Université de Lille
Année universitaire 2025/2026

UFR3S-Pharmacie

THESE
POUR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Soutenue publiquement le 9 avril 2026
Par Emma RENARD

APPROCHES PHARMACOLOGIQUES ET GESTION DU DIABÈTE DE TYPE 1 CHEZ LES ATHLÈTES DE HAUT NIVEAU : STRATÉGIES D'ADAPTATION ET IMPACT SUR LA PERFORMANCE DANS LE TENNIS

Membres du jury :

Président : Madame **SEBTI Yasmine**, Professeur des Universités - Biochimie - Faculté de Pharmacie de Lille

Directeur, conseiller de thèse : Madame **DUMONT Julie**, Professeur des Universités - Biologie cellulaire - Faculté de Pharmacie de Lille

Membres extérieurs : Madame **PREVOT Delphine**, Docteur en Pharmacie - Pharmacie Dupire à Famars

Université de Lille

Président	Régis BORDET
Premier Vice-président	Bertrand DÉCAUDIN
Vice-présidente Formation	Corinne ROBACZEWSKI
Vice-président Recherche	Olivier COLOT
Vice-président Ressources Humaine	Jean-Philippe TRICOIT
Directrice Générale des Services	Anne-Valérie CHIRIS-FABRE

UFR3S

Doyen	Dominique LACROIX
Premier Vice-Doyen, Vice-Doyen RH, SI et Qualité	Hervé HUBERT
Vice-Doyenne Recherche	Karine FAURE
Vice-Doyen Finances et Patrimoine	Emmanuelle LIPKA
Vice-Doyen International	Vincent DERAMECOURT
Vice-Doyen Coordination pluriprofessionnelle et Formations sanitaires	Sébastien D'HARANCY
Vice-Doyenne Formation tout au long de la vie	Caroline LANIER
Vice-Doyen Territoire-Partenariats	Thomas MORGENROTH
Vice-Doyen Santé numérique et Communication	Vincent SOBANSKI
Vice-Doyenne Vie de Campus	Anne-Laure BARBOTIN
Vice-Doyen étudiant	Victor HELENA

Faculté de Pharmacie

Vice - Doyen	Pascal ODOU
Premier Assesseur et Assesseur à la Santé et à l'Accompagnement	Anne GARAT
Assesseur à la Vie de la Faculté et Assesseur aux Ressources et Personnels	Emmanuelle LIPKA
Responsable de l'Administration et du Pilotage	Cyrille PORTA
Représentant étudiant	Honoré GUISE
Chargé de mission 1er cycle	Philippe GERVOIS
Chargée de mission 2eme cycle	Héloïse HENRY
Chargé de mission Accompagnement et Formation à la Recherche	Nicolas WILLAND
Chargé de mission Relations Internationales	Christophe FURMAN
Chargée de Mission Qualité	Marie-Françoise ODOU
Chargé de mission dossier HCERES	Réjane LESTRELIN

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers (PU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique	81
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie	82
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie	82
Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie	82
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie	82
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire	82

Professeurs des Universités (PU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique - RMN	85
M.	BERLARBI	Karim	Physiologie	86

M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie	87
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie	87
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique - RMN	85
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie thérapeutique	86
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie bio inorganique	85
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire	87
M.	ELATI	Mohamed	Biomathématiques	27
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie	87
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique	85
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique	86
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique	85
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie	86
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique	86
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques	26
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire	87
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire	87
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique	85
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie physique	85

M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie	87
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie	86
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie	87
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie	86
M.	SERGHERAERT	Éric	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie organique	86

Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers (MCU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique	85
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie	82
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique	81
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
Mme	GILLIOT	Sixtine	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie	82

Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie	82

Maîtres de Conférences des Universités (MCU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique	86
M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire	87
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique - RMN	85
M	BEDART	Corentin	ICPAL	86
M.	BOCHU	Christophe	Biophysique - RMN	85
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie	86
M.	BOSC	Damien	Chimie thérapeutique	86
Mme	BOU KARROUM	Nour	Chimie bioinorganique	
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie	87
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire	87
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	CHARTON	Julie	Chimie organique	86
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique	86

Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques	85
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques	27
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique	86
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	FLIPO	Marion	Chimie organique	86
M.	FRULEUX	Alexandre	Sciences végétales et fongiques	
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie	87
Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique	86
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques	26
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie	86
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie	87
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie	87
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique	85
Mme	LEHMANN	Hélène	Droit et Economie pharmaceutique	86

Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	LIBERELLE	Maxime	Biophysique - RMN	
Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques	26
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie	86
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
M.	MENETREY	Quentin	Bactériologie - Virologie	87
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques	85
M.	PIVA	Frank	Biochimie	85
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique	86
M.	POURCET	Benoît	Biochimie	87
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / Innovations pédagogiques	85
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique	86
Mme	ROGEL	Anne	Immunologie	
M.	ROSA	Mickaël	Hématologie	87
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie	86
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie	87
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie	87
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale	87

M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie	87
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Chimie organique	86
M.	WELTI	Stéphane	Sciences végétales et fongiques	87
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique	86
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques	85

Professeurs certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mme	KUBIK	Laurence	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeurs Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BAILLY	Christian	ICPAL	86
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Chimie thérapeutique	86
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie pharmaceutique	86

Maîtres de Conférences Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M	AYED	Elya	Pharmacie officinale	
M.	COUSEIN	Etienne	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques	85
Mme	DANICOURT	Frédérique	Pharmacie officinale	
Mme	DUPIRE	Fanny	Pharmacie officinale	
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques	85
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	85
Mme	GEILER	Isabelle	Pharmacie officinale	
M.	GILLOT	François	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	MITOUMBA	Fabrice	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	86
M.	PELLETIER	Franck	Droit et Economie pharmaceutique	86
M	POTHIER	Jean-Claude	Pharmacie officinale	
Mme	ROGNON	Carole	Pharmacie officinale	

Assistants Hospitalo-Universitaire (AHU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BOUDRY	Augustin	Biomathématiques	
Mme	DERAMOUDT	Laure	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
M.	GISH	Alexandr	Toxicologie et Santé publique	
Mme	NEGRIER	Laura	Chimie analytique	

Hospitalo-Universitaire (PHU)

	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	DESVAGES	Maximilien	Hématologie	
Mme	LENSKI	Marie	Toxicologie et Santé publique	

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	BERNARD	Lucie	Physiologie	
Mme	BARBIER	Emeline	Toxicologie	
Mme	COMPAGNE	Nina	Chimie Organique	
Mme	COULON	Audrey	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
M.	DUFOSSEZ	Robin	Chimie physique	

Mme	FERRY	Lise	Biochimie	
M	HASYEOUI	Mohamed	Chimie Organique	
Mme	HENRY	Doriane	Biochimie	
Mme	KOUAGOU	Yolène	Sciences végétales et fongiques	
M	LAURENT	Arthur	Chimie-Physique	
M.	MACKIN MOHAMOUR	Synthia	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
Mme	RAAB	Sadia	Physiologie	

Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	DELOBEAU	Iris	Pharmacie officinale
M	RIVART	Simon	Pharmacie officinale
Mme	SERGEANT	Sophie	Pharmacie officinale
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

LRU / MAST

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FRAPPE	Jade	Pharmacie officinale
M	LATRON-FREMEAU	Pierre-Manuel	Pharmacie officinale
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique

CYCLE DE VIE DU DOCUMENT

Version	Modifié par	Date	Principales modifications
1.0		20/02/2020	Création
2.0		02/01/2022	Mise à jour
2.1		21/06/2022	Mise à jour
2.2		01/02/2024	Mise à jour
2.3		15/11/2024	Mise à jour
2.4		18/02/2025	Mise à jour

UFR3S-Pharmacie

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

UFR3S-Pharmacie - 3, rue du Professeur Laguesse - 59000 Lille
T. +33 (0)3 20 96 40 40 - https://pharmacie.univ-lille.fr

REMERCIEMENTS

A Madame le Professeur Yasmine SEBTI, je vous adresse mes plus sincères remerciements pour l'honneur que vous me faites en acceptant de présider mon jury. Je vous suis profondément reconnaissante de l'attention et de l'intérêt que vous avez accordés à mon travail.

