour. Ils peuvent être consommés à chaque repas et en cas de petit creux, à la fois crus, cuits, nature ou préparés, frais de préférence, surgelés ou en conserve. (17) (46) (48)

II.1.2.4. Féculents, céréales et produits céréaliers

Les féculents regroupent la famille des légumes amylacés riches en amidon : légumineuses (ou légumes secs) qui sont des graines comme les lentilles, les haricots blancs, les fèves, les pois chiches… et les tubercules représentés par les pommes de terre. Les céréales comprennent le blé, l'orge, l'avoine, le seigle mais aussi le riz, le maïs, le sarrasin, le millet, le tapioca. Pour faciliter le conseil au niveau des patients, nous inclurons le riz et le maïs tout comme les pâtes dans le groupe général des amylacées de type féculents et réserverons le terme céréales au blé, seigle et à ses produits dérivés comme le pain, les biscottes...

Ce groupe montre un intérêt nutritionnel important puisqu'il apporte des glucides complexes et des protéines végétales. De plus, les féculents, légumes secs et céréales se caractérisent par leur apport en fibres et leur pauvreté en lipides. Mais attention, certaines préparations les enrichissent en corps gras : frites, cassoulet, pain viennois… Par ailleurs, la distinction doit être faite entre le pain blanc (céréales raffinées) à fort index glycémique et le pain complet ou aux « multi-céréales » qui est, soit moins raffiné, soit contient du son et des céréales entières ajoutées ; son index glycémique est plus faible et la proportion de fibres plus élevée que pour le pain blanc. Enfin, le terme « céréales » de type corn flakes consommées au petit déjeuner est le plus souvent à index glycémique élevé (dû à des procédés de transformation). Ce groupe d'aliment est aussi source de micronutriments, avec par exemple le magnésium, le fer et les vitamines du groupe B pour les céréales complètes.

Selon les recommandations du PNNS, un aliment de ce groupe doit être consommé à chaque repas et selon l'appétit, en répartissant bien les apports. Il est important de privilégier la variété et les aliments céréaliers complets riches en glucides complexes et en fibres. (17) (46) (48)

II.1.2.5. Matières grasses

Les matières grasses regroupent le beurre, la crème fraiche, les huiles végétales et la margarine.

Elles apportent des lipides mais également des vitamines, principalement les vitamines E, A et D. Comme nous l'avons vu précédemment, la grande majorité des huiles végétales apportent essentiellement des acides gras mono- et poly-insaturés, mais les huiles de coprah et de palme sont riches en acides gras saturés et se rencontrent dans diverses préparations industrielles. Par ailleurs, le traitement des huiles entraîne des destructions des vitamines. Il faut donc préférer les huiles les moins raffinées et/ou l'huile d'olive vierge obtenues par première pression à froid qui gardent toutes leurs propriétés nutritionnelles.

La consommation des aliments appartenant au groupe des matières grasses est à limiter du fait de leur apport calorique élevé. Elle doit se faire en quantités raisonnables et il est important de varier les sources. De plus, il est préférable de privilégier les graisses végétales (huiles d'olive ou de colza…) aux graisses animales (beurre, crème). (17) (46) (48)

II.1.2.6. Produits sucrés

Les produits sucrés regroupent les sucres, les confitures, le miel, les confiseries, le chocolat et ses dérivés, les produits glacés…

Ils sont riches en glucides simples à index glycémique élevé. De plus, de nombreuses confiseries, viennoiseries, gâteaux… contiennent parfois de fortes concentrations de lipides. Le chocolat quant-à lui est constitué de lipides, de glucides et a une valeur énergétique élevée. Ces produits sucrés ont une faible valeur nutritionnelle.

Il s'agit du seul groupe qui n'est pas indispensable à l'organisme qui se compose des « aliments plaisir ». Il est primordial d'en limiter la consommation. (46) (48)

II.1.2.7. Boissons

Le groupe des boissons regroupe l'eau, le thé, le café, les tisanes, les jus de fruits, les boissons sucrées sans alcool et les boissons alcoolisées.

De toutes les boissons, l'eau est la seule indispensable. Les besoins hydriques sont en moyenne de 40 mL/kg/jour et dépendent de plusieurs facteurs comme le climat, l'activité physique… L'alimentation apporte en moyenne 1 litre d'eau par jour, et notre corps élimine 2,5 litres (urines, respiration sueur…). Ainsi, notre besoin est d'environ 1,5 litre de liquide par jour, en sachant que nos besoins augmentent en cas de fièvre, sport ou bien chaleur.

Il existe différents types d'eaux. L'eau du robinet convient parfaitement en France. Les eaux embouteillées ont des caractéristiques variables définies par leurs concentrations en minéraux. Attention aux eaux gazeuses riches en sodium, par exemple St Yorre® ou Vichy Celestin®.

Parmi les autres boissons, les jus de fruits doivent être préférés frais pour l'apport en vitamine C et sans sucres ajoutés. Le thé, riche en flavonoïdes, et les tisanes permettent de diversifier l'apport hydrique. La consommation de café ne doit pas excéder 5 tasses par jour. Enfin, les sodas sont à proscrire du fait de leur forte teneur en sucres et pour leur rôle dans la perturbation du couple faim/satiété.

La consommation d'alcool doit par ailleurs être limitée et réservée à des occasions. S'il est vrai que le vin en petite quantité apporte des polyphénols, le seul usage qui puisse justifier sa consommation est d'ordre convivial. (46) (48)

II.1.3. Equilibre alimentaire et chrononutrition

Pas de bonne santé sans équilibre alimentaire, c'est-à-dire essentiellement de bonnes pratiques nutritionnelles alliées à la consommation de produits en quantités raisonnables. Il est donc indispensable de donner des conseils adaptés qui doivent prendre en compte la dimension psychologique, sociale, culturelle et les pathologies de chaque individu.

La chronobiologie est définie par l'étude des rythmes des sécrétions hormonales circadiens. La variation de ces hormones régulant le métabolisme a un impact important sur le devenir des différents nutriments absorbés. Cela permet alors de définir l'organisation nutritionnelle idéale d'une journée, selon les principes de la chrononutrition.

Répartition	**Glucides**		**Lipides**	**Protéines**
	Glucides à faible index glycémique	**Glucides à fort index glycémique**		
Petit-déjeuner	Oui	Modéré	Modéré (cholestérol alimentaire)	Oui
Midi	Oui	Modéré (après un repas riche en fibres)	Très modéré	Oui
Dîner	Modéré	Non	Oui (AG poly-insaturés)	Oui

Tableau 16 : Place des nutriments au cours des repas (46)

Alimentation et rythmes biologiques sont donc étroitement liés. Le déroulement d'une journée devrait donc respecter les principes des rythmes biologiques pour la nutrition.

Le matin

La prise de glucides le matin permet la recharge du glycogène hépatique. Le pain aux céréales ou le pain complet permettent un apport en glucides d'absorption lente, mais aussi de fibres et de protéines animales. Les glucides d'assimilation rapide à index glycémique élevé, comme la confiture ou autres produits au goût sucré, peuvent être ajoutés en petites quantités. En effet, l'apport en glucides complexes au petit-déjeuner est favorable car cela limite la diminution de sensibilité des récepteurs à l'insuline au cours de la journée, alors qu'une forte consommation de glucide à index glycémique élevé la majore.

Les lipides, et plus précisément les acides gras, permettent l'assimilation des vitamines liposolubles. Les produits riches en cholestérol, comme le beurre, sont à consommer en petite quantité et idéalement le matin. En effet, le cholestérol alimentaire consommé le matin limiterait en partie l'action de l'HMG-CoA réductase nécessaire à la synthèse du cholestérol endogène.

Les protéines animales, qui rechargent l'organisme en acides aminés, complètent le petit-déjeuner. Au choix et en fonction des habitudes, la consommation de lait, fromage blanc, yaourt, ou bien encore de jambon dégraissé ou d'un œuf sont recommandés. (46)

Le midi

Les féculents, riz complet ou pâtes, et plus particulièrement les légumineuses (petits pois, lentilles, haricots blancs, pois chiches…) sont à consommer le midi pour leur apport en glucides d'action lente, en protéines végétales et en fibres. La prise de glucides à faible index glycémique le midi permet d'avoir un degré de satiété suffisant jusqu'au soir et ainsi d'éviter les grignotages. L'idéal pour le midi est de proposer un assortiment de légumes, légumineuses et légumes verts cuits. Quant aux glucides d'action rapide à index glycémique élevé, ou « desserts sucrés », comme le chocolat, les gâteaux, le miel…, leur consommation doit être occasionnelle, en petites quantités et après un repas riche en fibres. Attention à l'apport en gras qui est souvent important dans les gâteaux et pâtisseries…

Les lipides doivent être consommés en faibles quantités. La prise de fromage, dont l'apport calorique est important, doit se limiter à 1 ou 2 portions de 30 g par jour.

Contrairement à nos habitudes occidentales, la prise de viande, poissons ou œufs n'est pas justifiée sur le plan nutritionnel le midi puisque leur assimilation est meilleure le soir. La consommation de légumineuses et de produits laitiers permet un apport suffisant en protéines à la fois végétales et animales. En cas de consommation de viande, choisir préférentiellement les viandes les plus maigres (environ 100 à 130 g) comme nous l'avons vu précédemment.

Attention au verre de vin accompagnant le repas, il reste fortement calorique (70 kcal pour 100 mL).

Le soir

Il s'agit de la période de la journée au cours de laquelle il faut le plus limiter les apports en glucides à index glycémique élevé (par exemple le pain blanc, les pommes de terre, les sucreries…). En effet, ils sont responsables d'une forte élévation d'insuline, alors que les récepteurs y sont peu sensibles le soir, ce qui favorise le stockage des graisses dans les adipocytes. Les glucides à index glycémique faible peuvent être consommés avec modération au dîner. Les fruits et les produits laitiers non resucrés ont un index glycémique faible et limitent le pic insulinique, ils sont donc à consommer sans inconvénient le soir.

Les lipides sont mieux assimilés pendant la nuit. C'est donc au diner qu'il est préférable de les consommer, mais en faible quantité du fait de leur apport énergétique élevé. On choisira idéalement l'apport d'acides gras poly-insaturés au dîner par une salade ou des crudités assaisonnées avec une huile végétale.

Un apport en protéines de bonne valeur biologique, d'origine animale, est à favoriser au cours du dîner. En effet, l'utilisation nocturne des protéines fournit les matériaux nécessaires pour la multiplication et la réparation cellulaire. On conseille donc la consommation de poissons gras pour leur apport en Oméga 3 (2 à 3 fois par semaine), en alternance avec une viande ou des œufs.

Les légumes verts cuits peuvent être consommés à volonté. (46)

La chrononutrition permet de définir un rythme alimentaire journalier « idéal ». En effet, le respect du rythme biologique de notre organisme vise à atteindre un bien-être physique et physiologique. Toutefois, un régime diététique strict nécessitant un suivi rigoureux de ces principes reste difficilement réalisable au long cours. L'important est donc de favoriser un équilibre alimentaire global sur une semaine. Il est primordial de suivre ses sensations de faim et de satiété et de varier au maximum son alimentation afin de couvrir ses besoins nutritionnels.

De plus, s'il existe un schéma directeur pour assurer un équilibre alimentaire adéquat, des orientations nutritionnelles plus spécifiques sont ensuite à proposer en tenant compte des situations de vie et des pathologies associées, ici le diabète de type 1.

II.2. Diétothérapie du diabète de type 1

Les recommandations nutritionnelles chez un patient diabétique de type 1 – normopondéral – sont basées sur celles d'un sujet bien portant désireux de rester en bonne santé ; seule différence : l'importance de la régularité des prises glucidiques. Il n'existe pas d'interdit alimentaire dans la prise en charge diététique du DT1.

L'alimentation doit répondre aux besoins nutritionnels du patient. Elle doit être équilibrée et régulière en glucides d'un jour à l'autre pour permettre la stabilité pondérale, l'équilibre du diabète et éviter les complications.

II.2.1. Principaux objectifs

Les objectifs diététiques chez un patient diabétique de type 1 sont de trois ordres :

- Assurer un apport nutritionnel équilibré et adapté ;
- Eviter ou minimiser les fluctuations glycémiques extrêmes dans le sens de l'hyper ou de l'hypoglycémie ;
- Aider à réduire l'évolution de certaines complications, cardiovasculaires et rénales en particulier.

II.2.1.1. Apport nutritionnel équilibré et adapté

Selon l'activité du patient, les Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) sont identiques à ceux d'un sujet bien portant. L'apport calorique moyen doit tenir compte du morphotype du patient, de son sexe, son âge, son activité physique et son IMC (et de son évolution pondérale), en prenant comme référence la ration du sujet sain avec les mêmes rigueurs quantitatives mais aussi qualitatives.

La répartition des apports entre les glucides, protéines et lipides est identique à celle de la population générale, de même que les recommandations nutritionnelles. Ainsi, les apports en glucides doivent représenter 50 % des AET et la part de lipides doit être de 35 à 40 % des apports totaux.

Concernant les protéines, il n'existe pas de différence majeure entre les recommandations pour les patients diabétiques et le reste de la population. La consommation est de l'ordre de 0,8 à 1 g par kg de poids. La part doit correspondre à 11 à 15 % des AET, avec des proportions entre les protéines végétales et animales identiques au sujet sain (soit un rapport de 1). Il n'y a qu'en cas de néphropathie avérée (albuminurie > 300 mg/24h) que les recommandations seront diminuées pour ralentir la détérioration de la fonction rénale (dans les stades avancés de DT1 avec complications rénales).

En ce qui concerne l'éducation nutritionnelle du patient de diagnostic de DT1 récent, la notion d'équilibre alimentaire est mise en avant. A l'hôpital lors de la prise en charge diététique, les bases de l'équilibre alimentaire sont enseignées aux patients à savoir :

- la consommation de légumes frais à volonté ;
- 1 à 2 portions de viande/poisson/œuf par jour ;
- des féculents et/ou du pain à chaque repas ;
- un produit laitier par repas dont une portion de fromage maximum par jour ;
- 2 à 3 fruits par jour ;

Elles sont fondées sur les recommandations générales du PNNS, dans le respect des préconisations diététiques du DT1.

La consommation de matières grasses doit être contrôlée et celle des produits sucrés sera limitée. Enfin, le grignotage est fortement déconseillé. (50) (51) (52)

II.2.1.2. Limitation des fluctuations glycémiques

L'alimentation du patient DT1 est fondée sur un apport en glucides, lipides et protéines adapté et bien réparti.

L'apport en glucides

Le conseil diététique se fera en quantité de glucides quotidiens (200 g, 300 g,…) répartie sur les différents repas de la journée.

Il n'existe pas de restriction glucidique dans les recommandations alimentaires du DT1, mais une contrainte dans la régularité des apports en glucides. L'alimentation du patient diabétique, comme celle de toute autre personne, doit toujours permettre de répondre aux besoins nutritionnels. Il s'agit là d'une notion très importante enseignée aux patients lors de la découverte de leur diabète.

Les patients ne doivent en aucun cas se mettre en restriction glucidique pour faire baisser leur glycémie. L'important est de respecter un apport en glucides pour chaque repas régulier et prédéterminé en fonction des besoins de chacun. C'est la dose d'insuline associée qui permettra de ramener la glycémie à la normale suite à l'apport glucidique du repas.

Nous verrons dans la suite de cette thèse comment les patients DT1 apprennent à évaluer la quantité de glucides de leur repas pour avoir une régularité des prises glucidiques d'un jour à l'autre.

La seule pratique à éviter est la prise isolée d'aliments glucidiques. En effet, cela entraîne une augmentation importante de la glycémie et donc un risque majoré de déséquilibre du diabète. Ce phénomène est d'autant plus marqué lors de la consommation d'un aliment à IG élevé non associé à d'autres nutriments. (50) (51) (52)

Action des autres nutriments sur la glycémie

Dans le cadre de l'alimentation du DT1, la présence de lipides et de fibres (en particulier solubles) dans un repas diminue la vitesse de vidange gastrique et donc la vitesse d'absorption des glucides. La consommation de protéines quant à elle intervient du fait du ralentissement de l'action des enzymes glycolytiques.

L'association des glucides avec les autres nutriments permet ainsi de limiter le pic hyperglycémique du repas.

Par conséquent, il est conseillé aux patients DT1 de faire des repas variés et riches en fibres, avec des apports en glucides associés aux lipides et protéines, dans le respect des recommandations. Cela aura un impact favorable sur le contrôle de la glycémie postprandiale. (50) (51) (52)

II.2.1.3. Prévention des complications cardiovasculaires

La répartition des lipides a une importance primordiale étant donné le risque cardiovasculaire majoré chez le DT1. Cette dernière suit les mêmes recommandations que celles de la population générale, à savoir : acides gras saturés (AGS) inférieurs à 25 %, acides gras mono-insaturés (AGMI) supérieurs à 60 % et acides gras polyinsaturés (AGPI) supérieurs à 15 %.

En plus des graisses d' « ajout » telles que le beurre, l'huile, la crème…, le patient doit être vigilant avec les produits contenant des graisses « cachées » dont la consommation est à contrôler dans le cadre d'une alimentation équilibrée. On citera notamment les produits laitiers, de boucherie, de la pêche et les œufs.

En pratique, il ne faut pas abuser des fromages, du beurre, des viandes grasses, des produits industriels, de la charcuterie, des plats en croûte, des fritures… On peut au contraire recommander la consommation de poissons gras, des huiles végétales (huile d'olive et de colza) et des margarines riches en AGMI et AGPI.

Par ailleurs, ce qui est important dans la prise en charge diététique du DT1, c'est que le patient n'augmente pas ses apports en lipides en réponse à la mise en place d'une régularité des prises glucidiques de ses repas suite à la découverte de son diabète. L'apport en glucides doit donc être suffisant et adapté aux besoins du patient, dans le but que ce dernier ne compense pas un manque d'apport par une consommation en lipides plus importante, en faveur d'une prise de poids et d'une augmentation du risque de maladies cardiovasculaires néfastes pour le patient.

L'évolution du poids des patients doit être stable afin de permettre un contrôle optimal de leur diabète. En cas de prise de poids, c'est la consommation de lipides qui devra être régulée dans un premier temps, et non pas celle des glucides.

Par ailleurs, l'importance de la consommation de fibres sera là encore mise en avant. En effet, elles diminuent la sensation de faim et sont favorables dans la prévention des complications cardiovasculaires, bénéfiques dans le cadre du DT1. (50) (51) (52)

II.2.1.4. Mises en garde alimentaires dans le DT1

II.2.1.4.1. Alcool

Les risques du diabétique liés à la consommation d'alcool sont de trois ordres : hypoglycémie, prise de poids (de la même façon que pour la population générale) et hyperglycémie.

Le risque d'hypoglycémie s'explique par le fait que l'alcool bloque la libération de glucose par le foie, responsable d'une diminution rapide de la glycémie. Sans apport alimentaire de sucres rapides, la prise d'alcool sec risque d'entraîner une hypoglycémie grave, et plus particulièrement si la glycémie est autour d'1g/L. L'hypoglycémie peut survenir même avec une prise d'alcool modérée. De plus, boire de l'alcool augmente le risque d'hypoglycémie jusqu'au lendemain matin (puisque l'élimination de l'alcool par le foie est de 10 g/h). Notons que le risque est majeur en cas de prise d'alcool à jeun et que les symptômes de l'hypoglycémie peuvent être confondus avec les symptômes de l'ébriété (cf partie hypoglycémie).

Par ailleurs, l'alcool est hypercalorique et peut être responsable d'une prise de poids au long cours, défavorable au contrôle optimal du diabète. De plus, dans le cas de consommation abusive de boissons alcoolisées sucrées, il existe un risque d'hyperglycémie en post prandial.

Les conseils à donner aux patients DT1 à propos de la prise d'alcool sont :

- Connaître la glycémie avant l'apéritif (en sachant que le risque d'hypoglycémie est majeur aux alentours d'1 g/L) et la vérifier régulièrement.
- Eviter l'injection d'insuline rapide/ultrarapide juste avant l'apéritif et attendre de passer à table.
- Ne jamais consommer de l'alcool à jeun. Accompagner la prise d'alcool d'une consommation de produits glucidiques dans les heures qui suivent.

La consommation d'alcool en quantité modérée au cours du repas n'a pas d'incidence sur la glycémie post-prandiale. La prise d'un verre (de vin par exemple) par jour est tolérée au cours du repas si le diabète est équilibré, en tenant compte de l'apport calorique de ce dernier. (50) (51) (52)

II.2.1.4.2. Produits de régime

Les substituts de sucre

Il existe sur le marché différents sucres que le patient DT1 ne doit pas confondre. Le sucre blanc et autres sucres obtenus par raffinage (complet, cassonade, blond…) sont tous composés de 100 % de glucides et sont riches en calories (400 kcal pour 100 g). Les autres sucres naturels (miel, sirop d'érable, fructose…) ont un pouvoir sucrant plus fort que le sucre blanc et sont tous hyperglycémiants.

Il existe une alternative : les édulcorants qui ne contiennent pas de glucides. Les édulcorants de synthèse à saveur intense, dont le plus connu est l'aspartame, ont un pouvoir sucrant bien supérieur au sucre naturel (des centaines de fois plus sucrés) et doivent être utilisés en très petites quantités. La stevia quant à elle est un édulcorant naturel de saveur intense qui n'a aucun effet sur la glycémie mais dont les effets sur l'organisme restent peu connus à ce jour. L'ensemble de ces édulcorants est utilisable par le patient DT1 mais non indispensable. Il ne faut pas inciter les patients à troquer le sucre par les édulcorants qui entretiennent l'appétence pour le goût sucré. De plus, ils peuvent aussi être source de difficultés pour les patients qui associent goût sucré et impact sur la glycémie.

Les patients doivent être vigilants avec les dénominations commerciales. Les produits « sans sucre » contiennent d'autres glucides que le saccharose (ex : fructose, polyols) et doivent être comptabilisés (cf calcul des glucides). Les produits dits « allégés en sucre » utilisent des édulcorants de synthèse, ils peuvent être utilisés par les patients en faisant toutefois attention à la teneur parfois élevée en lipides.

Les produits allégés en lipides

Concernant les margarines, elles ne sont pas toutes équivalentes. Les margarines dures sont faites d'huiles hydrogénées, elles contiennent des acides gras trans et sont donc à éviter. En revanche, les margarines molles n'en contiennent pas, elles sont riches en acides gras mono-insaturés et représentent donc un bon choix nutritionnel. Les produits allégés en lipides ne supportent pas la cuisson et doivent être utilisés crus. Attention à les consommer avec modération pour ne pas perdre l'avantage de leur faible teneur en lipides. (50) (51) (52)

En ce qui concerne l'éducation nutritionnelle du patient de diagnostic de DT1 récent, la répartition des apports entre les différents nutriments doit être contrôlée et l'équilibre alimentaire maintenu.

En revanche, la priorité pour le patient nouvellement diagnostiqué va être de se concentrer sur le point clé de la prise en charge de son diabète : les glucides. C'est pourquoi des notions simples et générales sur les bases de l'équilibre alimentaires lui sont enseignées, dans le but de simplifier au maximum l'éducation diététique du patient et de permettre la meilleure adhésion possible de ce dernier au programme alimentaire.

II.2.1.5. Conseils pratiques

Quelques conseils simples peuvent être donnés aux patients DT1 concernant leur alimentation, par exemple à l'officine lors du renouvellement de l'ordonnance.

- Faire 3 repas par jour.
- Manger à heures régulières de préférence, avec au minimum 4 h entre deux repas pour éviter que l'action des insulines ne se chevauche.
- Eviter de sauter des repas.
- Avoir une alimentation équilibrée et variée.
- Importance du petit déjeuner qui doit comporter des sucres complexes (pain, céréales).
- Les aliments à IG élevé sont à consommer en petite quantité et uniquement à la fin d'un repas complet et riche en fibres végétales.
- Favoriser l'association de légumes cuits aux féculents. Consommer un légume cuit ou cru à chaque repas. Les légumes frais cuits, en crudités ou en salade sont à consommer librement.
- Eviter la consommation de tous les produits industriels avec sucre ajouté (viennoiserie, biscuit, gâteau, dessert lacté sucré). Les édulcorants ou substituts de sucre sont d'un intérêt médiocre.
- Limiter les graisses animales (beurre, crème fraiche…) et favoriser les graisses végétales (saumon, maquereau, sardine, harengs 2 fois par semaine, et assaisonnement avec des huiles végétales de colza ou de noix).
- Boire 1,5 L d'eau par jour.
- Veiller à ne pas grossir. La prise de poids accroit le besoin en insuline. Surveiller le poids régulièrement.
- Limiter les corps gras (charcuterie, crème fraiche, beurre).
- En cas de fringale occasionnelle, consommer un produit laitier sans sucre, des légumes ou un potage de légumes maison sans féculent par exemple.
- Etiquetages : Avoir l'œil sur la composition des produits (lire sur les étiquettes les teneurs en glucides, en lipides). Se méfier des produits « allégés » et « sans sucre ».
- Astuce : cuisiner en plus grandes quantités et conserver le surplus au congélateur (utile lors de manque de temps pour préparer un repas équilibré).
- L'alimentation doit rester un plaisir.

En résumé, une alimentation adaptée au patient DT1 ne diffère pas de celle d'un sujet bien portant. Elle doit être équilibrée avec des apports nutritionnels respectant les recommandations générales. La seule divergence est celle de la régularité glucidique, point sur lequel sera axée l'éducation thérapeutique diététique du patient.

Le succès de la prise en charge diététique du DT1 repose sur la compréhension de la pathologie et les enjeux du traitement par le patient, mais également sur l'individualisation de la prise en charge.

L'éducation nutritionnelle doit permettre au patient d'acquérir les connaissances nutritionnelles nécessaires afin d'adapter son alimentation à sa pathologie et à son traitement.

II.2.2. Education diététique traditionnelle : Insulinothérapie conventionnelle (IC)

Une prescription personnalisée et ajustée selon chaque patient est indispensable pour faciliter l'application du programme alimentaire au quotidien. Cela nécessite au préalable une évaluation du profil alimentaire du patient, encore appelée anamnèse alimentaire.

II.2.2.1. Anamnèse alimentaire

Une enquête alimentaire réalisée par un(e) diététicien(ne) permet de définir les habitudes et préférences alimentaires du patient.

Elle doit :

- évaluer les habitudes alimentaires du patient et les éventuels impératifs (horaires professionnels…) ;
- quantifier ses apports : énergétiques, protidiques, lipidiques, glucidiques et fibres ;
- évaluer le degré d'activité physique du patient, au quotidien et autres ;
- évaluer le profil alimentaire, émotionnel et cognitif pour adapter au mieux l'éducation nutritionnelle à mener ;
- évaluer la compliance future du patient et donc qualifier son adhésion au programme alimentaire.

En raison du caractère chronique du DT1, il est important que le patient considère l'alimentation comme partie intégrante de son traitement, sachant que cela doit rester un plaisir et non pas être perçu comme un régime à visée restrictive. Dans la prise en charge du patient DT1, il faut donc prendre en compte l'exigence du contrôle du diabète mais aussi le patient et son désir de s'alimenter librement.

Il s'agit alors de parvenir à un compromis entre les habitudes alimentaires du patient et l'option d'insulinothérapie choisie afin de définir un plan d'alimentation individualisé.

L'éducation nutritionnelle, réalisée en général à l'hôpital à la suite du diagnostic du diabète, ne peut fonctionner que si :

- le plan d'alimentation est adapté à l'insulinothérapie ;
- il n'y a pas d'aliment imposé ou d'aliment exclu ;
- il existe une réelle volonté d'engagement du patient dans ses choix alimentaires. (50)

II.2.2.2. Principe de la diététique de l'insulinothérapie conventionnelle

La répartition de la ration alimentaire se fait en fonction des besoins nutritionnels du patient, de ses habitudes alimentaires et de son schéma d'insulinothérapie. Un des paramètres les plus importants dans le cadre du DT1 est que de la prise en charge diététique soit corrélée au schéma d'insuline du patient.

Dans tous les cas, l'objectif est d'obtenir une adéquation entre l'insulinothérapie et l'apport en glucides des repas.

Dans l'insulinothérapie conventionnelle (IC), l'analyse diététique permet de définir un apport en glucides quotidien, qui doit être régulier d'un jour à l'autre pour chaque repas, en répondant aux besoins nutritionnels et aux habitudes alimentaires du patient dans la mesure du possible. Une fois les apports en glucides fixés, l'analyse des glycémies va ensuite permettre d'adapter les doses d'insuline du patient.

Ainsi, l'éducation diététique traditionnelle enseignée dans le cadre de l'IC repose sur plusieurs principes :

- Elle se base sur la régularité des prises et de la quantité de glucides aux repas ;
- Le patient doit savoir utiliser les équivalences glucidiques ;
- La dose d'insuline pour chaque repas est déterminée en fonction des résultats de l'autosurveillance glycémique ;
- Le patient doit avoir un rythme de vie régulier.

En d'autres termes, une fois la dose optimale d'insuline trouvée, la ration glucidique doit être la même tous les jours, et toujours répartie de la même façon entre les repas. Il est alors plus facile pour le patient d'avoir des doses d'insuline prédéfinies et adaptées à une alimentation régulière plutôt que de modifier les doses en fonction d'une alimentation anarchique.

Cela demande de la part du patient une acquisition de connaissances diététiques solides et une maîtrise des aliments glucidiques.

Les objectifs de l'éducation diététique du patient DT1 sont :

- Savoir identifier les aliments glucidiques ;
- Connaître la teneur moyenne en glucides des aliments ;
- Savoir faire des équivalences glucidiques ;
- Savoir évaluer les portions d'aliments glucidiques ;

II.2.2.3. Les aliments glucidiques

Le but est de permettre aux patients nouvellement diagnostiqués d'acquérir les notions diététiques nécessaires afin qu'ils soient capables d'adapter leurs apports en glucides de la façon la plus régulière possible d'un jour sur l'autre.

II.2.2.3.1. L'identification des aliments glucidiques

Les patients diabétiques de type 1 n'ont pas d'autre choix que de devenir des spécialistes de l'alimentation, ce qui n'est pas tâche facile du fait de la multitude des produits alimentaires du commerce.

On trouve les glucides dans différents groupes d'aliments : le pain et ses équivalents, les féculents (pâtes, riz, céréales...), les légumes secs, les fruits et leurs dérivés, les sucreries et les boissons sucrées.

A l'inverse, certains aliments ne contiennent pas de glucides (ou en quantités négligeables) : les viandes, volailles, abats et poisson, les œufs, les mollusques, coquillages et crustacés, la plupart des fromages, les charcuteries, les corps gras (beurre, margarine, huile, mayonnaise…), la plupart des épices et condiments, le thé et le café, les bouillons clairs et les consommés, les eaux plates et gazeuses non aromatisées sans sucre…

Les légumes et les produits laitiers contiennent de faibles quantités de glucides. Dans le cadre de l'éducation diététique de l'IC, ils ne sont pas pris en compte dans le comptage des glucides, dans le but de simplifier l'apprentissage pour les patients mais aussi pour favoriser l'équilibre alimentaire. En effet, on peut penser que pour diminuer son apport en glucides les patients seraient tentés d'éliminer ces aliments de leur alimentation au détriment de leur apport nutritionnel.

II.2.2.3.2. La teneur en glucides des aliments

Après avoir déterminé les aliments qui contiennent des glucides et ceux qui en sont dépourvus, les patients DT1 vont devoir apprendre à estimer la quantité de glucides apportée par les principaux aliments glucidiques. Par exemple, 20 g de glucides sont apportés par : 100 g de pâtes, riz ou semoule (pesés cuits), 100 g de pommes de terre, 60 g de frites, 40 g de pain, 25 g de céréales du petit-déjeuner, 3 biscottes…

Dans un même groupe alimentaire, la teneur en glucides va être très variable d'un aliment à l'autre. Pour chaque groupe d'aliments, la connaissance de la teneur en glucides va permettre ensuite d'élaborer des équivalences glucidiques.

II.2.2.3.3. Les équivalences glucidiques

Au sein d'un même groupe d'aliments, il faut pouvoir proposer un choix le plus large possible d'équivalences glucidiques afin d'informer au mieux le patient et de faciliter l'application de ses apports glucidiques à chaque repas.

Pour cela, on utilise des documents tout prêts ou bien on les calcule à l'aide d'une table de composition des aliments. La base de données du CIQUAL (Centre d'Information sur la Qualité des Aliments) par exemple, bien connue des spécialistes en diététique, peut être utilisée. Il faudra ensuite personnaliser les équivalences glucidiques en intégrant des produits de l'industrie agroalimentaire précis consommés par le patient.

Pour chaque groupe d'aliment, en fonction de sa teneur en glucides, il existe des portions ou quantités qui correspondent à des équivalences glucidiques :

Equivalences glucidiques		**Quantité ou portion alimentaire équivalente à 20 g de glucides**
Pains et dérivés	**Pains et équivalents**	40 g de pain blanc ou 1/6 ème de baguette (2 tranches) 40 g de pain de campagne 40 g de pain de mie 40 g de pain viennois 50 g de pain au son
		30 g de biscottes ou 3 unités 5 cracottes
		30 g de farine (2 càs rases)
	Céréales	25 g de Corn flakes / Rice Krispies / Chocopops / Miel Pops / Cracky Nuts / Frosties 30 g de Muesli / Special K 45 g d'All Bran
	Biscuits secs	3 petits beurre / 3 pépito / 4 boudoirs / 4 barquettes / 10 langues de chat / 1 brownie / 2 cookies 30 g de quatre quarts / 30 g de cake aux fruits / 40 g de napolitain / 50 g de far breton
	Biscuits apéro	30 g de bretzels / 10 tucs / 1 petit paquet de chips (45 g) / 8 petits fours salés (mini feuilleté, quiche ou pizza)

Equivalences glucidiques		Quantité ou portion alimentaire équivalente à 20 g de glucides
Féculents		2 pommes de terre de la taille d'un œuf = 100 g de pomme de terre vapeur 100 g de purée maison = 2 grosses càs / 150 g de purée industrielle = 3 càs Riz et pâtes : 25 g pesé cru = 2 càs ou 75 g pesé cuit = 4 càs semoule : 25 g pesé cru = 3 càs ou 100 g pesé cuit 4 càs Légumes secs (lentilles, flageolets, haricots rouges blancs, coco, pois chiches, pois cassés...) : 35 g pesé cru = 2 càs ou 100 g pesé cuit 5-6 càs 100 g de maïs cuit = 4 càs / 100 g de blé / 100 g d'igname cuit 100 g de chataîgnes cuites 50 g de frites maison / 70 g de frites surgelées à cuire au four 70 g de pommes noisettes, de pommes dauphines, de banane plantain cuite, de blé cuit, de manioc cuit
Fruits	**Fruits frais**	1 pomme / 1 poire / 1 orange / 1 pêche / 1 brugnon / 1 nectarine (150 g environ) 3 à 4 clémentines / 3 à 4 mandarines / 3 à 4 prunes / 3 à 4 abricots / 2 à 3 kiwis (200 g) 1/2 pamplemousse (250 g) / 1 petite banane (100 g) 150 g d'ananas ou 4 rondelles en boîte 15 grains de raisin / 15 cerises (100 g) 2 figues fraiches / 1/2 mangue / 12 litchis (100 g) 300 g de pastèque / 1/2 melon (250 g) 1 petite barquette de 250 g de baies rouges : fraises / framboises / mûres / groseilles...
	Fruits cuits	80-100 g de fruits au sirop allégé en sucre 100 g de compote du commerce 100 % fruits / 200 g de compote du commerce allégée en sucres / 80 g de compote sucrée / 1 ramequin de compote maison sans sucre ajouté
	Fruits secs	3 à 4 abricots secs / 2 figues séchées / 3 pruneaux / 3 à 4 dattes / 15 raisins secs
Produits sucrés		4 morceaux de sucre n°4 3 carambars / 30 g de nougat / 4 marrons glacés / 25 g de pop corn 1 càs rase de miel (30 g) / 1 càs rase de confiture (30 g) / 2 càc de nutella (30 g) 60 g de chocolat 70 % de cacao / 35 g de chocolat au lait / 35 g de chocolat blanc 1 yaourt nature sucré / 1 yaourt aux fruits sucré 1 riz au lait / 1 flamby / 1 danette / 1 café ou chocolat liégois / 1 crème caramel 2 boules de glace / 2 boules de sorbet
Viennoiseries et pâtisseries		2 crêpes natures / 1 crêpe sucrée / 1 gaufre nature / 1 beignet 1 croissant / 1 pain au lait (40 g) / 1/2 pain au raisin / 1/2 millefeuille 1/2 part de tarte aux fruits / 1/2 part de galette frangipane

Tableau 17 : Equivalences glucidiques (53) (54)

L'intérêt de ce système d'équivalences glucidiques est de permettre aux patients des échanges alimentaires au sein de ces groupes. Ces équivalences alimentaires sont individualisées et sont fondées sur les habitudes et les préférences alimentaires de chaque patient DT1.

Pour certains patients, le terme d'équivalences peut s'avérer complexe, on pourra alors le traduire en termes de portions, ou quantités usuelles consommées pour faciliter la compréhension du plan d'alimentation. Il faut cependant être vigilant, car une équivalence n'est pas toujours synonyme d'une portion usuelle ; la différence sera plus ou moins importante en fonction des aliments. Le nombre de portions sera donc défini par le(la) diététicien(ne).

L'étape suivante consiste alors au calcul des glucides pour permettre au patient d'avoir une meilleure maîtrise de son alimentation. L'acquisition des bases diététiques définies en amont est une étape préalable indispensable pour le calcul des glucides. (50)

II.2.2.4. Evaluation des portions et calcul des glucides par le patient

Les glucides constituent pour le patient DT1 l'élément nutritif central, car ils sont responsables de variations glycémiques importantes que le patient va réguler par ses injections d'insuline.

L'approche de l'IC se caractérise par des quantités de glucides prédéterminées pour chaque repas et des doses d'insuline identiques d'une journée à l'autre.

II.2.2.4.1. Principe

Le calcul des glucides est centré sur le principe suivant : l'apport en glucides alimentaires est le facteur qui influence le plus la réponse glycémique après un repas.

Il y a trois éléments essentiels pour le calcul des glucides :

- la maîtrise des glucides alimentaires à savoir les différents types de glucides, les aliments glucidiques ;
- la connaissance de la réponse glycémique obtenue par une autosurveillance glycémique intensive, puisque chaque patient a une réponse glycémique qui lui est propre ;
- l'évaluation précise des quantités de glucides consommés avec la mesure des portions et la pesée des quantités.

Cela demande des efforts de la part du patient pour lui permettre de bénéficier d'une meilleure maîtrise sur le plan de son alimentation et de l'équilibre de son diabète.

Le principe du calcul des glucides convient particulièrement aux patients DT1 nouvellement diagnostiqués ayant acquis les bases diététiques vues précédemment, à savoir les aliments glucidiques et la notion d'équivalences.

Le patient peut choisir d'utiliser seulement le système des équivalences glucidiques, ou bien d'apprendre la méthode du calcul des glucides pour avoir plus de souplesse alimentaire. En effet, dans les deux cas, les doses d'insuline sont constantes et prédéfinies. Il est important que la consommation alimentaire soit elle aussi régulière et planifiée, de façon à coïncider avec l'action des doses d'insuline. Mais dans le cadre du calcul des glucides, les groupes d'aliments à consommer ne sont plus prédéterminés ; tout ce qui est défini à l'avance est la quantité de glucides à consommer.

Avec la diététicienne et le médecin, en fonction des habitudes alimentaires du patient et du schéma insulinique choisi, sera définie la répartition en quantités de glucides (en g) sur la journée. Par exemple pour 260 g de glucides quotidiens : petit-déjeuner : 80 g, déjeuner : 95 g, diner : 85 g. C'est à partir de cette répartition glucidique que le patient pourra choisir d'utiliser le système d'équivalences et/ou d'utiliser le calcul des glucides.

Par ailleurs, si ce ne sont que les quantités de glucides qui sont calculées, il faudra toujours veiller à ce que les aliments consommés fournissent des quantités adéquates de tous les autres éléments nutritifs requis pour répondre à un objectif d'équilibre alimentaire. (50)

II.2.2.4.2. Outils et méthodes

Avant de pouvoir mettre en application le calcul des glucides dans son alimentation quotidienne, la personne diabétique doit acquérir certaines connaissances et se doter d'outils divers.

Le but est de déterminer les teneurs en glucides des aliments consommés de façon à respecter au mieux les apports en glucides à chaque repas.

Les sources alimentaires de glucides

L'étape préalable est de savoir reconnaître les sources alimentaires de glucides. L'apprentissage du système d'équivalences permet déjà au patient de se familiariser avec les aliments glucidiques.

La personne diabétique apprend d'abord à reconnaître les aliments qui ne contiennent pas de glucides, et pour les aliments glucidiques, elle utilisera les guides alimentaires et les divers outils de composition nutritive pour déterminer la teneur en glucides.

L'évaluation des portions

La méthode de calcul des glucides exige une certaine précision.

Les étiquettes des produits alimentaires indiquent la quantité nette du produit entier, en volume (mL, L) pour les aliments liquides, ou en poids (g, kg) pour les aliments solides. Le patient doit ensuite diviser la quantité totale par le nombre de portions, ou bien mesurer directement la portion consommée.

Il existe divers ustensiles que le patient va pouvoir utiliser : nombre de cuillères, tasses (souvent utilisés dans les recettes de cuisine)… Bien entendu, la balance de cuisine reste un outil indispensable pour le calcul des glucides.

Pour certains produits, il est intéressant de vérifier le volume par rapport au poids, du moins au départ. Pour estimer la ration, il faut donc que le patient pèse les aliments sur une courte période, puis c'est l'habitude qui le guidera (bien qu'un contrôle occasionnel soit le bienvenu). Dans de nombreuses circonstances (repas à l'extérieur…), le patient va aussi évaluer « à l'œil », avec l'habitude, la taille des portions des aliments glucidiques consommés.

Le calcul des grammes de glucides

Une fois la taille des portions des aliments glucidiques déterminée, il faut alors procéder au calcul des grammes de glucides.

Sur les étiquettes des produits alimentaires, se trouvent les tableaux de valeur nutritive indiquant la teneur en calories et en éléments nutritifs dont les glucides, les fibres et les sucres qui nous intéressent ici.

Pour le calcul des glucides, les éléments suivants doivent être connus par le patient :

- La quantité de glucides représente les glucides totaux, elle inclut les sucres (qu'il ne faut donc pas additionner) ;
- Si la taille de la portion consommée n'est pas la même que celle de l'étiquette, il faut faire une simple règle de trois. Par exemple, si 175 mL de jus de fruit contient 22 g de glucides, alors la teneur en glucides de 125 mL consommés est de 16 g de glucides ((125*22)/175).

Pour les produits non étiquetés, comme les fruits et légumes frais, les aliments de restauration rapide ou encore les compositions maison…, on utilisera les tables de composition en aliments nutritifs. On trouvera alors la teneur en glucides totaux.

On pourra aussi utiliser les tables des facteurs glucidiques dans lesquelles on retrouve une liste importante d'aliments glucidiques avec pour chacun un facteur donné. Ce facteur glucidique, d'une

valeur de 0,01 à 0,09, représente la proportion de glucides dans le poids de l'aliment (de 0,01 = 1 % à 0,09 = 99 %). Lorsqu'on multiplie le facteur par la quantité (en g) de l'aliment consommé, on obtient directement le nombre de grammes de glucides que la portion représente. Il s'agit cependant d'une valeur moyenne et parfois moins précise que celles des tables de composition mais qui peut parfois s'avérer utile.

Une fois ces méthodes apprises par le patient, il faudra les mettre en application dans son alimentation quotidienne. Pour cela, des exemples pratiques de repas seront proposés sur lesquels le patient appliquera le calcul des glucides. (50)

II.2.2.5. La constitution des repas

La ration glucidique de la personne diabétique doit être la même tous les jours. Le patient doit alors, en s'aidant des équivalences et du calcul des glucides, répartir ses apports glucidiques de façon identique chaque jour entre ses repas.

Ainsi, après avoir évalué la consommation habituelle du patient nécessaire pour satisfaire ses besoins énergétiques, et après avoir déterminé et réparti ces apports entre les repas, le/la diététicienne propose alors un plan d'alimentation utilisant le système d'équivalences et la quantité de glucides à apporter pour chaque repas.

Petit-déjeuner

Le petit déjeuner est un repas essentiel. On inclura dans ce repas des équivalences des groupes féculents, fruits et lait, et éventuellement du groupe des produits sucrés mais en quantité limitée. On pourrait citer par exemple pour la composition d'un petit-déjeuner du café ou du lait sans sucre avec du pain (complet de préférence) et du beurre (ou un peu de confiture) accompagné d'une orange.

Déjeuner et dîner

Un « repas type » doit se composer de quatre éléments indispensables (à associer aux aliments glucidiques) : une entrée de crudités, une part de viande, de poisson ou deux œufs (150 g au total), une part de légumes verts cuits à volonté et un laitage ou une petite part de fromage. Les matières grasses d'assaisonnement ne devraient pas dépasser 15 g par repas dans l'idéal.

A ces éléments viennent s'ajouter les aliments glucidiques ou le « ticket sucre » à savoir :

- soit une part de féculents (trois pommes de terre ou 4 càs de riz, pâtes ou semoule… et 60 g de pain) mais sans fruit ni dessert ;
- soit une part de féculents (deux pommes de terre ou 3 càs de riz, pâtes ou semoule… et 60 g de pain) et un fruit ;
- soit une part réduite de féculents (1 pomme de terre, 2 càs de riz, pâtes ou semoule… et 60 g de pain) et un dessert sucré (qui doit être consommé occasionnellement).

Les quantités ci-dessus sont citées à titre d'exemple, elles seront en effet adaptées à chaque patient en fonction de ses propres besoins.

Collations

Avant l'arrivée sur le marché des analogues de l'insuline, les collations avaient pour but de couvrir l'action résiduelle de l'insuline pour éviter les hypoglycémies.

Dans la prise en charge diététique actuelle, les collations glucidiques ne sont plus obligatoires. Elles ne sont plus du tout recommandées chez le patient de 18 ans car cela favorise la prise pondérale et le risque de glissement vers le grignotage. D'autant plus que celles-ci doivent être associées à une injection d'insuline rapide ce qui ajoute une contrainte supplémentaire.

En cas de fringale occasionnelle, il est conseillé aux patients de consommer un produit laitier sans sucre, des légumes ou un potage de légumes maison sans féculent par exemple.

II.2.2.6. Education du patient à la notion d'index glycémique

L'index glycémique (IG) est une notion très complexe et difficile à expliquer aux patients.

Comme nous l'avons vu précédemment, en plus des variations individuelles de la réponse glycémique, un même aliment peut avoir un IG différent en fonction de divers paramètres comme le mode de préparation, les aliments associés etc.

Les effets de la consommation d'aliments à IG bas sont de plusieurs ordres :

- amélioration des glycémies postprandiales et de l'hémoglobine glyquée ;
- amélioration du profil lipidique (diminution des TG, LDL-Cholestérol) ;
- prévention des maladies cardiovasculaires. (55)

L'explication scientifique et rigoureuse n'est pas nécessaire, on utilisera plus facilement le terme d'aliment plus ou moins hyperglycémiant pour transmettre cette notion aux patients.

Il s'agit de s'appuyer sur l'expérience personnelle du patient et des faits connus. L'effet de l'IG d'un aliment sur la glycémie peut être mis en évidence au travers d'exemples concrets :

- une assiette de lentilles ou une pomme (IG faible) ne corrigent pas une hypoglycémie, un soda (IG élevé) oui.
- la consommation d'un potage de légumes (IG élevé) entraine une forte élévation de la glycémie mais sur une durée limitée. Le patient risque de se retrouver avec une glycémie basse quelques heures après le repas. Il sera alors conseillé d'associer la prise d'un morceau de pain complet pour son apport en glucides à IG bas.

Il est important de préciser au patient que la notion d'IG ne tient compte que de l'effet sur la glycémie et pas des calories apportées. Un exemple frappant : le chocolat ou les pâtisseries sont peu hyperglycémiants mais très riches en lipides.

Par ailleurs, il est nécessaire d'utiliser les résultats de l'autosurveillance glycémique des patients en confrontant les glycémies pré et post prandiales avec le menu. En effet, le meilleur moyen pour le patient de connaître l'effet hyperglycémiant d'un aliment est de faire sa propre expérience en mesurant l'élévation de la glycémie entraînée par la prise de cet aliment.

En conclusion, la notion d'IG a une importance lorsque la prise alimentaire d'un aliment à IG élevé ou bas s'effectue de façon isolée. En revanche, lors de la prise de ce même aliment au sein d'un repas complet, son influence sur la glycémie sera limitée. Par exemple, lors d'un repas de type : viande et légumes, féculents, part de fromage et yaourt nature avec confiture ; alors la prise de confiture à IG élevé n'aura pas d'impact glycémique (du fait de la faible quantité de prise mais surtout du ralentissement de son absorption par le reste du repas).

Une fois de plus, c'est la notion d'équilibre alimentaire qui prime. L'importance pour le patient sera d'associer la prise de glucides avec les autres nutriments au cours d'un repas composé des différents groupes alimentaires, ce qui permettra d'obtenir le profil glycémique postprandial le plus adapté à l'équilibre de son diabète.

II.2.2.7. L'éducation nutritionnelle

L'observance de la régularité des prises glucidiques est un élément clé dans la réussite de la prise en charge thérapeutique, permettant de limiter et retarder les complications. Cependant, les modifications des habitudes de vie ne sont pas aisées pour la plupart des patients.

Aussi, il faut négocier avec le patient un projet thérapeutique qui améliore l'observance. Il doit être formulé le plus simplement possible, adapté au quotidien et aux habitudes du patient et illustré d'exemples concrets.

En plus d'expliquer en termes clairs le plan d'alimentation, le/la diététicien(ne) va s'assurer de remettre les guides d'alimentation et les tables de composition nutritionnelle, de même que des exemples de menus.

Le plan d'alimentation est dit réussi si les valeurs glycémiques sont dans les valeurs cibles, que le patient ne fait pas d'hypoglycémies et que son appétit est satisfait.

L'éducation diététique de l'IC est particulièrement propice à l'atteinte des deux objectifs suivants : contribuer au contrôle optimal de la glycémie et satisfaire les besoins de l'organisme en éléments nutritifs. En effet, il mise à la fois sur la régularité dans la composition des repas et sur la variété des aliments.

L'apprentissage par le patient des bases diététiques et des notions telles que les équivalences glucidiques des aliments permet de mettre en place un plan d'alimentation sur lequel il va se baser au quotidien.

En le suivant, le patient DT1 s'assure de respecter la régularité dans ses repas, tout en permettant de composer les menus selon les habitudes et préférences. Cela permet aussi, après une première phase d'ajustement, de ne plus modifier les doses d'insuline d'un jour à l'autre.

A l'hôpital, des ateliers sont mis en place par les diététiciennes afin d'illustrer l'équilibre alimentaire pour des groupes de patients diabétiques. A l'aide d'aliments factices et d'étiquetages de produits alimentaires usuels du commerce, la diététicienne peut évaluer les connaissances des patients et enseigner les principes de la gestion des équivalences glucidiques et lipidiques. Par exemple, les patients peuvent avoir pour consigne de constituer un repas équilibré en choisissant parmi la liste d'aliments proposés. Ces repas sont ensuite soumis au débat de façon à les corriger ou les adapter. On cherchera notamment à représenter les différents groupes d'aliments au sein de ces repas, à avoir des apports glucidique et lipidique satisfaisants, à introduire un aliment plaisir grâce aux équivalences etc…

Il existe aussi des sites d'information sur le diabète ou des associations, par exemple l'AFD (Association Française des Diabétiques), les maisons du diabète vers lesquels le patient pourra être dirigé.

La finalité de l'éducation du patient diabétique en matière de nutrition est de le rendre autonome pour gérer au mieux sa maladie.

II.2.3. L'hypoglycémie

L'hypoglycémie constitue une réelle angoisse pour les patients DT1 qui reçoivent une éducation thérapeutique et diététique dès la découverte de leur diabète pour apprendre à prévenir, reconnaître les signes et traiter les éventuelles hypoglycémies.

II.2.3.1. Définition et symptômes

L'hypoglycémie est définie par une baisse de la glycémie inférieure à 0,70 g/L, accompagnée ou non de symptômes caractéristiques.

Plusieurs facteurs sont responsables des hypoglycémies, à savoir :

- des facteurs liés à l'alimentation : retard d'un repas, apport insuffisant en glucides, consommation d'alcool ;
- une activité physique imprévue ;
- des facteurs liés à l'insulinothérapie : erreurs dans les doses administrées, absorption trop rapide de l'insuline injectée…

Dans tous les cas, il existe un surplus d'insuline par rapport au glucose sanguin disponible.

Les symptômes de l'hypoglycémie sont classés en deux catégories.

En premier lieu apparaissent les symptômes dits « annonciateurs » de l'hypoglycémie. Ils sont dûs à une sécrétion d'adrénaline en réponse à une diminution du taux d'insuline ; on les appelle donc les signes adrénergiques. Ils incluent transpiration, pâleur, palpitations, tremblements, anxiété et sensation de faim impérieuse. La chute importante de la glycémie, identifiée par l'organisme comme une situation de menace et de stress, entraîne la sécrétion d'adrénaline responsable des premiers symptômes ressentis.

Notons que certaines situations peuvent venir troubler ce mécanisme, par exemple :

- en cas de traitement intensif dans le but d'avoir un contrôle glycémique optimal, les patients se retrouvent souvent en situation d'hypoglycémie, la diminution de la glycémie ne déclenche alors plus de sécrétion d'insuline ; le patient ne ressent aucun symptôme.
- dans le cas où il existe des oscillations importantes de glycémie, des valeurs élevées vers des valeurs normales, il y a apparition des symptômes de l'hypoglycémie sans que le seuil glycémique bas ne soit atteint.

La sécrétion d'adrénaline permet ainsi de déclencher les premiers symptômes qui devront alerter le patient. Il est donc primordial d'apprendre aux patients à reconnaître ces signes.

Lorsque la baisse de la glycémie se poursuit apparaissent dans un second temps les symptômes neuroglycopéniques à savoir :

- des troubles de l'humeur et du comportement : troubles de la concentration, confusion ;
- une sensation de fatigue, de faiblesse musculaire, de somnolence ;
- une altération de la vision et des troubles du langage ;
- une sensation de malaise, de mal-être avec des maux de tête, des étourdissements.

La nuit, les signes de l'hypoglycémie sont des sueurs, cauchemars, agitation et réveils avec maux de tête. Elle peut cependant passer inaperçue.

Très rarement, l'hypoglycémie peut aller jusqu'à une perte de connaissance, et éventuellement convulsions et coma.

Toute personne DT1 est à risque d'hypoglycémie, d'où l'importance qu'elle-même mais aussi son entourage soient très vigilants par rapport à ces différents symptômes.

Par ailleurs, les symptômes peuvent être variables entre les différentes personnes, d'un taux de glycémie à un autre mais aussi d'une fois sur l'autre.

La gravité de l'hypoglycémie se définit de la façon suivante :

- Hypoglycémie légère : présence de symptômes adrénergiques, la personne est en mesure de traiter elle-même son hypoglycémie ;
- Hypoglycémie modérée : présence de symptômes adrénergiques et neuroglycopéniques, la personne est en mesure de traiter elle-même son hypoglycémie ;
- Hypoglycémie sévère : la personne a besoin d'aide pour traiter son hypoglycémie et risque de perdre connaissance (la glycémie est alors très faible). (9) (50)

II.2.3.2. Traitement de l'hypoglycémie

En cas de suspicion d'une hypoglycémie et dès que les premiers symptômes sont détectés, le patient doit cesser toute activité en cours et se resucrer le plus rapidement possible.

Il est préférable de confirmer l'hypoglycémie par une mesure de la glycémie. Si le patient ne dispose pas de son matériel d'autosurveillance avec lui ou bien si le malaise est sévère, il faut procéder au resucrage sans attendre puis effectuer le contrôle dans un second temps.

Si l'hypoglycémie est légère ou modérée :

Le traitement repose sur un resucrage rapide et immédiat, sachant que 15 à 20 g de sucre augmentent en moyenne la glycémie de 0,50 g/L.

Le patient est conscient, il doit ingérer environ 5 g de glucides pour 20 kg de poids corporel en moyenne, en faisant attention au risque de fausses routes. Chez l'adulte, une hypoglycémie légère ou modérée est traitée par l'ingestion de 15 g de glucides, alors qu'une hypoglycémie grave nécessite en général 20 g de glucides. Chez les jeunes enfants (de moins de 5 ans ou moins de 20 kg), il convient d'administrer 10 g de glucides pour commencer.

Le resucrage se fait par la prise d'aliments glucidiques à effet hyperglycémiant rapide, soit à IG élevé, plutôt sous forme liquide (car augmente l'IG) ou bien accompagné d'une prise d'eau immédiate. On citera par exemple les sucres en morceaux avec de l'eau ou bien les jus de fruits sucrés ou sodas sucrés.

Exemples d'aliments pour le resucrage rapide : 3 sucres n°4, 1 briquette de jus d'orange ou de pomme (20 cL), 1 verre de 12,5 cL de jus de raisin, abricot ou de soda sucré, 1 càs de confiture ou miel, 1 càs de sirop de menthe ou grenadine, 1 mini berlingot de lait concentré sucré, 1 à 2 pâtes de fruit…

Attention, la prise de boissons lights, de chocolat, de caramels, de fruits secs, de biscuits, de lait ou de fromage… n'est pas adaptée au traitement de l'hypoglycémie.

Puis, 10 à 15 minutes après (temps nécessaire pour que la glycémie remonte et que les symptômes s'estompent), le patient doit vérifier sa glycémie. Enfin, 1 à 2 h après, il est important de refaire un dosage de la glycémie pour vérifier le retour dans les objectifs glycémiques.

Dans les anciennes recommandations, le resucrage rapide devait être suivi dans second temps d'une prise de glucides à effet hyperglycémiant lent. Aujourd'hui, on ne parle plus de resucrage lent. On part sur une base de 15 g de glucides puis on mesure l'élévation de la glycémie au cas par cas pour l'adapter au mieux à chaque patient. En fonction des résultats obtenus et de la valeur de la glycémie de départ, il faudra ensuite adapter la compensation glucidique dans le but de revenir dans les objectifs.

Par exemple, pour un patient qui a une hypoglycémie avec une valeur à 0,30 g/L, et dont le resucrage à 15 g de glucides remonte en moyenne la glycémie de 0,40 g/L, alors il aura besoin d'un apport de 30 g de glucides pour revenir dans les objectifs glycémiques entre 0,80 et 1,20 g/L.

Attention à ne pas surtraiter. Même si l'hypoglycémie est une situation stressante pour le patient, il faut respecter les quantités requises et vérifier la glycémie à distance pour éviter d'aller vers l'hyperglycémie.

Si l'hypoglycémie est sévère :

En cas de perte de connaissance (hypoglycémie très sévère), un traitement d'urgence par glucagon doit être administré. Les modalités d'administration du glucagon et le recours aux services d'urgence sont enseignés à l'hôpital (ils ne seront pas traités ici).

Comme l'hypoglycémie peut survenir n'importe quand et surtout n'importe où, il est important pour la personne DT1 de toujours avoir sur soi de quoi traiter l'hypoglycémie.

Remarque : dans le cadre du calcul des glucides, il est important de ne pas déduire les glucides utilisés pour traiter l'hypoglycémie des quantités allouées dans le plan d'alimentation. (9) (50)

II.2.3.3. Prévention de l'hypoglycémie

Le but de la diététique est de prévenir les hypoglycémies car la répétition de ces malaises, en plus du risque pour le patient, représente un handicap personnel et professionnel.

Après chaque hypoglycémie, il faut chercher une cause pour éviter que cela ne se reproduise (erreur dans les doses d'insuline, activité physique non prévue, ration glucidique insuffisante…).

Il est impossible de réduire à zéro le risque d'hypoglycémie et notamment en cas d'insulinothérapie intensifiée, cependant, il existe plusieurs moyens de prévention que le patient peut mettre en place.

La prévention des hypoglycémies par des mesures alimentaires passe par plusieurs stratégies.

Il faut tout d'abord vérifier, en cas d'hypoglycémies fréquentes, que le patient respecte bien le plan d'alimentation choisi (équivalences ou nombre de glucides par repas) et que celui-ci soit adapté à ses besoins.

Il est important de rappeler aux patients de consommer régulièrement des aliments glucidiques à effet hyperglycémiant lent (féculents, céréales…) à chaque repas et dans des quantités régulières. De plus, il est important de ne pas sauter de repas.

Comme nous l'avons vu précédemment, il faut éviter la prise d'alcool à jeun à fort risque d'hypoglycémie sévère.

Il est conseillé de faire un contrôle régulier de la glycémie dans les situations particulières (repas tardif, effort inhabituel, conduite de longue durée…).

Si le patient n'a pas faim, en cas de maladie ou bien en cas de nausées, il peut fractionner sa ration glucidique en choisissant des aliments rapidement assimilables (purée, compote, jus de fruit…).

Dans le cas d'hypoglycémies nocturnes (fréquemment retrouvées en cas de DT1), il faut alors ajuster la composition du dîner, à savoir :

- soit consommer de la fécule de maïs (5 mL dans un verre de lait ou un yaourt) car les amidons crus sont digérés très lentement ce qui permet de maintenir la glycémie de façon prolongée ;
- soit d'augmenter la part de protéines animales pour contrer l'hypoglycémie nocturne mais aussi prévenir l'hyperglycémie matinale.

Par ailleurs, il est primordial d'adapter l'alimentation en fonction de l'activité physique, comme nous le verrons dans la partie suivante.

Enfin, le patient pourra aussi apprendre à ajuster ses doses d'insuline selon les différentes situations ; il s'agit alors du concept de l'insulinothérapie fonctionnelle (partie 3).

En résumé, plus le patient comprend les causes de l'hypoglycémie, mieux il pourra la prévenir et la traiter. Le bon choix des aliments est alors pour la personne diabétique un allié précieux.

II.2.4. L'activité physique

L'activité physique régulière :

- permet d'augmenter la sensibilité des tissus périphériques à l'insuline et d'améliorer les anomalies de la glycorégulation (cependant certaines études montrent que la pratique du sport n'a que très peu d'effets sur l'hémoglobine glyquée) ;
- favorise la stabilité pondérale ;
- a des effets positifs sur la santé cardiovasculaire mais aussi sur le bien être général comme pour le reste de la population (notamment les 30 minutes d'activité modérée par jour).

L'idéal serait de programmer une activité physique régulière, à la même heure de la journée et de préférence le matin (période de la journée au cours de laquelle le risque d'hypoglycémie est quasiment nul et ne nécessitant que de faibles adaptations).

En outre, pour la plupart des personnes DT1, c'est le caractère en général irrégulier (et pas toujours planifié) de la pratique de l'activité physique qui rend nécessaire des ajustements ponctuels.

En effet, chez la personne non diabétique, la glycémie est régularisée sans problème pendant l'activité physique grâce à des ajustements hormonaux qui se mettent naturellement en place. En revanche, chez la personne DT1, des ajustements doivent être mis en place pour prévenir les variations de la glycémie, plus particulièrement le risque d'hypoglycémie (et dans certains cas d'hyperglycémie).

Ces ajustements sont de deux ordres ; une adaptation du traitement et plus précisément une adaptation des doses d'insuline (comme nous le verrons en détail dans la partie insulinothérapie fonctionnelle), et une adaptation de l'alimentation.

Concernant l'adaptation du régime alimentaire dans la prévention de l'hypoglycémie, qui passe à la fois par l'apport en glucides et l'hydratation, il faut savoir que les ajustements sont établis en fonction de la durée et de l'intensité de l'effort.

Les recommandations pour les ajustements alimentaires concernent différents cas :

- il est parfois plus simple pour les patients de procéder à des ajustements alimentaires sans modifier l'insuline,
- si l'activité physique est imprévue,
- certaines situations nécessitent à la fois des ajustements alimentaires et insuliniques.

Dans tous les cas, les modifications à apporter sur le plan alimentaire en fonction de l'exercice ne sont pas rigides, systématiques ou identiques chez tous les patients DT1. Ici aussi, les meilleurs indicateurs des ajustements à faire sont l'expérience personnelle et les mesures fréquentes de la glycémie avant, pendant et après l'exercice physique.

Importance de l'hydratation :

Il est recommandé de s'hydrater avant l'activité physique (environ 500 mL soit deux verres d'eau dans les deux heures précédent l'exercice) et de boire fréquemment au cours de l'exercice physique.

La supplémentation en glucides :

Deux règles sont toujours vraies :

- consommer des quantités de glucides additionnelles pour éviter l'hypoglycémie,
- avoir facilement accès à des aliments glucidiques pendant et après l'exercice physique (pour contrer les hypoglycémies).

Ces apports sont à adapter en fonction de la glycémie mais aussi de l'intensité de l'activité physique (en effet, plus elle est importante et plus l'apport en glucides devra être important).

Dans le cas où l'activité physique n'était pas prévue, il faut dans un premier temps mesurer la glycémie avant l'activité physique. Si celle-ci est inférieure à 1,5 g/L, le patient doit prendre une collation de 15 à 20 g de glucides à savoir : 1 fruit, 30 g de fruits secs (3 abricots, 15 raisins secs…), 2 ou 3 biscuits secs, 1 barre de céréales, 1 briquette de jus de fruits…

Pour une activité supérieure à 1 h, il est indispensable de renouveler la prise de glucides environ toutes les heures pendant l'effort (à adapter selon l'intensité de l'effort). Le contrôle glycémique par autosurveillance est une aide précieuse pour ajuster les adaptations.

En cas d'activité physique prévue, le patient va pouvoir anticiper en diminuant les doses d'insuline (cet apprentissage se fera à l'hôpital dans le cadre de l'éducation à l'IF - cf partie 3).

Le message important à faire passer aux patients est que plus ils feront de mesures de glycémie (avant, pendant et après l'exercice) mieux ils pourront adapter leurs ajustements (insuliniques et alimentaires). Un contrôle glycémique en fin d'exercice sera donc primordial afin de régler au mieux la suite de son traitement et de son régime.

Attention, une hypoglycémie peut survenir durant l'activité physique elle-même, mais également après, dans la soirée, dans la nuit et même le jour suivant. Après un exercice physique modéré ou intense, il sera donc recommandé de pratiquer une surveillance rapprochée de la glycémie par la suite. (50)

En conclusion, chaque personne DT1 est un cas unique, et particulièrement en situation d'exercice. Il est donc très important de vérifier régulièrement la glycémie lors des diverses activités (pour adapter au mieux les ajustements) et de savoir que l'expérience personnelle est la meilleure conseillère en matière d'ajustement.

Comme nous l'avons vu au cours de ce travail, diététique et insulinothérapie sont indissociables dans la prise en charge du DT1.

Pour certains patients, la mise en place d'une alimentation régulière en termes de prises glucidiques, en lien avec une insulinothérapie prédéfinie, s'adapte à leur rythme de vie. En revanche, pour d'autres personnes diabétiques, la régularité des prises alimentaires de glucides peut s'avérer être une véritable contrainte dans leur quotidien, et donc un frein à l'acceptation et à la prise en charge de leur maladie.

L'insulinothérapie fonctionnelle permet, à l'inverse de la prise en charge thérapeutique et diététique classique du DT1, d'adapter les doses d'insuline à des prises glucidiques variables d'un repas sur l'autre, dans le but d'offrir une plus grande liberté aux patients ainsi qu'une meilleure maîtrise de leur diabète.

C'est au travers du cas de Samy, diabétique de type 1, que nous allons découvrir ce concept. Cette évolution vers une liberté alimentaire passe par une semaine d'éducation à l'insulinothérapie fonctionnelle, comme c'est le cas dans le service de diabétologie de l'hôpital du Haut-Lévêque.

III. DE L'INSULINOTHERAPIE CONVENTIONNELLE A L'INSULINOTHERAPIE FONCTIONNELLE : L'EXEMPLE DE SAMY

III.1. Présentation du cas de Samy

Samy est un sujet de 24 ans, pour lequel un diagnostic de DT1 a été posé en mai 2006.

Il est adressé à sa diabétologue pour une hyperglycémie à 4 g avec un syndrome polyuro-polydipsique, une fatigabilité au sport et une perte de 3 kg dans les dernières semaines. Du fait de l'âge du patient (14 ans), de la valeur de la glycémie et du tableau clinique présenté par Samy, un diabète de type 1 est fortement suspecté. La diabétologue instaure d'emblée un traitement insulinique, en attente d'une prise en charge hospitalière.

Samy est alors hospitalisé à la clinique des Cèdres pour la prise en charge de son diabète de découverte récente. Un bilan biologique complet permet de confirmer le diagnostic de DT1. Les bilans cardiologiques et ophtalmologiques ne révèlent aucune anomalie. L'équilibre glycémique a été obtenu rapidement. Après discussion, Samy a choisi d'emblée un schéma basal/bolus. Il a été éduqué sans souci pour les injections d'insuline et l'autosurveillance glycémique. Il a également bénéficié de séances d'éducation sur la physiopathologie du diabète, les hypoglycémies et la diététique. Son schéma insulinique à la sortie est de 18 UI de Lantus® le soir, et des doses de Novorapid® à 6 UI le matin, 13 UI le midi et 8 UI le soir, avec un régime à 300 g de glucides quotidiens.

Dans la première année, l'HbA_{1c} de Samy est très correcte à 6,8 % (lune de miel), puis elle varie pour passer au dessus des objectifs de 7,2 % à plus de 8 % en 2008. Suite à l'analyse des résultats glycémiques, la diabétologue évalue un sous-dosage en insuline rapide, avec une insuline lente qui semble bien adaptée. Par ailleurs, c'est surtout le rythme de vie irrégulier de Samy, de même que son alimentation, qui sont les principaux freins dans la prise en charge de son diabète. La spécialiste discute alors avec Samy de l'intérêt pour lui d'une éducation à une insulinothérapie fonctionnelle qui lui donnerait plus de liberté et une meilleure maîtrise de sa pathologie. Elle lui explique le principe qui consiste à apprendre à évaluer l'apport glucidique d'un repas et à adapter ses doses d'insuline en fonction. Elle prévoit, après accord de Samy, une hospitalisation de 5 jours pour l'éducation à l'IF.

III.2. Le concept de l'Insulinothérapie Fonctionnelle (IF)

III.2.1. Définition et objectifs de l'IF

Le concept d'IF a été décrit pour la première fois en 1983 en Autriche et en Allemagne, mais ce n'est que depuis quelques années que l'éducation des patients à l'IF est développée dans les différents centres de diabétologie. L'éducation thérapeutique centrée sur le patient vise à une formation du patient à l'autogestion de sa propre maladie (OMS, 1998).

Jusqu'à une période récente, le patient DT1 n'avait qu'un seul choix possible : adapter sa vie à son diabète et à son traitement. L'IF permet aujourd'hui d'apprendre au patient à adapter son traitement à son alimentation, et plus généralement, à toutes les situations de la vie, et non l'inverse.

L'IF vise à reproduire de façon aussi rigoureuse que possible l'insulinosécrétion physiologique afin d'offrir une meilleure qualité de vie au patient DT1. Elle permet à ce dernier, de par un apprentissage à l'autonomisation et à la responsabilisation, d'adapter ses doses d'insuline en fonction de son alimentation et de son mode de vie.

L'IF a deux objectifs principaux :

- Elle vise à l'amélioration de l'équilibre glycémique en diminuant l'hémoglobine glyquée (HbA_{1c}) sans augmenter la fréquence des hypoglycémies, en particulier des hypoglycémies sévères.
- Elle vise aussi à l'acceptation des contraintes du traitement en adaptant l'insulinothérapie au style de vie des patients, notamment en ce qui concerne l'horaire des repas et la quantité des apports glucidiques.

L'éducation thérapeutique spécifique à l'IF consiste en une méthode pédagogique permettant aux patients DT1 de comprendre et d'acquérir une maîtrise personnalisée de leur traitement. (56) (57)

III.2.2. Conditions préalables à la mise en place de l'IF

En théorie, l'« approche IF » s'adresse à tout patient ayant un DT1. En pratique, nous allons voir que si tous devraient au minimum être informés de cette possibilité thérapeutique, la participation au programme d'IF ne peut pas être prescrite systématiquement à tout patient.

L'IF s'adresse aux patients DT1 traités par un schéma insulinique de type basal/bolus ou par pompe à insuline et désireux d'acquérir une plus grande liberté dans la gestion de leur maladie, en contrepartie de quelques contraintes et connaissances.

La participation à l'éducation à l'IF nécessite des pré-requis indispensables (sur le traitement et la diététique) et la dyscalculie est retenue comme un critère d'exclusion. Les patients doivent avoir le désir d'autonomie et de responsabilisation vis-à-vis de leur diabète.

En plus d'un schéma insulinique adapté et maîtrisé par le patient, basal/bolus (nécessitant au minimum 4 injections par jour) ou pompe à insuline, sa participation active à la prise en charge de sa pathologie est indispensable. Il doit être convaincu de la nécessité d'une autosurveillance glycémique pluriquotidienne (4 à 6 fois par jour) et de la pratique de l'autocontrôle (c'est-à-dire de la correction de toute glycémie en dehors de ses objectifs personnalisés).

Par ailleurs, en dehors de la maîtrise de son schéma d'insulinothérapie (connaissance des différentes insulines utilisées et de leur cinétique), le patient doit acquérir des connaissances précises en diététique, et notamment sur la teneur en glucides des aliments de façon à être capable d'évaluer à chaque prise alimentaire les besoins insuliniques en fonction de la composition du repas.

Enfin, le patient doit être prêt à faire des expériences thérapeutiques, que ce soit au cours de la semaine d'hospitalisation mais aussi par la suite dans son quotidien, et d'être rigoureux dans le relevé de ses résultats glycémiques pour pouvoir analyser et adapter son traitement à son quotidien.

En résumé, les préalables à l'entrée en semaine d'éducation à l'IF sont :

- Personne DT1, de diagnostic non récent de préférence ;
- Ayant bénéficié d'une formation généralisée lors du diagnostic (sur la physiopathologie du diabète, le traitement, les injections, l'autosurveillance glycémique et les objectifs glycémiques, et sur les bases de la diététique) ;
- Traitée par un schéma basal bolus ou par pompe à insuline ;
- Motivée pour apprendre la technique de l'IF, tout en étant informée du principe et des exigences.

Ces conditions préalables à l'éducation à l'IF sont plus ou moins fixes en fonction des centres de diabétologie. Par exemple, dans certains centres comme c'est le cas au CHU du Haut Lévêque, les patients nouvellement diagnostiqués ne sont pas admis à la semaine d'éducation pour plusieurs raisons. L'équipe estime qu'une première éducation générale au diabète est indispensable, que la phase de lune de miel fausserait les résultats de l'IF et surtout que l'expérience du patient prime dans l'adaptation de l'IF à son quotidien (lui ayant permis d'appréhender sa pathologie et d'acquérir les pré-requis nécessaires). En revanche, dans certains hôpitaux, l'éducation à l'IF est mise en place dès le primo-diagnostic chez l'enfant.

Si les modalités précises du programme de la semaine d'éducation à l'IF sont variables d'une équipe à l'autre, le fond du programme de l'IF reste toujours le même. Il est basé sur la dissociation des rôles des insulines, en séparant les besoins insuliniques de base des besoins insuliniques prandiaux grâce à des ateliers expérimentaux (comme décrits par la suite). (56) (57)

III.2.3. Modalités pratiques de l'IF

Le concept de l'IF est basé sur l'utilisation de l'insuline selon trois modes complémentaires :

- la sécrétion basale (analogue lent ou débit de base à la pompe) qui couvre les besoins métaboliques de base et assure une normoglycémie à distance des repas ;
- la sécrétion prandiale (analogue rapide ou bolus à la pompe) administrée au moment des prises alimentaires qui permet le retour de la glycémie dans les valeurs normales suite aux apports glucidiques prandiaux ;
- une sécrétion corrective éventuelle administrée en cas d'hyperglycémie, soit avant un repas en supplément de la dose d'insuline prandiale, soit en dehors des prises alimentaires afin de ramener toute glycémie en dehors des objectifs à la ligne de base.

III.2.3.1. Besoins de base : « l'insuline pour vivre »

La détermination des besoins insuliniques de base se fait activement avec les patients lors d'une séance de formation expérimentale, au cours d'un jeûne de 24 h total ou glucidique (avec des apports lipidiques et protidiques restreints).

Au cours de cette période de jeûne, les patients doivent avoir une activité physique habituelle (ils ne doivent pas rester alités). Les glycémies capillaires sont mesurées toutes les deux heures au minimum pendant la journée, ainsi qu'à 22H, 03H, 06H, et 08H. L'étape préalable indispensable à cette épreuve de jeûne est l'obtention d'une glycémie au réveil entre 0,80 et 1,30 g/L. Le taux basal d'insuline sera considéré comme correct si la glycémie reste stable pendant les 24 heures de jeûne, sans hypoglycémie.

Cette expérience de jeûne est fondamentale sur le plan pédagogique pour les patients. En effet, elle démontre la nécessité impérative d'une couverture insulinique de base même en l'absence de prise alimentaire, elle permet de comprendre et de prévenir les hypoglycémies fréquentes de fin de matinée ou de milieu de nuit, elle met en évidence la durée d'action de l'insuline et surtout, elle démontre la possibilité d'une liberté pour les horaires des repas (décalages horaires, grasses matinées, jeûnes religieux…).

Les besoins insuliniques de base sont théoriquement de 0,3 à 0,4 UI/kg/jour ; la dose variant selon la sensibilité individuelle à l'insuline, elle-même corrélée à la qualité de l'équilibre glycémique du patient et à son indice de masse corporelle (IMC).

Le rôle de l'insuline basale n'est pas de normaliser la glycémie, mais de la stabiliser pendant 24 heures, avec une tolérance de plus ou moins 0,30 g/L.

III.2.3.2. Besoins prandiaux : « l'insuline pour manger »

L'évaluation des besoins insuliniques prandiaux se fait au cours de repas « thérapeutiques », en présence du diététicien et de l'infirmière d'éducation.

Le plus souvent, les besoins en insuline pour 10 g de glucides se situent entre 1,5 et 2 unités au petit-déjeuner, entre 0,5 et 1 unité au déjeuner et entre 1 et 1,5 unités au dîner.

Cependant, comme pour tous les paramètres de l'IF, ces besoins sont à adapter individuellement. Pour cela, les quantités de glucides des repas doivent être évaluées avec précision. C'est là qu'intervient la prise en charge diététique, primordiale dans la réussite de l'IF.

Le rôle de l'insuline prandiale est de normaliser la glycémie après l'apport glucidique du repas.

III.2.3.3. Besoins correcteurs : « l'insuline pour soigner la glycémie »

Toute glycémie au dessus des objectifs en dehors de la période d'action de l'insuline prandiale doit, théoriquement, être corrigée (le seuil de correction se négociant, au cas par cas, avec chaque patient).

La dose d'insuline de correction à utiliser se calcule à partir de l'efficacité d'une unité d'insuline rapide sur la glycémie. En moyenne, lorsque la glycémie est stable depuis minimum deux heures, une unité d'insuline rapide abaisse la glycémie de 0,3 à 0,4 g/L. Il existe cependant des variations individuelles importantes nécessitant d'évaluer cette valeur au cas par cas, en fonction des relevés glycémiques de chaque patient (mesure de la glycémie toutes les heures sur les quatre heures suivant chaque correction).

En cas d'hyperglycémie pré-prandiale, la dose d'insuline corrective est ajoutée à la dose d'insuline prandiale nécessaire à la couverture glucidique du repas. L'objectif idéal est que la glycémie trois à quatre heures après l'injection soit comprise entre 0,80 et 1,20 g/L.

A l'opposé, toute hypoglycémie doit elle aussi être corrigée par un apport en glucides. De la même façon, l'action d'une prise de 15 g de glucides sur la glycémie de chaque patient sera évaluée au cas par cas à partir des relevés glycémiques.

En résumé, le patient diabétique doit évaluer très précisément la teneur en glucides de l'alimentation pour adapter la dose d'insuline prandiale nécessaire pour le repas. Il est important de faire un contrôle en pré-prandial (soit juste avant chaque repas), pour vérifier s'il a besoin ou non d'une dose supplémentaire de correction à ajouter à la dose d'insuline prandiale. Par ailleurs, il est impératif pour le patient de contrôler sa glycémie trois à quatre heures après cette injection, pour vérifier le retour à la ligne de base, et dans le cas contraire, apporter un correctif thérapeutique. (56) (57)

III.2.3.4. Formation diététique

L'estimation de la quantité de glucides des repas représente pour les patients la principale difficulté dans la mise en place de l'IF au quotidien.

La formation diététique se fait par le biais d'ateliers diététiques réalisés tout au long de la semaine d'éducation à l'IF. Ces séances d'éducation thérapeutique permettent aux patients d'évaluer de façon la plus exacte possible la quantité de glucides d'un repas, ce qui leur sera indispensable pour déterminer la dose d'insuline prandiale correspondante (cf partie ateliers diététiques).

L'un des premiers avantages de l'IF concernant l'alimentation est sans doute celui de la liberté alimentaire, cependant, cette dernière peut être plus ou moins élevée en fonction du niveau d'IF choisi par le patient ; selon son mode de vie, ses désirs et son niveau de formation dans le calcul des glucides.

En effet, l'éducation thérapeutique vise à enseigner au patient une juste évaluation de ses repas pour les traduire en doses d'insuline rapide. L'enseignement doit être formulé en termes simples, illustrés d'exemples concrets à partir d'outils pédagogiques et testé sur des vrais repas.

Il existe trois niveaux de formation à proposer aux patients pour le calcul des glucides.

L'IF en comptant :

Elle s'adresse aux patients dits « autonomes », avides d'expérience et de responsabilités, et dont l'alimentation est irrégulière. En effet, cet apprentissage avancé de l'IF permet une adaptation quotidienne du traitement au mode de vie. Les patients évaluent eux mêmes leurs repas, appliquent les coefficients proposés et ajoutent si besoin un correctif thérapeutique en fonction de leur glycémie pré-prandiale. C'est ce que nous verrons plus en détails par la suite.

L'IF « en évaluant les portions » :

Il s'agit de traduire les portions alimentaires en quantités d'insuline rapide calculées à partir d'algorithmes personnels du patient en fonction des aliments usuels qu'il consomme. Le patient va donc calculer la dose d'insuline rapide adaptée après avoir mesuré sa glycémie pré-prandiale et additionné la quantité d'insuline pré-calculée par portion alimentaire consommée. Ce niveau d'apprentissage correspond aux patients dont l'alimentation est régulière mais qui réalisent des repas diversifiés.

L'IF « sans compter » avec des repas fixes :

Dans le cas où le concept parait trop complexe pour un patient, il est alors souhaitable de simplifier au maximum la démarche. Il s'agit alors de calculer les besoins en insuline pour chaque repas standard déterminé avec le patient. Il devra ainsi, en fonction de sa glycémie avant le repas, appliquer simplement la dose d'insuline rapide préalablement calculée pour différents niveaux glycémiques pré-prandiaux et pour différents repas habituels ou inhabituels (« extras » ritualisés). Ce niveau correspond au patient qui consomme des repas réguliers et structurés, ce qui sous-entend une alimentation la plus similaire possible d'un jour à l'autre.

Le degré d'application de l'IF différera donc selon les patients, et en fonction du temps, chez un même patient. L'IF ne signifie pas bouleverser les habitudes alimentaires ou de vie des patients, mais leur permettre une plus grande liberté, plus ou moins importante en fonction de leurs désirs, dans la gestion de leur maladie.

L'éducation à l'IF ne peut être réussie que par l'intervention d'une équipe pluridisciplinaire. Chaque professionnel étant impliqué de façon complémentaire dans la conduite du programme éducatif et tous travaillant en étroite collaboration. Par ailleurs, le partage du savoir du corps médical avec les patients mais aussi le partage d'expérience entre les patients est indispensable. L'intérêt d'une prise en charge des patients en groupe a bien été mise en évidence par différentes études. (56) (57)

III.3. Un exemple de prise en charge hospitalière : semaine d'éducation thérapeutique à l'IF au CHU de Haut-Lévêque

L'éducation à l'IF passe par une semaine d'hospitalisation, comme c'est le cas dans le service de diabétologie de l'hôpital Haut-Lévêque, au cours de laquelle les patients sont pris en charge par une équipe pluridisciplinaire œuvrant en complémentarité ; médecin diabétologue, diététicien(ne)s, infirmièr(e)s, aides-soignant(e)s …

L'objectif de la semaine est de renforcer les compétences des patients pour mieux gérer les contraintes du traitement au quotidien, faire face aux situations particulières et mieux vivre avec la maladie.

III.3.1. Les différentes séances

III.3.1.1. Accueil et présentation du groupe

Accueil des patients :

A leur arrivée dans le service, les patients sont accueillis par une infirmière qui va les installer dans leur chambre et remplir la macrocible d'entrée. Elle complète donc chaque dossier patient par un questionnaire de quelques minutes qui sera utilisé par l'ensemble de l'équipe par la suite.

Après avoir enregistré les renseignements généraux à savoir nom, prénom, âge, situation professionnelle et personnelle, nom du médecin traitant et du diabétologue, date de diagnostic du DT1, autres antécédents etc…, l'infirmière va évaluer les connaissances du patient par rapport à son diabète et ses motivations.

Elle demande donc les circonstances de diagnostic du diabète (par exemple un choc psychologique ou autre), les attentes du patient par rapport à la semaine d'IF, la perception de sa maladie ainsi que les principales difficultés rencontrées (par exemple les hypoglycémies). Ensuite, les questions concernent l'autosurveillance glycémique ; la fréquence des glycémies effectuées (en pré / post prandial), le matériel utilisé et son ancienneté, la connaissance des objectifs glycémiques et la pratique de la prise de mesure par le patient. Puis, le traitement insulinique est défini avec le nom des insulines ou de la pompe, le nombre d'unités effectuées et les horaires, la technique d'injection. L'infirmière demande ensuite au patient des détails concernant les hypoglycémies ; fréquences, causes, symptômes ressentis, resucrage, adaptation des doses ou non. Enfin, l'activité physique du patient est évaluée (sports pratiqués et fréquence).

Présentation du groupe :

Une fois tous les dossiers patients complétés, une présentation du groupe et du programme de la semaine d'IF est effectuée par le médecin diabétologue responsable du service.

La première des notions mise en avant est que les ateliers se passent en groupe sur l'ensemble de la semaine. En effet la diabétologue explique aux patients que chacun apporte aux autres ses propres expériences, ses méthodes d'adaptation aux différentes situations de vie etc ; d'où le bénéfice du travail de groupe pour l'apprentissage de l'IF. Chaque personne diabétique se présente alors, une par une, guidée par les questions du médecin.

III.3.1.2. Présentation de l'IF

Présentation générale :

La diabétologue expose alors aux patients les grands principes de l'IF et présente le programme de la semaine qui permettra de mettre en place cette nouvelle méthode d'insulinothérapie et d'acquérir les notions diététiques indispensables.

Annexe 1 – Programme de la semaine d'IF

L'insulinothérapie sera raisonnée sur deux actions différentes de l'insuline, qui doivent être bien distinguées par les patients, à savoir :

- l'insuline dite basale ou de base qui maintient la glycémie à son seuil initial et l'empêche de remonter en dehors des repas ;
- l'insuline utile au moment des repas et de la digestion pour « stocker » ce que l'on a mangé.

Les différentes notions qui seront abordées et que les patients devront apprendre au cours de cette semaine sont :

- l'utilisation du jeûne glucidique pour définir la dose optimale d'insuline lente basale ;
- la maîtrise parfaite de l'estimation des quantités de glucides des repas (ateliers diététiques) ;
- la détermination du coefficient ou la quantité d'insuline nécessaire pour une portion de glucides pour une tranche de la journée ;
- la quantité d'insuline nécessaire pour la correction des hyperglycémies ;
- la quantité de glucides nécessaire pour la correction des hypoglycémies.

Le médecin diabétologue explique que va être déterminée, en premier lieu, la ligne de base indispensable à la mise en place d'une IF correcte. Pour cela, les patients sont soumis à une épreuve de jeûne a-glucidique dès leur arrivée à l'hôpital pendant les premières 24 h, soit trois repas sans glucides le midi et le soir de la première journée et le matin du second jour.

La diabétologue précise que des relevés glycémiques seront régulièrement effectués tout au long de la semaine et qu'en cas d'hypo ou hyperglycémies, un protocole de corrections (défini plus loin) sera suivi par les infirmières.

Evaluation des habitudes alimentaires par la diététicienne :

La semaine précédant l'hospitalisation, les patients doivent remplir un relevé alimentaire qu'ils apporteront à l'hôpital. Cela consiste à préciser chaque aliment consommé pendant trois jours (de préférence en dehors du week-end souvent caractérisé par des repas inhabituels), au cours des repas mais aussi en dehors ainsi que les boissons (hors eau) consommées. Les patients doivent déterminer les portions consommées ainsi que l'apport en glucides. La diététicienne évaluera ensuite si les informations relevées sont correctes.

Annexe 2 – Relevé des habitudes alimentaires.

Un entretien de groupe est réalisé par la diététicienne pour compléter les éléments manquants dans le relevé alimentaire et pour vérifier le calcul des glucides effectué par les patients. Pour aider le patient à déterminer les portions alimentaires, la diététicienne dispose d'un manuel photos pour l'estimation des glucides. A partir de photographies de plats, le patient détermine la quantité de sa portion alimentaire (correspondant à une valeur glucidique).

Les renseignements supplémentaires suivants sont aussi indiqués : les repas sont pris à la maison ou à l'extérieur, si un repas est inhabituel ou bien avec des horaires décalés, la présence d'hypoglycémies ou si le patient a eu faim au cours de la journée (par exemple, la diététicienne fait préciser au patient s'il prend une collation en prévention d'une hypoglycémie ou bien par gourmandise).

Au vu de ces relevés, elle va établir les habitudes alimentaires des patients, à savoir leurs apports en calories et en glucides mais aussi leurs tendances au déséquilibre alimentaire par exemple une alimentation trop riche en lipides, trop pauvre en légumes etc.

Cet entretien permet à la diététicienne d'évaluer les apports habituels des patients ainsi que leurs connaissances sur les glucides et les équivalences glucidiques. Le compte rendu de cette analyse diététique sera utilisé par la suite par le médecin diabétologue.

Annexe 3 – Exemples de compte rendu des relevés alimentaires.

Les relevés glycémiques et les corrections :

Au cours de la semaine, l'évolution des glycémies sera surveillée de près par l'ensemble de l'équipe. Les infirmières procèdent aux relevés des valeurs de glycémie tout au long de la journée et de la nuit pour permettre d'adapter au mieux les doses d'insuline et d'évaluer l'adéquation de ces doses en fonction des résultats glycémiques.

La marche à suivre en cas d'hypo ou d'hyperglycémie est définie selon le protocole suivant :

En cas d'hypoglycémie :	**En cas d'hyperglycémie :**
• Au dessous de 0,60 g/L : 15 cL de jus de fruit (ou 3 morceaux de sucre) et si pompe : réduction du débit de base de 0,1 à 0,2 U/h pendant 1 h • Entre 0,60 et 0,70 g/L : 7,5 cL de jus de fruit (ou 1,5 morceau de sucre) Dans tous les cas : contrôle de la glycémie 1 à 2 h après le resucrage avec relevé des résultats.	Au dessus de 1,20 à 1,30 g/L, la correction de l'hyperglycémie se fait sur la base d'1 unité d'insuline par 0,30 à 0,40 g/L de glycémie, soit : • 1 U à partir de 1,60 g/L • 2 U à 2,0 g/L • 3 U à 2,40 g/L • 4 U au dessus de 2,40 g/L En cas de bolus de correction : un contrôle de la glycémie doit être effectué 2 h plus tard avec relevé du résultat.

Tableau 18 : Correction des hypo et hyperglycémies

Il faut savoir que tout au long de la semaine, si le corps médical est guidé par des valeurs de référence, c'est toujours l'expérience du patient qui prime. En effet, de par ses années de diabète, chacun d'entre eux connait mieux que personne la réaction de sa glycémie par rapport aux différents événements. Après proposition par l'infirmière de la correction à apporter par rapport à une hypo ou hyperglycémie par exemple, le patient peut décider de la modifier légèrement à la hausse ou à la baisse en fonction de ses habitudes et de son expérience. Dans tous les cas, les résultats seront relevés et analysés par la suite.

En effet, ces valeurs sont des valeurs moyennes qui sont légèrement variables d'un sujet à l'autre et qui peuvent différer en fonction de la période de la journée. Au cours de la semaine, et comme nous le verrons par la suite, les valeurs pour chaque patient seront ajustées pour coller au mieux à la réponse glycémique de chacun.

III.3.1.3. L'épreuve de jeûne et l'insuline basale

Les patients assistent à plusieurs ateliers présentés par le médecin diabétologue pour comprendre le principe et la finalité du jeûne.

Rappels sur le fonctionnement énergétique de l'organisme :

Pour aider les patients à bien comprendre le rôle du pancréas et notamment de l'insuline, une présentation sur le fonctionnement énergétique de l'organisme est réalisée par la diabétologue.

Tout d'abord, il est rappelé que les aliments sont composés de glucides, lipides, protéines et fibres, de vitamines et oligoéléments et d'eau. Ce qui a un intérêt dans le diabète concerne les nutriments retrouvés dans le sang après digestion à savoir les glucides, lipides et protéines. En termes simples, le médecin explique leur devenir dans l'organisme (notions utiles à la compréhension de leur diabète et de sa prise en charge).

Les protéines servent à la « construction » et à l'entretien de l'organisme. S'il y a un apport trop important en protéines, une petite partie sera transformée en sucres (ce qui nécessitera des adaptations comme nous le verrons par la suite).

Les lipides sont pour majorité mis en réserve (dans les adipocytes). Ils représentent la seconde source d'énergie après les glucides. Lors de leur digestion, ils produisent un déchet, l'acide acétique, appartenant aux corps cétoniques (bien connus des diabétiques qui en font le dosage lors d'hyperglycémies importantes).

Les glucides sont utilisés en première intention par l'organisme pour produire de l'énergie « propre », c'est-à-dire sans déchet.

Nous faisons trois repas par jour, nous ne sommes pas faits pour grignoter, (« nous ne sommes pas des rongeurs », image parlante employée par la diabétologue), et pour autant nous avons besoin d'énergie 24 h sur 24. Cela nécessite donc un système de « stockage – déstockage » ; c'est le rôle du pancréas et de l'insuline qu'il produit.

Au moment des repas et pendant la digestion, le pancréas produit de l'insuline en quantités importantes pour permettre le stockage des glucides (apportés par l'alimentation) dans le foie et le muscle. La glycémie revient ensuite à son niveau de base à la fin de la digestion.

Entre les repas, le pancréas continue à produire de l'insuline, en faible quantité et tout le long de la journée. Cette insuline permet la restitution de l'énergie stockée par le foie. La glycémie reste alors stable à un taux basal.

C'est ce que le schéma insulinique doit reproduire au mieux. L'injection d'insuline rapide avant les repas permet le stockage des glucides, alors que l'insuline lente qui va diffuser tout au long de la journée a pour but de restituer les glucides de façon modérée et prolongée dans la journée.

De plus, chez les patients non diabétiques, un premier pic d'insuline très important et bref est déclenché dès la vue des aliments. C'est un signal qui permet de stopper la production de glucose par le foie. C'est dans un second temps qu'apparaîtra le pic glycémique pour le repas et la digestion. C'est ce qui explique, en plus de son délai d'action, que l'insuline prandiale (des repas) ou bolus soit injectée avant les repas et non pas après. Cette notion est primordiale.

Le but de cette présentation générale est de bien faire distinguer aux patients les rôles des insulines lentes basales ou du débit de base en cas de pompe à insuline de celui des insulines rapides prandiales ou du bolus sous pompe. Ceci est essentiel pour la suite de la semaine et la compréhension des différentes étapes indispensables à la mise en place de l'IF.

Présentation du principe du jeûne et de la basale :

La diabétologue explique le but de la procédure de jeûne a-glucidique réalisé sur les 24 premières heures d'hospitalisation. Pendant cette période, les patients auront 3 repas sans glucide, le midi et le soir de la première journée et le matin du deuxième jour. Ce jeûne permet de définir la ligne de base, indispensable à l'IF.

Il est possible de réaliser un jeûne total (bouillon clair, café, thé ou tisane) ou bien un jeûne a-glucidique comme c'est le cas à l'hôpital d'Haut-Lévêque.

Un repas a-glucidique strict se compose d'aliments ne contenant pas de glucide, même les aliments à faible teneur sont exclus. De plus, les apports en protéines et en lipides doivent être limités. On aura par exemple :

- du café ou du thé sans sucre le matin,
- pour les déjeuner et dîner 1 bol de bouillon clair, 2 portions de salade, 1 vinaigrette, 1 portion de viande maigre (pas de jambon blanc) ou de poisson blanc, 1 petite portion de fromage (le midi).

Annexe 4 – Régime a-glucidique

Le jeûne a pour but de déterminer si la dose d'insuline basale du patient (soit l'insuline lente soit le taux basal pour les patients sous pompe) est correcte. Au cours du jeûne, la prise de repas a-glucidiques permet d'éliminer les insulines rapides en conservant seulement l'insuline basale. On obtient donc une seule variable : le taux de base de la glycémie (puisque l'apport en glucides des repas est supprimée). En d'autres termes, cela permet de « dévoiler » l'action de l'insuline basale habituellement masquée par les insulines rapides ou bolus des repas de la journée.

Pendant cette période, le patient fera simplement ses injections d'insuline basale (insuline lente ou débit de base en cas de pompe). Les injections d'insuline prandiale (rapide ou bolus) seront éliminées puisqu'il n'y aura pas d'apport de glucide par les repas.

Si la dose d'insuline lente ou le taux basal est correct, alors les valeurs des glycémies relevées sont stables et donc la ligne de base est bonne. Dans le cas contraire, le patient fera des hypoglycémies (si le débit ou la dose de base est trop élevée) ou bien des hyperglycémies (si le débit ou la dose de base est trop faible). Un schéma de correction lui sera alors proposé et la dose d'insuline basale sera ajustée (cf tableau 19).

Cela permet aussi de montrer que chez certains patients, malgré des valeurs de glycémie correctes dans la journée, la ligne de base est non adaptée du fait du mélange de fonction des insulines. Par exemple, il est possible que la dose d'insuline basale soit insuffisante pour couvrir la fin de journée mais que celle-ci soit compensée par l'action des insulines rapides. Lors du jeûne, on observera alors une élévation importante de la glycémie en fin de journée. La dose d'insuline basale sera donc adaptée (ici augmentée) puis la dose d'insuline du repas sera ensuite ajustée (ici diminuée).

Par ailleurs, dans le cas des patients sous multi-injections, cette épreuve de jeûne peut mettre en évidence une durée d'action de l'insuline basale ou lente inférieure à 24 h. Dans ce cas, il va alors falloir ajouter une injection d'insuline lente (soit une le matin et une le soir à 12 h d'intervalle) ou bien proposer la mise sous pompe à insuline.

Ce sont les résultats glycémiques obtenus au cours de la période de jeûne qui permettront de faire ces adaptations afin d'obtenir une ligne de base correcte, indispensable à la réussite de l'IF.

Calcul du débit de base ou insuline basale :

Le lendemain, les résultats de la veille sont évalués. Le médecin établit les débits de base de départ pour chaque patient au vu des relevés glycémiques. En effet, les éventuelles hypo et hyperglycémies au cours du jeûne et leurs horaires d'apparition orientent les adaptations du taux d'insuline de base. Les périodes avec corrections ne peuvent pas être utilisées pour déterminer la ligne de base ; on se réfère donc aux périodes de stabilité.

Le spécialiste en diabétologie confronte ensuite ces données aux données théoriques et biologiques (HbA1c). En effet, il existe des valeurs de référence et des méthodes de calcul pour la dose d'insuline basale.

Les besoins insuliniques sont théoriquement de 0,3 à 0,4 UI/kg/j, variant selon la sensibilité individuelle à l'insuline.

Méthodes de calculs théoriques :
Le coefficient K de sensibilité à l'insuline représente le rapport entre la dose quotidienne actuelle d'insuline et la dose calculée.
Doses quotidienne actuelle d'insuline = dose du carnet + 10 % si mauvais équilibre
Dose calculée = besoins de base (0,35 U/kg) + besoins prandiaux (nombre de portions de 10 g de glucides habituellement consommées * 1,1)
K = dose quotidienne / dose calculée
Besoins de base = 0,35 * K

Les besoins personnalisés en insuline sont alors définis à la fois par le calcul théorique mais surtout par les observations des glycémies du patient (carnet de glycémie), de la valeur de son hémoglobine glyquée, et des résultats de son épreuve de jeûne.

A partir des résultats de l'expérience de jeûne, on sait que :

- si le patient n'a fait ni hypo ni hyperglycémie pendant l'épreuve de jeûne, sa ligne de base est correcte ;
- en cas d'hypoglycémie, alors la dose d'insuline basale est trop élevée ; elle sera ajustée à la baisse (et adaptée en fonction de l'horaire d'apparition pour les patients sous pompe) ;
- en cas d'hyperglycémie de fin de journée pendant l'épreuve de jeûne, deux injections d'insuline basale seront nécessaires pour les patients sous multi-injections (comme nous l'avons expliqué précédemment), et la dose sera augmentée sur cette période horaire pour les patients sous pompe.

L'idéal serait de définir le débit de base dans des conditions idéales de jeûne glucidique et sur une période au cours de laquelle les glycémies sont dans les objectifs (donc en dehors des corrections des hypo/hyperglycémies). Cela reste quasiment impossible en pratique.

En réalité, à partir de ces résultats et des valeurs théoriques, le médecin définit une valeur d'insuline de base arbitraire qui sera adaptée au fur et à mesure des résultats glycémiques de la semaine.

Conclusion de l'expérience de jeûne :

Les patients sont ensuite réunis pour faire le point sur l'épreuve de jeûne et sur les résultats obtenus concernant l'insuline basale.

Le patient va pouvoir tirer des conclusions importantes de ce jeûne à savoir :

- L'insuline lente où le débit de base ne sert pas à normaliser les glycémies des repas, mais simplement à stabiliser la glycémie indépendamment de l'alimentation ;
- Il est possible de sauter un repas sans risque d'hypoglycémie si le taux d'insuline basale est bien réglé ;
- La présence de cette insuline basale est indispensable en continu en toutes circonstances, même si le repas n'est pas pris. En effet, c'est le seul moyen de ne pas repasser en hyperglycémie (et de risquer l'acidocétose).

Il ne faut pas oublier que le rôle de l'insuline basale n'est pas de normaliser les glycémies mais bien de la stabiliser pendant 24 h, avec une tolérance de fluctuation de plus ou moins 0,30 g/L.

En résumé, le but de l'IF est de toujours revenir à la ligne de base en dehors des repas quelle que soit l'élévation de la glycémie entraînée par ces derniers.

Il n'y a donc plus d'intérêt à effectuer des glycémies post-prandiales dans le cadre de l'IF (comme c'était le cas dans l'insulinothérapie conventionnelle), mais des glycémies environ 4 h après les repas pour savoir si le retour à la ligne de base est atteint. C'est le message le plus important à faire passer au patient.

Une ligne de base correcte va ensuite permettre de déterminer les doses d'insuline prandiale à appliquer pour les repas. La bonne adaptation à la fois de l'insuline basale et de l'insuline prandiale permettra ainsi un retour à la ligne de base en dehors des repas.

III.3.1.4. Le calcul des coefficients : l'insuline prandiale

Principe de l'insuline prandiale :

Le médecin explique à l'ensemble du groupe le principe de l'insuline prandiale, ou insuline du repas, c'est-à-dire soit l'insuline rapide en cas de multi-injections soit le bolus en cas de pompe à insuline.

L'étape préalable indispensable à la détermination de la dose d'insuline prandiale est l'évaluation avant chaque repas de la quantité de glucides qui sera consommée. Des ateliers diététiques sont réalisés tout le long de la semaine pour permettre aux patients d'acquérir les outils et méthodes nécessaires. (cf partie ateliers diététiques).

La diabétologue va alors déterminer avec les patients la quantité d'insuline nécessaire pour 10 g de glucides pour un repas donné. Ces quantités sont variables d'un moment à l'autre de la journée (matin, midi et soir). Le rapport entre la quantité de glucides et la dose d'insuline va définir pour chaque patient et pour chaque repas un coefficient d'insuline pour 10 g de glucides.

L'insuline rapide injectée avant le repas a pour but de ramener la glycémie à son niveau basal. On jugera de cet effet sur la glycémie mesurée 4 h après le début du repas (et non pas 2 h après comme dans l'IC). Ainsi, 4 h après les repas, le patient mesure sa glycémie qui devra être de retour à la ligne de base. Dans le cas contraire, il faudra alors « soigner » la glycémie, c'est-à-dire faire une correction avec une injection d'insuline (cf correction de l'hyperglycémie).

Détermination des coefficients :

Pour le calcul des coefficients, le médecin utilise le compte-rendu réalisé par la diététicienne à partir des questionnaires remplis par les patients (vu précédemment). L'idéal pour les calculs serait d'avoir un apport en glucides régulier sur chaque repas (comme cela devrait être le cas en IC puisque les doses d'insuline rapide sont fixes), cependant ce n'est pas toujours vrai ce qui peut fausser les résultats.

A partir de ces relevés alimentaires et de ceux des derniers jours, des doses d'insuline injectées et des mesures de la glycémie des patients, le médecin diabétologue calcule les coefficients pour chaque repas. Il s'agit de définir le nombre d'unités d'insuline nécessaires pour 10 g de glucides, pour chaque patient et à chaque période de la journée.

Il existe ici aussi des valeurs théoriques auxquelles le médecin diabétologue peut se référer pour comparer les coefficients.

Calculs théoriques :
Besoins pour 10 g de glucides = 1,1 * K
Les besoins prandiaux sont statistiquement pour 10 g de glucides : 2 unités au petit déjeuner, 1 unité le midi et 1,5 unité au dîner.

En fonction de la quantité de glucides qui va être consommée, le patient calcule grâce à son coefficient le nombre d'unités d'insuline à injecter avant chaque repas. Concrètement pour les patients, il ne faut alors plus tenir compte de la dose d'insuline injectée par repas, comme c'était le cas en IC puisque cette valeur fixe va maintenant devenir variable en IF du fait des apports en glucides fluctuants. Le patient retient donc le simple coefficient (matin, midi et soir) qui est maintenant la valeur invariable en IF.

Par exemple, il a été déterminé pour monsieur M un coefficient de 1,1 pour le repas du midi, ce qui signifie que pour 10 g de glucides consommés au déjeuner, il fera une injection de 1,1 unité d'insuline. Sur son plateau, il évalue la quantité de glucides à 110 g. Il doit donc réaliser une injection de 12 unités d'insuline rapide ((110*1,1)/10).

En outre, c'est là encore l'expérience du patient qui prime. S'il estime que le nombre d'unités d'insuline calculées en fonction de son coefficient ne correspond pas à ce qu'il fait habituellement par rapport à sa portion alimentaire, on le laisse choisir sa dose d'insuline (correspondante à un nouveau coefficient), et on verra par la suite en fonction des résultats glycémiques si la dose injectée était adéquate ou pas.

Les jours suivants, l'analyse des relevés glycémiques des patients (4 h après les repas) permettra d'affiner les coefficients. En effet, une fois la ligne de base adaptée, un coefficient bien réglé permet de ramener la glycémie à sa valeur de base après chaque repas. Il faudra donc augmenter les coefficients si le retour à la ligne de base n'est pas obtenu 4 h après le repas et que la glycémie est trop haute (hyperglycémie), ou bien le diminuer dans le cas inverse (hypoglycémie).

Mesure de la durée d'action de l'insuline prandiale :

Une fois la ligne de base et les coefficients ajustés, la mesure de la durée d'action de l'insuline est effectuée. Cette mesure permet de déterminer l'heure à laquelle les patients devront effectuer leur contrôle glycémique après les repas.

En effet, la mesure de la glycémie 4 h après le repas est une moyenne. Certains patients reviennent à la ligne de base plus tôt, d'autres plus tard. C'est la mesure de la durée d'action de l'insuline qui va permettre de le déterminer.

Cette mesure s'effectue sur une demi-journée. Un relevé de la glycémie est effectué avant le repas. Le patient va alors faire une injection d'insuline en fonction de la quantité de glucides du repas et de son coefficient. Des relevés glycémiques seront ensuite effectués toutes les demi-heures pendant 5 h.

Ainsi, on va pouvoir définir la durée d'action de l'insuline, c'est-à-dire la période nécessaire pour que l'insuline prandiale ramène la glycémie à la ligne de base.

Pour que la mesure soit correcte, il faut que le patient ait une glycémie dans les objectifs avant le repas (soit dans la ligne de base), et qu'au cours de cette mesure il ne fasse ni hypo ni hyperglycémie, car les corrections viendraient fausser les résultats. Dans le cas contraire, il faudra faire une autre série de mesures au repas suivant.

On trouve des valeurs variables de durée d'action de l'insuline prandiale de 3 h, 3 h 30, 4 h, 4 h 30 en fonction des patients…

La mesure de la durée d'action de l'insuline prandiale permet pour chaque patient de déterminer l'heure à partir de laquelle il pourra effectuer sa mesure de glycémie pour évaluer le retour à la ligne de base et faire les corrections si besoin.

Par exemple pour monsieur M, la durée d'action de son insuline est mesurée à 3 h 30. Au repas de midi, il évalue à l'aide de son coefficient la quantité d'insuline et réalise son injection à 12 h 30. Il devra alors effectuer une mesure de sa glycémie à 16 h (soit 3 h 30 plus tard), pour contrôler qu'il est bien revenu à sa ligne de base.

Il est primordial pour le patient de prendre conscience de l'importance de vérifier si le retour à la ligne de base est atteint. En effet, c'est le seul moyen d'éviter les hyperglycémies prolongées en IF (puisque le contrôle 2 h après le repas n'est plus effectué). En cas d'absence de contrôle du retour à la ligne de base, environ 4 h après le repas (suivant la durée d'action de l'insuline), le patient peut rester plusieurs heures en hyperglycémie jusqu'au repas suivant, et donc perdre le contrôle de son diabète.

Dans le cas du repas du soir, si le patient dîne tard et qu'il effectue son contrôle glycémique avant l'heure présumée du retour à la ligne de base, il doit prendre en compte le fait qu'une glycémie un peu élevée n'est pas forcément signe d'un coefficient trop faible, mais simplement que l'action de l'insuline prandiale n'est pas terminée et permettra le retour à la ligne de base quelques heures plus tard.

Analyse des éventuels échecs du bolus :

Une fois le coefficient adapté pendant la semaine d'hospitalisation, le patient doit être capable de l'ajuster par la suite en fonction de ses résultats glycémiques. Il doit d'abord, en cas d'échec du bolus et de non retour à la ligne de base, en chercher la cause avant de faire des modifications de son coefficient.

La diabétologue présente donc au cours de la semaine un atelier sur les différentes causes d'échec du bolus.

Le plus souvent, il s'agit d'une erreur d'appréciation des quantités de glucides, d'où l'importance des ateliers diététiques (cf partie correspondante).

Un repas trop riche en lipides ou en protéines peut aussi être la cause d'erreur de bolus. En effet, l'action de l'insuline peut alors être moins efficace et des adaptations sont à prévoir. Il est conseillé de rajouter à la dose d'insuline calculée :

- 1 unité d'insuline pour 50 g de lipides,
- 1 unité d'insuline pour 20 g de protéines (soit 100 g de viande).

Cependant, il n'est pas nécessaire de calculer précisément les quantités de lipides et de protéines comme pour les glucides, mais simplement d'être capable d'évaluer si un repas est particulièrement riche en lipides ou en protéines par rapport aux repas habituels (cf ateliers diététiques).

Cette insuline peut être additionnée de façon anticipatoire au bolus calculé ou bien ajoutée comme correction 4 h après le repas (si le retour à la ligne de base n'est pas atteint). Dans tous les cas, cette notion doit être prise en compte. Une fois encore, c'est l'expérience du patient qui lui permettra de s'adapter au mieux.

Comme nous l'avons vu, la prise d'alcool est difficile à gérer en cas de diabète. Elle peut favoriser une hypoglycémie en cas de prise à jeun ou bien au contraire entraîner une hyperglycémie en cas de prise en quantité importante au cours du repas (et dans ce cas là, il est préconisé de ne pas faire de correction ni d'injection anticipatoire pour prévenir le risque d'hypoglycémie).

Des situations particulières peuvent elles aussi compliquer la prise en charge. En effet, en cas de repas qui durent longtemps, pour lesquels les quantités de glucides sont difficiles à évaluer, une injection d'insuline en début de repas est indispensable. Il est cependant possible de faire une demi-dose par exemple, et d'ajouter soit une injection d'insuline supplémentaire en milieu de repas, soit une correction 4 h après la première injection si la ligne de base n'est pas atteinte.

De même, les collations ne sont plus obligatoires en IF. Mais en cas de prise alimentaire en dehors des repas (goûter ou autre), il est recommandé de faire une injection d'insuline prandiale en utilisant comme coefficient la moyenne des deux coefficients les plus proches. En cas de prise de collation régulière, ce coefficient sera adapté de la même façon que les autres, en fonction des mesures de la glycémie.

Par ailleurs, d'autres causes peuvent aussi être responsables des variations dans les résultats. Il faut savoir que le pourcentage d'erreur (environ 15 %) des lecteurs de glycémie doit être pris en compte par les patients dans l'appréciation des résultats glycémiques.

Chez les patients porteurs de pompe à insuline, il faut également être vigilant sur les problèmes de cathéter (présence de bulles dans la tubulure, localisation…). Le cathéter doit être changé tous les trois jours. Dans le cas où les résultats glycémiques sont incohérents et que malgré les bolus les glycémies ne baissent pas, il faut alors penser à un problème de cathéter et le changer.

Attention, pour les patients sous pompe à insuline, il existe un assistant bolus capable de calculer la dose d'insuline à injecter en fonction du nombre de glucides par repas. Cependant, le coefficient est calculé dans le sens inverse, c'est-à-dire x g de glucides pour 1 unité d'insuline (et pas x unités d'insuline pour 10 g de glucides comme pour le calcul manuel). Les calculs des coefficients doivent donc être réétablis et recalculés à chaque ajustement. Les diabétologues ne recommandent pas l'utilisation de cette fonction, trop souvent source d'erreurs.

Avec l'habitude, le patient doit être capable de chercher la cause d'une erreur de bolus, et si nécessaire d'ajuster son coefficient qui évoluera au cours de la vie.

L'activité physique :

Au cours de la semaine d'éducation à l'IF, la notion d'activité physique n'est pas intégrée, et en dehors de 30 minutes de marche autorisées par jour, il est préférable pour le patient d'éviter les efforts qui pourraient fausser les résultats.

L'activité physique est cependant une notion importante à prendre en compte dans le cadre de l'IF ; en effet, elle a une action sur la glycémie. C'est pour cela que la diabétologue expose les grands principes de l'activité physique en IF au groupe de patients.

Chez la personne non diabétique, la pratique du sport en post prandial entraîne une diminution de la sécrétion d'insuline permettant de rendre disponible du glucose pour les muscles. A jeun, il va y avoir, au cours de l'activité, une augmentation de la production de glucose par le foie.

Chez le diabétique, deux solutions sont possibles pour mimer ce phénomène. Si l'activité n'était pas prévue, le patient fait un test glycémique juste avant le sport. Il fait une collation si la glycémie est inférieure à 1,50 g/L. Dans le cas contraire, il peut réaliser son activité. Pour les patients sous pompe, le débit peut être diminué (de 20 % en moyenne) le temps de la pratique de l'activité. Dans le cas des multi-injections, le patient peut diminuer sa dose d'insuline d'une ou deux unités en prévision de son activité si celle-ci est anticipée.

Dans tous les cas, il est indispensable que le patient fasse des contrôles réguliers de sa glycémie au cours de l'activité et après. En effet, l'effet de l'activité physique est très variable en fonction de l'intensité et de la durée mais aussi des individus.

En cas d'activité physique programmée dans les 4 h d'action de l'insuline prandiale, le patient devra anticiper en adaptant ses injections d'insuline prandiale en fonction de son activité physique et de ses résultats glycémiques. Si le sport a lieu pendant l'action de l'insuline basale uniquement, il faudra alors compenser par une collation, et/ou diminuer le taux basal pour les patients sous pompe.

III.3.1.5. La correction des hypo/hyperglycémies

Une fois la méthode de détermination de la ligne de base et des coefficients établie et surtout intégrée par les patients, une dernière notion est ajoutée ; les corrections des hypo et hyperglycémies.

Correction des hypoglycémies :

En règle générale, 15 g de glucides font remonter la glycémie :

- de 0,50 g/L dans les 15 à 30 minutes si l'hypoglycémie survient en dehors de l'action de l'insuline rapide ;
- de 0,25 g/L dans les 15 minutes si l'hypoglycémie survient pendant l'action de l'insuline rapide.

Mais ces valeurs théoriques peuvent être variables d'un sujet à l'autre. En fonction des résultats glycémiques, la meilleure proportion pour chaque patient sera cherchée. Il faudra donc prendre en compte, à la fois l'intensité de l'augmentation de la glycémie, mais aussi le délai d'action de la prise de glucides sur la glycémie.

Correction des hyperglycémies :

La correction des hyperglycémies est utilisée lorsque la glycémie n'est pas revenue à son niveau de base et reste trop élevée ; il faut alors « soigner » la glycémie.

Il est important de ne faire ce supplément d'insuline rapide, en correction d'une hyperglycémie, qu'une fois que l'action de l'insuline prandiale (du repas) est terminée. Ceci explique pourquoi la mesure de la glycémie n'est jamais réalisée dans les 4 h qui suivent le repas. Cette notion doit être bien claire pour les patients.

De ce fait, pour déterminer la valeur de l'insuline de correction des hyperglycémies, il faut connaître :

- la durée d'action de l'insuline,
- et de combien 1 unité d'insuline fait baisser la glycémie.

En règle générale, 1 unité d'insuline rapide fait baisser la glycémie de 0,30 à 0,40 g/L. Mais ces valeurs peuvent elles aussi être différentes d'une personne à l'autre, c'est pourquoi il va falloir les déterminer pour chaque patient.

Méthode de détermination des corrections :

C'est à partir du relevé des hypo et hyperglycémies de chaque patient au cours de la semaine et de l'efficacité de ces corrections sur la glycémie que seront déterminées les valeurs des corrections.

En faisant une moyenne sur les événements de la semaine, on détermine :

- pour la correction des hyperglycémies : 1 unité d'insuline fait baisser de x g/L la glycémie,
- pour la correction des hypoglycémies : 15 g de glucides font monter de x g/L la glycémie.

Pour calculer cette moyenne, il faut être à distance de l'action de l'insuline rapide. On prendra donc les corrections effectuées en dehors des 4 h suivant les repas. De plus, les résultats des premiers jours sont souvent faussés du fait de la période d'ajustement de la ligne de base et des coefficients ; on évitera donc d'utiliser ces valeurs dans le calcul de la moyenne.

Pour chaque patient est ainsi définie une valeur de correction de l'hypo et de l'hyperglycémie, qui sera elle aussi ajustée par la suite si besoin.

Attention, en cas d'hypoglycémie pendant un repas ou juste après (beaucoup d'attente entre les plats, repas à l'extérieur très pauvres en glucides par exemple,…), la glycémie est souvent plus difficile à faire remonter (sachant qu'une injection d'insuline rapide a été effectuée avant le repas). En règle générale, il faudra une double collation pour faire remonter la glycémie.

Dans le cadre de l'IF, la maîtrise des corrections, de même que celle de la ligne de base et des coefficients, est primordiale pour que le patient puisse atteindre un contrôle optimal de son diabète.

III.3.1.6. L'estimation des quantités de glucides : ateliers diététiques

Les pré-requis diététiques à cette semaine d'IF sont la connaissance des aliments glucidiques et la capacité à la manipulation des équivalences. Etant donné que les patients qui font la semaine d'éducation à l'IF ont plusieurs années de diabète derrière eux, et pour la majorité une première éducation diététique (réalisée lors du diagnostic), ces notions sont déjà acquises. Cependant, il est toujours profitable de refaire le point avec la diététicienne avant d'approfondir les connaissances pour permettre la mise en place de l'IF.

Le premier contact avec la diététicienne a déjà été fait lors de l'analyse des relevés alimentaires au cours duquel les habitudes alimentaires des patients sont évaluées, mais aussi leurs connaissances sur les glucides. Le fait de vérifier avec les patients le remplissage du questionnaire alimentaire et la quantification des apports en glucides permet de mettre en évidence l'importance de l'évaluation des portions et l'utilité de la balance pour vérifier ces évaluations.

Tout au long de la semaine, les patients vont devoir approfondir leurs connaissances diététiques pour pouvoir évaluer au mieux la quantité en glucides de leurs repas. En effet, selon le concept de l'IF, à partir de l'évaluation avant chaque repas de la quantité de glucides consommée, le patient déterminera par un calcul simple la dose d'insuline prandiale à injecter à l'aide de son coefficient.

La base de la réussite de l'IF réside donc dans la maîtrise de l'évaluation des quantités de glucides pour chaque repas. Ainsi, les patients vont être éduqués à cette pratique au cours de cette semaine, que ce soit par les ateliers interactifs ou par les repas, cadrés par la diététicienne qui va leur apprendre à évaluer les portions et en calculer l'apport glucidique.

Atelier 1 : Préparation du premier repas

Cet atelier, animé par la diététicienne et l'infirmière, doit permettre de déterminer la capacité du patient : à comptabiliser la quantité de glucides d'un repas habituel (la diététicienne a choisi le repas en fonction des habitudes alimentaires des patients), à apporter des éventuelles modifications en fonction de son appétit du moment, et à calculer la quantité d'insuline correspondante.

Au préalable, la diététicienne fait un bref rappel des portions de glucides dans les aliments et sur la notion d'équivalences glucidiques pour aider les patients à évaluer leurs repas.

Aliments	**Teneur en glucides (g)**
1 part de viande, poisson ou œuf non préparé	0
1 portion de fromage	0
1 bol de lait de 300 mL	15
1 laitage nature	5
1 laitage sucré	15
1 dessert lacté sucré	20 - 25
1 fruit moyen	15
150 g de légumes verts (sauf salade, épinard, champignon, endive, avocat)	5
150 g de légumes racines (betterave, carotte, topinambour, salsifis, fèves)	10
100 g de féculents cuits (pates, riz, semoule, pomme de terre vapeur, haricots en grain	20
160 g de purée, flageolets, lentilles, petits pois	20
20 g de pain	10
1 sucre n°4	5

Tableau 19 : Mémento des portions de glucides

Un message important est mis en évidence lors de cet atelier qui révèle une différence majeure entre la diététique de l'IC et celle de l'IF. En effet, dans l'IC, on ne comptabilise pas les glucides des laitages et des légumes, alors qu'on les intègre dans les calculs pour l'IF. Plusieurs facteurs entrent en jeu dans ce choix : la simplification des calculs pour les patients nouvellement diagnostiqués et l'équilibre nutritionnel favorisé par une consommation possible des laitages et des légumes sans les comptabiliser.

Cependant, le calcul des glucides est d'un niveau plus avancé dans l'IF, puisqu'il nécessite une grande précision (car il est multiplié par le coefficient ce qui explique qu'une faible erreur d'évaluation des glucides du repas entrainerait une variation importante de la dose d'insuline prandiale). C'est pour cette raison que le calcul des glucides doit être réalisé avec précision, et intègre donc maintenant, en plus des autres groupes d'aliments tels que les féculents, le pain, les produits sucrés…, les laitages et les légumes.

Une fois ces notions intégrées, les plateaux repas sont alors distribués. Une balance et un livret d'équivalence (avec des photos des portions alimentaires) est mis à disposition pour chaque personne. Avec l'aide de la diététicienne, les patients vont alors calculer la quantité de glucides de leur plateau. Ils peuvent ensuite, en fonction de leur appétit, ajouter ou enlever un élément à leur repas, en rectifiant leur évaluation de la quantité de glucides pour ce repas.

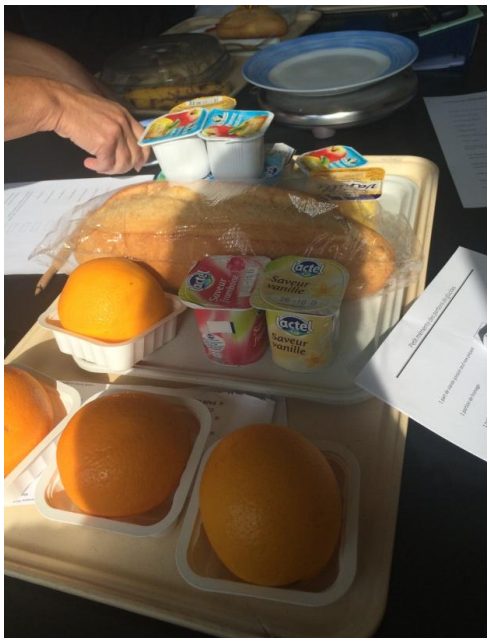


Figure 37 : Photos atelier 1

Ensuite, avec l'aide de l'infirmière, ils vont pourvoir calculer la dose d'insuline prandiale à s'injecter, à partir de leur évaluation de la quantité de glucides du repas et de leur coefficient.

Cette approche sera renouvelée à chaque repas, et au fur et à mesure de la semaine et des ateliers, les patients seront de plus en plus à l'aise et nécessiteront donc moins d'aide de la part de la diététicienne et de l'infirmière. Le but étant qu'ils soient capables, une fois rentrés chez eux, de maîtriser cette méthode pour adapter l'IF à leur quotidien.

Atelier 2 : Evaluation des portions d'aliments glucidiques et rappel sur la teneur en glucides des aliments

Les objectifs pédagogiques de cet atelier sont la vérification et l'approfondissement des acquis diététiques des patients. Plusieurs exercices leur sont alors proposés, afin que chaque patient soit capable de comptabiliser la quantité de glucides d'un repas.

Dans un premier temps, les patients doivent, à partir de photos de différents plateaux repas présentés par la diététicienne, évaluer visuellement les portions pour évaluer l'apport en glucides du repas. Cet exercice proposé en début de semaine s'avère être particulièrement difficile pour les patients. Il sera renouvelé en fin de semaine d'éducation pour voir l'évolution des acquis de chacun dans l'évaluation des apports glucidiques des repas.

Plateau 1	**Evaluation**	
Aliments	**du poids**	**des glucides**
Gougère	100	20
Saumon		0
Pomme de terre	250	50
Camembert * 2		0
Semoule au lait		25
Pain	100	50
Total		145

Remarques : Repas riche en protéines et en lipides (1 part de chaque en plus)

Plateau 2	**Evaluation**	
Aliments	**du poids**	**des glucides**
Haricots verts	150	5
Rôti de porc		0
Chou fleur	150	5
Fromage blanc		10
Pain	120	60
Total		80

Remarques : Repas équilibré

Plateau 3	**Evaluation**	
Aliments	**du poids**	**des glucides**
1/2 avocat mayonnaise		0
Saumon		0
Poireaux crémés allégés		0
Pomme de terre	150	30
Camembert * 4		0
Poire		15
Pain	20	10
Total		55

Remarques : Repas très riche +++ en lipides et en protéines

Tableau 20 : Atelier « Je teste mes connaissances »

Ensuite, à partir d'éléments factices, les patients doivent les classer en deux groupes : ceux qui contiennent des glucides et ceux qui n'en contiennent pas.
Après vérification par la diététicienne, ils doivent ensuite évaluer le poids puis la quantité en glucides des aliments glucidiques.

Figure 38 : Photo atelier 2

Ex d'aliments (portion)	Teneur en glucides	Remarques
Carottes, betteraves (150 g)	10 g	
Tomate, haricots verts (150 g)	5 g	
Frites (120 g)	40 g	très riche en lipides
Pâtes, riz (200 g)	40 g	
Purée (150 g)	20 g	Attention risque d'hypoglycémie à distance
1/2 baguette (100 g)	50 g	
biscotte, petit beurre (1 unité)	5 g	
Croissant, chocolatine	La moitié du poids	très riche en lipides
Yaourt à la grecque (150 g)	5 g	très riche en lipides
Flan au caramel (100 g)	20 g	
Tarte (1 part, 120 g)	30 g si crème 15 g si pas de crème	
Eclair au chocolat (1 unité)	30 g	
Lait (100 mL)	5 g	Idem si écrémé / demi-écrémé / entier mais quantité de lipides variable
Pomme (150-200 g)	15 g	
Cerise (15 unités) Banane (1 petite, 120 g) Raisin (15 unités) Figues (2-3 unités)	15 g	Attention, 4 fruits les plus sucrés
Jus de pomme, soda sans sucre ajouté(33 cL)	35 g	
Bière (1 verre, 25 cL)	10 g	Attention, ne pas comptabiliser l'alcool car risque d'hypoglycémie (+++ si à jeun), faire correction à distance si nécessaire
Vin rouge / rosé / blanc sec	0 g	
Vin blanc doux (15 cL)	15 g	
Ananas en sirop (40 g)	5-10 g	
Chocolat noir / au lait / blanc	Se référer à l'étiquette	
Confiture / miel (1 càs, 30 g)	15 g	
Nutella (2 càc)	10 g	

Tableau 21 : Teneur en glucides d'aliments glucidiques courants

Un troisième exercice est ensuite proposé aux patients à partir d'images d'aliments glucidiques. Ils doivent en choisir pour constituer un repas, en fonction de leurs habitudes alimentaires. A partir des photos des plats, ils doivent ensuite évaluer le poids de chaque portion et son apport en glucides en g, pour calculer l'apport glucidique de leur repas.

Figure 39 : Photos atelier 2 (2)

Le but de cet atelier est de faire passer un message clé au groupe, à savoir l'importance de calculer précisément l'apport en glucides de son repas pour avoir un bolus adapté.

La diététicienne propose ensuite aux patients de choisir leurs menus pour les jours suivants (à partir d'une liste préétablie). Elle distribue à chaque patient un répertoire en image des aliments glucidiques qui servira de support pour le calcul des glucides des repas du reste de la semaine.

Les repas : Calcul de l'apport en glucides de chaque repas – « Combien de glucides sur mon plateau » ?

Les patients doivent être capables de comptabiliser la quantité de glucides des repas. La diététicienne évalue donc l'aptitude de chacun au cours des repas de la semaine.

Chaque jour, matin, midi et soir, chacun évalue le poids des aliments glucidiques de son plateau repas et peut vérifier avec la balance. Il faut calculer l'apport en glucides du repas avec l'aide du memento et aussi l'aide des autres patients du groupe, le but étant que chacun donne des clés aux autres pour intégrer au mieux les notions. La quantité de glucides totale apportée est ensuite validée par la diététicienne.

Enfin, chaque patient calcule sa dose d'insuline avec l'infirmière. Après injection de la dose d'insuline prandiale ou bolus, le repas est pris en groupe.

En milieu de semaine, un self est proposé aux patients, toujours encadré par la diététicienne et l'infirmière. Cette fois-ci, en plus du calcul de l'apport en glucides en évaluant les portions comme pour chaque repas, cela permet au patient de choisir son menu et à la diététicienne d'évaluer sa capacité à respecter une alimentation équilibrée. Cet atelier suit le même schéma que les autres repas : constitution des plateaux, évaluation des portions (à l'œil et vérification avec la balance) pour déterminer la teneur en glucides, puis calcul de la dose d'insuline prandiale.

Figure 40 : Photos ateliers self et repas

Atelier 3: Comptabiliser les glucides à l'aide de mesures pratiques - « Mesurer sans peser »

L'objectif est d'apprendre au patient à évaluer la quantité en glucides de son repas sans peser. L'exercice consiste à repérer les portions avec des ustensiles (càs, louche, volume dans l'assiette, bol…).

Par exemple, la diététicienne propose à chacun de prendre 6 càs de féculents et de comparer le poids avec les autres personnes du groupe. On trouve des valeurs variables pour un même repère. Le message clé est ici l'importance pour chaque patient de se construire des repères personnels.

De même, l'exemple du pain ou de la baguette est utilisé. La diététicienne conseille de peser une fois le pain ou la baguette de son boulanger pour avoir une référence par la suite.

Chez lui, le patient devra se constituer ses propres repères pour éviter de peser à chaque fois ses portions alimentaires.

Atelier 4 : Compléter les connaissances sur les lipides, protides, alcool et repas de restauration rapide

Les patients sont mis en garde. Si l'IF apporte de la liberté, elle doit toujours rester contrôlée. Il faut donc éviter les grignotages et la prise de poids (fréquente à la suite de la mise en place de l'IF). Les patients doivent donc apprendre à être vigilants par rapport aux lipides (ou graisses).

La diététicienne rappelle que la composition du repas en lipides et protéines et la prise d'alcool peuvent influencer la glycémie (notion exposée précédemment par le médecin diabétologue). A la différence de la teneur en glucides qui est calculée de manière précise, les lipides et protéines doivent être évalués de façon simplifiée.

L'objectif pour les patients est de savoir repérer un apport de plus de 50 g de lipides dans son repas (soit 5 morceaux de beurre) et de 20 g de protéines en plus dans sa ration (soit une portion en plus). Cela nécessitera en moyenne une unité d'insuline supplémentaire, à ajouter à la dose calculée de manière anticipée ou bien en rattrapage si la glycémie n'est pas revenue à la base 4 h après le repas (à préférer car la réponse glycémique est très variable d'un individu à l'autre ; il est donc difficile d'anticiper par rapport à ces notions de lipides et protéines).

Un exercice est alors proposé aux patients. Il consiste à séparer des aliments factices en deux catégories, riches et pauvres en lipides. Ensuite, il faudra évaluer la teneur en lipides de chaque portion alimentaire, en nombre de morceaux de beurre ; 1 morceau de beurre = 1 càs d'huile = 1 càs de crème fraiche à 30 %.

Figure 41 : Photo atelier 4

Ex d'aliments (portion)	**Teneur en lipides Nombre de morceaux de beurre 1 morceau = 10 g de lipides**	**Ex d'aliments (portion)**	**Teneur en lipides Nombre de morceaux de beurre 1 morceau = 10 g de lipides**
1 càs d'huile 1 càs de crème fraiche 30 %	1	Charcuterie (1 portion, 2 grandes tranches)	1
Fromage (30 g)	1	Lardons (1 barquette)	1,5
1 boule de glace	1	Saucisse (1)	1
1 yaourt à la grecque	1,5	1 côte de porc	1,5
1 part de tarte	2	Saumon (1 part)	1,5
Chocolat (2 carrés)	1	2 œufs	1,5
Croissant, Chocolatine (1 unité)	1,5	Biscuits petit-beurre (4 unités)	1
1 crème dessert (danette)	1	Vinaigrette (1 portion individuelle)	1,5
1 crème brulée	1,5	Mayonnaise (1 càs)	1
1 éclair	2	Alcool (1 verre moyen)	1
Frites (portion moyenne, 100 g)	2		

Tableau 22 : Teneur en lipides d'aliments lipidiques

Ces notions permettent au patient de repérer les repas inhabituellement riches en lipides (équivalents à plus de 5 morceaux de beurre) ou bien en protéines (par exemple une portion double de viande ou de fromage pour un repas). Cela permettra aux patients d'analyser la glycémie qui en résulte et donc d'affiner au mieux ses doses d'insuline prandiale.

En dehors de l'évaluation des quantités, la lecture des étiquettes est aussi une aide importante pour les patients. La diététicienne rappelle rapidement aux patients l'utilisation des valeurs nutritionnelles présentes sur l'étiquetage des produits de commerce (glucides totaux mais aussi lipides totaux).

La diététicienne présente ensuite les notions importantes sur la composition des graisses. Elle rappelle aux patients de privilégier les matières grasses d'origine végétale à savoir huiles d'olive, de colza et de noix pour les apports en acides gras, la margarine, et de garder le beurre pour le matin… Elle insiste aussi sur l'importance de la consommation de légumes qui rassasie et permet ainsi de ne pas compenser avec la prise d'autres aliments caloriques. De plus, l'apport de fibres permet de diminuer le pic d'hyperglycémie du repas et donc de faciliter le contrôle de la glycémie.

Un dernier exercice est ensuite proposé aux patients. Il consiste à calculer l'apport en glucides d'un plat ou menu favori de restauration suivant les habitudes de chacun et du groupe (exemple : paella, couscous, pizza, sushis, menu Mcdo…). Il est alors mis en évidence la teneur très élevée de ces repas en glucides mais surtout en lipides.

La finalité de ce dernier atelier est de mettre en avant l'importance de l'équilibre alimentaire, malgré la liberté apportée par la mise en place de l'IF. Il est rappelé aux patients que l'IF est un outil qui permet une liberté alimentaire, mais que chacun doit être vigilant sur la prise de poids que cela peut engendrer.

Par ailleurs, de nombreuses tables glucidiques sont disponibles, de même que des applications téléphoniques d'aide pour le calcul des glucides. Il faut savoir que des différences existent entre les sources. La diététicienne explique que l'important est de toujours garder les mêmes références et la même méthode de calcul pour pouvoir adapter au mieux l'IF au fur et à mesure.

III.3.1.7. Synthèse de la semaine et bilan avec les patients

Conclusion de la semaine d'éducation à l'IF

Tout au long de la semaine, il est primordial de faire participer le patient afin qu'il intègre les notions nécessaires pour continuer les adaptations de ses doses d'insuline chez lui en fonction de son quotidien. Au départ, l'équipe pluridisciplinaire, que ce soit médecin, diététicienne ou infirmière assiste les patients à chaque étape, pour petit à petit les laisser analyser par eux mêmes et valider ou non leurs décisions dans le but qu'ils soient autonomes dès leur retour chez eux.

Le rythme de vie à l'hôpital est bien souvent complètement différent de celui de la vie courante des patients, ce qui nécessitera des ajustements par rapport à ce qui avait été mis en place au cours de la semaine d'éducation. Par ailleurs, l'IF est une méthode en perpétuelle évolution, ce qui signifie qu'au cours de la vie elle ne restera pas fixe.

Le patient devra donc s'adapter régulièrement en fonction de ses résultats glycémiques. Pour cela, il doit maîtriser la diététique et le calcul des glucides, et savoir ajuster son débit de base, ses coefficients et ses doses de correction par rapport à sa réponse glycémique.

Atelier motivationnel : échange sur le « vécu »

Il s'agit pour les patients d'échanger sur le vécu de la semaine de par le partage des attentes initiales de chaque patient par rapport à l'IF, la synthèse des différents événements de la semaine et les objectifs pour le retour à domicile.

A la fin de la semaine, les patients font donc le point avec l'infirmière et en groupe, pour donner leur point de vue.

L'intérêt de participer à la semaine d'IF réside dans la liberté alimentaire apportée par cette méthode, mais la majorité des patients révèle aussi être en attente d'apport de connaissances dans le but d'avoir le meilleur contrôle possible de leur diabète.

Plusieurs points ressortent du bilan réalisé par le groupe de patients.

Les connaissances apportées par l'équipe pluridisciplinaire, et particulièrement les ateliers diététiques, ainsi que l'expérience des patients eux-mêmes ont été très appréciées. De façon unanime pour les patients, l'IF permettra une meilleure maîtrise de leur diabète par un équilibre rapproché entre alimentation et insuline. Pour certains, cela permet une prise de conscience de l'importance d'une prise en charge correcte de leur maladie, pour d'autres, une aide pour l'acceptation de leur diabète par un gain de liberté.

Les erreurs que les patients ont pu corriger au cours de cette semaine sont majoritairement des problèmes diététiques et de mauvais réglages des doses d'insuline (basale notamment). Il est mis en avant que le fait de mieux maîtriser l'alimentation permettra à l'avenir une adaptation plus facile de l'insulinothérapie. Par ailleurs, certains patients témoignent du fait qu'avant l'apprentissage de l'IF, même si leur apport en glucides pouvait varier (du fait de repas inhabituels ou autres), ils n'adaptaient pas leurs doses d'insuline (puisque dans l'IC ces doses sont fixes, mais aussi car leurs connaissances en diététique étaient trop faibles pour le permettre). Ils trouvent donc un réel intérêt dans le fait de savoir adapter à ce jour leur insuline à leur alimentation.

Concernant le retour à domicile, certains patients témoignent de leurs inquiétudes par rapport à l'adaptation de l'IF à leur quotidien (activité physique etc). L'équipe pluridisciplinaire reste disponible pour toute question supplémentaire et pour avoir un retour sur leurs expériences.

L'utilisation pourra par la suite être variable suivant les patients et leur quotidien. Certains, du fait d'une alimentation irrégulière, vont utiliser l'IF tous les jours, pour chaque repas pour adapter leur insuline à leurs apports en glucides. D'autres préfèreront garder une alimentation régulière (comme établie dans l'IC), en utilisant cette méthode de temps en temps, dans le cadre de repas inhabituels ou de situations exceptionnelles.

Dans tous les cas, le gain de liberté, l'apprentissage de l'autonomie et de la diététique est mis en avant dans tous les discours des patients. Tous font un bilan très positif de leur semaine d'éducation à l'IF.

Atelier de synthèse : les clés de la réussite

Pour conclure sur cette semaine d'éducation à l'IF, la diabétologue rappelle les grands principes que les patients doivent maîtriser pour une bonne mise en place de l'IF dans leur quotidien.

Les résultats obtenus au cours de la semaine d'IF sont rappelés et conservés par chaque patient pour leur retour à domicile, et un courrier est adressé à leur diabétologue référant.

Annexe 5 : Résultats de la semaine d'IF

Chaque patient doit :

- Bien connaître les quantités de glucides des aliments et les estimer à chaque repas (surtout s'il existe une grande variabilité entre les repas) ;
- Savoir calculer la dose d'insuline rapide à injecter à l'aide du coefficient, et mesurer sa glycémie avant chaque repas (indispensable aux ajustements) ;
- Ne pas oublier de contrôler la glycémie à la 4ème heure et adapter la correction si nécessaire ;
- Savoir corriger les hypoglycémies de façon adaptée et sans excès ;
- Ne pas oublier le rôle des excès de lipides et de protéines en cas de repas exceptionnel ou particulièrement riche ;
- Le patient doit être capable de refaire un titrage de la basale (par un jeûne a-glucidique), s'il s'aperçoit que malgré une évaluation rigoureuse de l'apport en glucides de ses repas, ses glycémies sur plusieurs jours sont incorrectes sur une même tranche horaire.

A la fin de cette semaine, le patient a acquis les trois rôles de l'insuline dans l'IF :

- L'insuline basale, « pour vivre » ;
- L'insuline prandiale, « pour l'apport en glucides des repas » et le retour à la ligne de base ;
- L'insuline rapide de correction, « pour soigner la glycémie » en cas de non retour à la ligne de base à la 4ème heure.

Il est proposé aux patients un rendez-vous d'une journée 6 mois plus tard pour refaire le point. Il sera alors intéressant pour les patients de pouvoir échanger de nouveau entre eux et avec la diététicienne par rapport à d'éventuels problèmes rencontrés. Les résultats glycémiques seront analysés par l'équipe pour voir si les adaptations mises en place sont correctes. Enfin, cela permettra à l'équipe pluridisciplinaire d'adapter au mieux, pour les prochains patients, le programme de cette semaine d'éducation à l'IF. En effet, lors de cette séance d'évaluation à distance, il est possible d'analyser le vécu de ce nouvel apprentissage, ainsi que les bénéfices acquis en termes de qualité de vie.

III.3.2. Compte-rendu de la semaine d'hospitalisation de Samy

Samy a été hospitalisé à la clinique des Cèdres pour une semaine d'éducation à l'IF. A sa demande, il a été mis sous pompe à insuline au cours cette hospitalisation. Il a été éduqué très facilement, à la fois pour la pose du cathéter et pour la manipulation de la pompe elle-même. Il a bénéficié d'un jeûne a-glucidique pour le calcul de ses besoins de base en insuline, et a également été éduqué pour l'adaptation des doses prandiales et de correction selon le principe de l'IF.

Le traitement de sortie comporte alors :

- Une pompe à insuline ANIMAS® avec les doses basales suivantes :
    - de 0 h à 4 h : 0,8 UI/h,
    - de 4 h à 7 h : 1,3 UI/h,
    - de 7 h à 12 h : 1,6 UI/h,
    - de 12 h à 19 h : 1,2 UI/h,
    - de 19 h à 24 h : 0,8 UI/h.

  La dose totale d'insuline basale est donc de 27,5 UI/24 h.
- Les coefficients sont de : 2,5 le matin, 1,8 le midi et le soir (bolus ou nombre d'UI d'insuline prandiale pour 10 g de glucides).

Samy doit alors poursuivre l'adaptation des doses à domicile en fonction de son quotidien, comme cela lui a été appris au cours de son hospitalisation. Il doit appeler régulièrement sa diabétologue qui l'aidera pour poursuivre la mise en place de l'IF. Elle fera le point avec lui par la suite sur cette nouvelle prise en charge de son diabète.

III.4. Bilan de la méthode d'IF

III.4.1. Les limites, intérêts et résultats de l'IF

Il existe des limites notables dans cette méthode qui renforce les contraintes quotidiennes et nécessite une grande motivation de la part du patient, sans laquelle la réussite de la mise en place de l'IF est vouée à l'échec. L'IF exige des connaissances diététiques incontournables, sachant que le comptage des glucides reste la principale difficulté rencontrée lors de la mise en place de cette nouvelle méthode.

Chez certains patients ne souhaitant pas être responsabilisés dans leur traitement, et dont l'équilibre glycémique est satisfaisant, au prix d'une acceptation d'une rigidité dans la régularité du traitement et des prises alimentaires, l'IF pourrait avoir un impact néfaste. Il est donc primordial de respecter le choix des patients pour adapter l'IF à chacun. En aucun cas la pratique de l'IF ne doit être imposée.

Sur le plan biologique, l'IF permet une diminution des épisodes d'hypoglycémie sévère chez les patients qui y sont sujets et une stabilisation voire une amélioration de l'HbA_{1c}.

Du point de vue des patients, le bilan de l'IF s'avère très positif selon les différentes études réalisées. Le principal inconvénient souligné est celui de l'augmentation de la fréquence de l'autosurveillance glycémique. En contrepartie, les patients considèrent que les bénéfices principaux sont une plus grande liberté alimentaire et un gain d'indépendance. Ils apprécient le fait de mieux contrôler leur maladie, perçue plus positivement, plutôt que de la subir. Par ailleurs, l'IF diminue l'anxiété et la dépression de manière significative, permet une meilleure relation médecin/malade et améliore nettement la qualité de vie.

Les contraintes supplémentaires (nombre d'autocontrôles glycémiques et d'injections d'insuline ou bolus) sont compensées par une plus grande liberté individuelle et sociale. (56) (57)

III.4.2. Cas de Samy

Selon sa diabétologue, l'IF convient très bien à Samy qui la manipule sans aucun problème. Elle lui rappelle l'importance de la réalisation des glycémies à la 4ème heure qu'il a tendance à oublier. En 2013, l'HbA_{1c} de Samy est à 6,9 %, preuve de la bonne maîtrise de son diabète et de l'adaptation adéquate de l'IF.

Il fait le point sur son équilibre glycémique et sur les problèmes éventuels rencontrés avec sa diabétologue lors des consultations semestrielles. Suite à la mise en place de l'IF, la fréquence des hypoglycémies a diminué de façon notable.

Aujourd'hui, il a 24 ans et continue d'utiliser l'IF au quotidien. Le gain de liberté et d'autonomie est considéré comme un réel bénéfice par Samy. Il tire un bilan très positif de la mise en place de l'IF, par rapport à la rigidité de l'insulinothérapie conventionnelle qui lui avait été enseignée pour les premières années de son diabète.

Il utilise donc le niveau d'apprentissage de l'IF le plus avancé, c'est-à-dire qu'il réalise le comptage des glucides pour chaque prise alimentaire, au quotidien. Il relève cependant une utilisation des équivalences de portions pour certains repas. En effet, de par ses habitudes alimentaires, il lui a été possible d'associer pour un repas type, notamment le petit déjeuner, une dose d'insuline prandiale associée.

Il met aussi en avant le bénéfice de la liberté dans les horaires de repas, à savoir par exemple la possibilité de faire une grasse matinée, le fait de ne pas être obligé de manger lorsqu'il est malade, ou au contraire de manger en dehors des repas de façon occasionnelle (par exemple une glace à la plage…).

Il maîtrise parfaitement les adaptations de cette méthode d'IF, que ce soit pour l'insuline basale, l'insuline prandiale et les corrections.

Il relève cependant la contrainte de la fréquence importante de l'autosurveillance glycémique.

S'il estime que la complexité de l'IF réside dans l'estimation de la quantité de glucides des repas, il explique qu'il a acquis petit à petit une aisance dans le comptage des glucides. En effet, même s'il lui arrive parfois de faire des erreurs de calculs (du fait de l'oubli d'un aliment ou bien en sous estimant la portion alimentaire consommée), il lui est facile d'évaluer ses repas de façon générale. C'est au cours des occasions particulières, par exemple lors de repas au restaurant, qu'il est le plus difficile pour lui d'évaluer la dose d'insuline adéquate.

On peut conclure que Samy s'est totalement approprié le concept de l'IF pour l'adapter à son quotidien. Il est ainsi devenu responsable de la gestion de sa maladie, en adaptant le traitement de son diabète à sa vie, et non l'inverse.

Conclusion

L'essentiel dans la prise en charge du diabète de type 1 est que l'alimentation et le schéma insulinique soient enchaînés l'un à l'autre et indissociables.

Dans le cadre de l'insulinothérapie conventionnelle, la prise en charge diététique permet au patient d'adapter ses apports glucidiques selon une répartition établie en fonction de ses besoins nutritionnels. Cela impose donc une alimentation régulière d'un jour sur l'autre, avec des quantités fixes de glucides pour chaque repas, en relation avec des doses d'insuline prédéfinies.

A l'inverse, le concept d'insulinothérapie fonctionnelle consiste à enseigner au patient une juste évaluation de la nature de ses repas pour les traduire en doses d'insuline.

L'éducation thérapeutique à l'insulinothérapie fonctionnelle propose ainsi une liberté dans le choix horaire et la composition du repas, tout en améliorant l'équilibre du diabète et en diminuant le nombre d'hypoglycémies sévères.

Cette méthode d'apprentissage centrée sur le patient offre une insulinothérapie personnalisée, adaptée à son mode de vie et d'alimentation, à ses souhaits et à ses capacités d'autonomie, sans dériver dans le piège de l'anarchie alimentaire. Elle tient compte du fait que le patient diabétique est une personne comme les autres, qui possède son propre style nutritionnel.

Il n'existe pas encore de consensus entre les différents centres de diabétologie concernant le programme d'éducation à l'insulinothérapie fonctionnelle. Cependant, ce dernier est toujours basé sur la dissociation des rôles des insulines, en séparant les besoins insuliniques de base des besoins insuliniques prandiaux grâce à des ateliers expérimentaux.

L'éducation à l'insulinothérapie fonctionnelle, de par l'apprentissage par l'expérimentation, a pour finalité de permettre au patient d'apporter ses propres solutions aux différentes situations de la vie quotidienne.

Jusqu'à ce que des améliorations thérapeutiques voient le jour (cellule β artificielle ou greffe d'îlots) et soient proposées à grande échelle pour suppléer la cellule β déficiente, l'insulinothérapie fonctionnelle peut représenter une solution intermédiaire à même de permettre au plus grand nombre des patients ayant un diabète de type 1 d'allier qualité de vie quotidienne, liberté alimentaire et bon équilibre du diabète.

BIBLIOGRAPHIE

1. OMS. Diabète - [cité 9 sept 2014]. Disponible sur : http://www.who.int/topics/diabetes_mellitus/fr/

2. InVS (Institut national de Veille Sanitaire). Diabète / Maladies chroniques et traumatismes / Dossiers thématiques / Accueil - [cité 9 sept 2014]. Disponible sur : http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Diabete

3. INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale). Diabète de type 1 (DID) - [cité 10 sept 2014]. Disponible sur: http://www.inserm.fr/thematiques/circulation-metabolisme-nutrition/dossiers-d-information/diabete-de-type-1-did

4. Etude Entred 2007-2010 / Etudes Entred / Diabète / Maladies chroniques et traumatismes / Dossiers thématiques / Accueil - [cité 10 sept 2014]. Disponible sur: http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Diabete/Etudes-Entred/Etude-Entred-2007-2010

5. FAGOT-CAMPAGNA A, ROMON I. Prévalence et incidence du diabète, et mortalité liée au diabète en France : synthèse épidémiologique. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2010.

6. DUBOIS-LAFORGUE D. Progrès physiopathologiques dans le diabète de type 1. 20 févr 2010 ; 60(2) : 165-9.

7. GRIMALDI A. Traité de diabétologie. Paris : Flammarion médecine-sciences ; 2009.

8. SELAM JL. Diabète sucré de type 1 de l'enfant et de l'adulte. 15 mai 2003 ; 53(24) : 995-10005.

9. LE DIABÈTE DE TYPE 1 - Le Moniteur des Pharmacies n° 3014 du 11/01/2014 - Revues- Le Moniteur des pharmacies.fr. Le Moniteur des pharmacie.fr - [cité 13 juill 2015]. Disponible sur: http://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/le-moniteur-des-pharmacies/article/n-3014/le-diabete-de-type-1.html

10. Collège des Enseignants d'Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (CEEDMM). Item 233 a : Diabète sucré de type 1 - cours.pdf - 2011- [cité 10 sept 2014]. Disponible sur : http://umvf.univ-nantes.fr/endocrinologie/enseignement/item233a/site/html/cours.pdf

11. PERLEMUTER L, COLLIN DE L'HORTET G, SÉLAM J-L. Diabète et maladies métaboliques. Paris : Masson ; 2003.

12. HARTEMANN A, GRIMALDI A, ANDREELLA F. Guide pratique du diabète. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2013.

13. phy_did.jpg (Image JPEG, 680 × 459 pixels) - [cité 17 sept 2014]. Disponible sur : http://www.memobio.fr/images/bioc/phy_did.jpg

14. BUYSSCHAERT M. Diabétologie clinique. Bruxelles : De Boeck ; 2011.

15. BARAT P. Diabète sucré de type 1 de l'enfant. 16 juin 2011 ; 61(6) : 843-8.

16. MONNIER L, FUMAT C. Diabétologie. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2010.

17. ALTMAN J-J, DUCLOUX R, LÉVY-DUTEL L. Le grand livre du diabète. Paris : Eyrolles ; 2012.

18. ALD8. GuideMedecin, DiabetePediatrie - revunp_vucd.pdf - 2007 [cité 16 sept 2014]. Disponible sur : http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/ ald8_guidemedecin_diabetepediatrie_revunp_vucd.pdf

19. CAULIN C. Vidal recos 2015 : Recommandations en pratique / Diabète de type 1 ; 2015.

20. Insuline111.gif (Image GIF, 550 × 375 pixels) - [cité 25 sept 2014]. Disponible sur : http://s2.e-monsite.com/2010/02/27/06/resize_550_550//Insuline111.gif

21. MAGNAN C, KTORZA A. Production et sécrétion de l'insuline par la cellule β pancréatique. EMC - Endocrinol. déc 2005 ; 2(4) : 241-64.

22. ALLAIN P. Les Médicaments. Bouchemaine (France) : CdM Editions ; 2000.

23. PHILIPS JC, RADERMECKER RP. L'insulinothérapie dans le diabète de type 1 - 2005 [cité 24 sept 2014]. Disponible sur : http://www.rmlg.ulg.ac.be/RMLGFIX/show.php

24. DiabSurf, le diabète sur l'Internet - [cité 30 août 2014]. Disponible sur : http://www.diabsurf.com/Mnl/AccMnl/FrMnl.php

25. VIALETTES B, RACCAH D. Les analogues de l'insuline. Montrouge : J. Libbey Eurotext ; 2006.

26. MERIOT C. L'insuline et ses différents modes d'injection. Actual Pharm – oct 2008 ; 47(478) : 12-5.

27. Le stylo - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://aalcd.free.fr/site-aalcd/diabete/stylo.html

28. Les sites d'injection de l'insuline - BGStar® - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://www.bgstar.fr/web/info_diabete/traitements/sites_injection_insuline

29. BD Diabetes - Tout sur le diabète - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : https://www.bd.com/be/diabetes/french/page.aspx/

30. Produits - Aiguilles pour stylo - mylife Penfine - Découvrir - mylife Diabetescare - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://www.mylife-diabetescare.fr/mylife-penfine-decouvrir.html/

31. AJD - Aide aux Jeunes Diabétiques - [cité 29 août 2014]. Disponible sur : http://ajd-diabete.fr/

32. Layout 1 - BD_Getting_Started_Insulin_Frfinal.pdf - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://www.bd.com/ca/diabetes/french/pdf/BD_Getting_Started_Insulin_Frfinal.pdf

33. Diabète - Association Française des Diabétiques - AFD - [cité 27 août 2014]. Disponible sur : http://www.afd.asso.fr/

34. Pompe à Insuline Paradigm image - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://wwwp.medtronic.com/newsroom/content/1311346456904.high_resolution.jpg

35. Pompe à insuline Omnipod image - [cité 12 nov 2014]. Disponible sur : http://www.psychomedia.qc.ca/sites/default/files/node-story/2011-10/32643-36622-image.jpg

36. Le matériel d'autosurveillance - Le Moniteur des Pharmacies n° 2875 du 26/03/2011- Revues - Le Moniteur des pharmacies.fr - Le Moniteur des pharmacie.fr - [cité 15 juill 2015]. Disponible sur : http://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/le-moniteur-des-pharmacies/article/n-2875/le-materiel-d-autosurveillance.html

37. Guide : choisir son lecteur de glycémie. Diabète - Association Française des Diabétiques - AFD. [cité 15 juill 2015]. Disponible sur : http://www.afd.asso.fr/webform/guide-choisir-son-lecteur-de-glycemie

38. Lifescan - Gamme de lecteurs de glycémie OneTouch® - 2014 - [cité 15 juill 2015]. Disponible sur : http://lifescan.fr/ourproducts/meters

39. Accu-Chek® - La division diabète de Roche Diagnostics - Appareils d'autosurveillance de la glycémie, pompes à insuline, logiciels de gestion du diabète, informations, conseils – [cité 30 août 2014]. Disponible sur : https://www.accu-chek.fr/fr/

40. BGStar et iBGStar, les lecteurs de glycémie innovants par sanofi aventis - BGStar® - [cité 15 juill 2015]. Disponible sur : http://www.bgstar.fr/web/nos_produits

41. ATOUT21. Abbott FreeStyle Diabète – 2012 - [cité 15 juill 2015]. Disponible sur : http://www.freestylediabete.fr/Site/Nos-Produits/la-gamme-freestyle.aspx

42. DIABETES CARE - France - Diabetes Care par Bayer France - [cité 19 juill 2015]. Disponible sur : http://www.bayerdiabetes.fr/accueil/

43. BD Medical - Unité Diabète - diabetebd.fr - [cité 7 sept 2015]. Disponible sur : http://www.bd.com/fr/diabetes/

44. Diabète : Les dernières innovations en développement pour 2015 - Le monde Pharmaceutique TV - [cité 7 sept 2015]. Disponible sur : http://www.lemondepharmaceutique.tv/pharmag/diab-te-les-derni-res-innovations-en-d-veloppement-pour-324-8-1.html/

45. APFELBAUM M, ROMON M, DUBUS M. Diététique et nutrition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson ; 2009.

46. CHEVALLIER L. Nutrition principes et conseils. Paris : Masson ; 2009.

47. MARTIN A, Centre national de coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation (France), Centre national de la recherche scientifique (France), Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris ; Londres ; New York : Tec & doc ; 2000.

48. FREDOT É. Connaissance des aliments: bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Paris : Éditions Tec & doc ; 2012.

49. Pyramide alimentaire : les 7 groupes d'aliments - [cité 9 août 2015]. Disponible sur : http://www.regime-dietetique.net/dietetique-pratique/pyramide-alimentaire.aspx

50. GALIBOIS I. Le diabète de type 1 et ses défis alimentaires quotidiens. Les presses de l'université Laval ; 2005

51. LAREYNIE M-A. L'alimentation du diabetique.pdf - [cité 6 oct 2015]. Disponible sur : http://www.sante-limousin.fr/travail/reseaux-de-sante/archives-anciens-espaces-reseaux/linut/fichiers/informations-nutritionnelles/Lalimentation%20du%20diabetique.pdf

52. Groupe diététique DELF Nord. Diabète et alimentation ; 2005

53. Anses Table Ciqual 2013 Composition nutritionnelle des aliments - [cité 7 oct 2015]. Disponible sur : https://pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm

54. Progress santé. Equivalences glucidiques - Cours de régime BTS diététique 2ème année.pdf - [cité 6 oct 2015]. Disponible sur : http://www.progress-sante.com/ecole/espaces/res/1647.pdf

55. LUDWIG DS. The glycemic index : physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. JAMA. 8 mai 2002 ; 287(18) : 2414-23.

56. SACHON C. Insulinothérapie fonctionnelle. EMC - Endocrinol - Nutr. janv 2009 ; 6(2):1-9.

57. ANDRE GRIMALDI, GUILLAUME CHARPENTIER, GERARD SLAMA. Insulinothérapie fonctionnelle : ou insuline à la carte. Elsevier Masson; 2008. 107 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Programme de la semaine d'IF (document du service de diabétologie du CHU de Haut Lévêque)

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Matin	Accueil et installation I + A + D Présentation du groupe Présentation du programme de la semaine 10H30 - 11H30 M + I + D IF et procédure de jeûne	Bilan biologique Petit déjeuner a-glucidique A + I 9H15 - 11H30 M + I **Atelier 3 :** Analyse de l'expérience du jeûne et conclusions **Atelier 4 :** L'insuline du repas : principe	Petit-déjeuner Calcul d'insuline et correction A + I 9H15 - 11H30 M + I **Atelier 6 :** Séance collective de réflexion : analyse des résultats du repas et de la nuit + Eventuels échecs du bolus	Petit déjeuner Calcul d'insuline et correction A + I 9H15 - 10H M + I + D **Atelier 9 :** Correction des hyper et des hypoglycémies 11H15 - 12H15 I **"VECU"**	Petit-déjeuner Calcul d'insuline et correction A + I 9H15 M + D + A + I Synthèse de la semaine
Midi	Repas a-glucidique A + D	Plateau "fixe" A + D + I	12H - 13H30 **SELF** A + D	Plateau "fixe" A + D + I	Plateau "fixe" A + D + I
Après-midi	14H30 -16H30 M **Atelier 1 :** Fonctionnement énergétique de l'organisme **Atelier 2 :** Principe du jeûne et insuline basale	14H30 - 16H D **Atelier 5 :** Diététique	14H - 16H D **Atelier 5 :** Diététique	14H -17H M **Atelier 10 :** Mesure de la durée d'action de l'insuline	SORTIE M + I + A

Annexe 2 : Relevé des habitudes alimentaires (document du service de diabétologie du CHU de Haut Lévêque)

Habitudes alimentaires

De Monsieur ou Madame : …….. **Prénom** : ……..

Date : ……..

<u>Recommandations pour compléter le questionnaire</u>

Nous comptons sur vous pour remplir ce questionnaire aussi attentivement que possible, en notant tout ce que vous mangez et buvez pendant 3 jours (et 3 nuits) consécutifs en utilisant les feuillets ci-joints.

Soyez complet et précis.
Notez tous les repas, collations, boissons, au fur et à mesure afin de ne rien oublier.
Notez le lieu (domicile, restaurant, etc.) et l'heure des repas.

Précisez pour chaque aliment consommé :

- **la nature exacte du produit.**
  N'inscrivez pas : crudité mais carottes râpées, etc.
  viande mais escalope de veau, rôti de porc, etc.
  poisson mais colin, saumon, etc.
  fruit mais pomme, poire, etc.
  pour les aliments particuliers (hamburger, sandwich, etc.)
  indiquez la composition et si nécessaire la marque du produit.
  Vous pouvez également amener les emballages ou la composition nutritionnelle.
- **la quantité consommée :** en grammes, en nombre de pièces
  en cuillères à café, cuillères à soupe
  en bol, tasse, verre
  <u>Il est important de peser les aliments qui apportent des glucides.</u>
- **le mode de cuisson**
- **la matière grasse, le sel et le sucre ajoutés et leur quantité.**

Remplissez ce questionnaire même si votre alimentation lors de cette enquête n'est pas votre alimentation habituelle. Si un événement particulier la modifie (restaurant, malade, etc.), précisez-le.

(Source : annexe 3, document de synthèse 2005, Recommandations HAS/ADLF La consultation diététique)

Annexe 2 (suite)

JOUR 1 / Date : …….				
	Heure et lieu	**Menu précis**	**Quantité consommée**	**Mode de cuisson et assaisonnement**
PETIT DEJEUNER				
Dans la matinée				
MIDI				
Dans l'après midi				
SOIR				
Dans la soirée				
Autres prises alimentaires				
Observations:				

Annexe 3 : Exemples de compte rendu des relevés alimentaires (document du service de diabétologie du CHU de Haut Lévêque)

Glucides en g/repas							
NOM	DATES	PETIT DEJ	COLLA° 10H	MIDI	COLLA° 16H	SOIR	SOIREE
Nom	09-oct	80	10	55	20	95	-
	Remarques		Dattes pour éviter hypo		Gourmandise		-
	10-oct	50	-	75	15	?	-
	Remarques		-				-
	11-oct	50		?	?	?	?
	Remarques						
Remarques	3 jours non remplis, difficulté à évaluer les apports. 3 repas/jour avec glucides complexes. Tendance à grignoter pour éviter les hypos. CAT hypo à revoir +++ Alimentation semble riche en lipides. Pas de conso de légumes. Equilibre alimentaire à revoir +++ **Attention prise de poids avec IF.**						

Annexe 4 : Régime a-glucidique (document du service de diabétologie du CHU de Haut Lévêque)

Régime AGLUCIDIQUE

Indication :

⇒ Epreuve de jeûne dans le cadre de recherche d'insulinome

⇒ Titrage d'insuline lente

Principe :

Repas sans apport de glucides (strict).

- **Tous les aliments qui contiennent des glucides (même ceux qui en contiennent peu) sont interdits** : céréales et dérivés (pain, biscotte, corn flakes, pâtes, riz, semoule, polenta…), pomme de terre, légumes secs, légumes verts (sauf salade verte), fruits et dérivés (jus de fruits, compote sans sucre…), lait, yaourt, fromage blanc, petit suisse, sucre et produits sucrés.
- Les apports en protéines et en lipides doivent être limités.

REPARTITION JOURNALIERE :

Petit déjeuner :	Café ou thé (à volonté) sans sucre + édulcorant
Déjeuner	1 bol de Bouillon clair
Et	2 portions de salade verte + 1 vinaigrette
Diner	1 portion de viande maigre (pas de jambon blanc), poisson
	1 portion de fromage le midi seulement
Collation	Thé ou café (à volonté) non sucré + édulcorant

Annexe 5 : Résultats de la semaine d'IF (document du service de diabétologie du CHU de Haut Lévêque)

Consignes pour le traitement

Date : ……
Mon poids……Kg
Mon HBA1C……..%
……..unités

Mon coefficient d'insuline rapide le matin
pour 10 g de sucres…….unités
Mon coefficient d'insuline rapide le midi
pour 10 g de sucres…….unités
Mon coefficient d'insuline rapide le soir
pour 10 g de sucres…….unités

1 unité d'insuline rapide abaisse ma glycémie de
…….G/L

15 G de sucres remontent ma glycémie de
…….G/L

>Tenir compte des repas gras
>Tenir compte des repas riches en protéines
>Tenir compte de quantités plus importantes que d'habitude

Serment de Galien

Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruite dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.