A Madame le Professeur Julie DUMONT, je vous suis sincèrement reconnaissante d'avoir accepté de diriger cette thèse. Merci pour votre accompagnement, vos conseils et votre disponibilité tout au long de ce travail. Ce fut un honneur et un véritable plaisir de travailler avec vous.

Au Docteur Delphine PREVOT, un grand merci pour tes précieux conseils tout au long de ces années, ainsi que pour ta présence constante sur laquelle j'ai toujours pu compter. Tu as été un véritable soutien tout au long de mon parcours.

A l'ensemble de l'équipe de la pharmacie de Famars, où j'ai eu la chance d'effectuer mes stages : François, Delphine, Ophélie, Anne-Sophie, Anne-Michèle, Cécile, Patrick et Mathilde. Merci pour votre accueil, votre disponibilité et pour tout ce que vous m'avez appris au cours de ces années. Merci également pour les bons moments partagés, votre bonne humeur et l'ambiance conviviale qui ont rendu cette expérience aussi enrichissante qu'agréable.

A Inès, depuis le collège et nous voilà maintenant ici. Deux années de coloc durant lesquelles nous avons tant ri, partagé des soirées mémorables, et où tu m'as régalée avec tes délicieuses recettes. Tant de souvenirs précieux à garder avec moi !

A mes amies de fac, sans qui ces années n'auraient pas été les mêmes, pour tous les moments partagés et nos vacances inoubliables.

A Lou et Louison, merci d'être arrivées sur mon chemin en deuxième année. Les révisions interminables à Rousseau tout comme les soirées qui n'en finissaient plus, vont vraiment nous manquer… Lou, notre année à Rousseau restera inoubliable, quelle année de folie ! Nous avons toujours su être là les unes pour les autres. Merci d'avoir toujours été présentes, vous êtes bien plus que des amies maintenant.

Le Team Daniel Contet, vous m'avez appris la rigueur et la persévérance. Toutes ces heures passées sur le terrain, entre le physique, les entraînements et les coachings mentaux de Daniel, ont vraiment façonné mon parcours. Le tennis m'a mis sur votre chemin, et vous faites aujourd'hui partie intégrante de ce que je suis devenue ! Une grosse pensée à toi, Daniel.
A Auréa, ma professeur principale pendant ces trois années au Team, c'est aussi grâce à vous que j'en suis là aujourd'hui. Vos précieux conseils, votre soutien constant et tout ce que vous avez donné pour nous resteront gravés dans ma mémoire. Je ne l'oublierai jamais.

A toute ma famille, merci d'être présents à mes côtés. Votre soutien et votre présence me sont précieux. Une pensée particulière pour toi, tonton Patrick. J'espère que tu es fier de là-haut. Tu nous manques énormément.

A Corentin, c'est notre passion commune pour le tennis qui a croisé nos chemins, et quelle chance pour moi. Merci pour ta patience, ton amour et pour tout ce que tu fais au quotidien. Ta présence à mes côtés m'est très précieuse.

A mon père, merci pour absolument tout. Pour toutes ces heures que tu m'as consacrées, pour ton soutien indéfectible tout au long de mes études, et plus particulièrement en première année pour le concours. Merci aussi de m'avoir transmis ta passion pour le sport, pour le tennis, qui m'a forgée, ainsi que ton intérêt pour le domaine médical.

A ma mère, merci d'avoir toujours été là pour moi. Que ce soit pour les études, le sport ou les tournois, tu m'as toujours soutenue. Merci pour tout.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS **15**
TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX **21**
TABLE DES ABREVIATIONS **22**
INTRODUCTION **23**
Partie 1 : Aspects physiopathologiques et métaboliques du diabète de type 1 chez l'athlète de haut niveau **24**
I. Physiopathologie du DT1 ..... **24**
I.1. Définition 24
I.2. L'insuline 25
I.3. Réaction auto-immune 25
I.4. Facteurs génétiques 26
I.5. Facteurs environnementaux 28
I.6. Aspects cliniques 30
II. Conséquences du DT1 chez l'athlète **31**
II.1. Impact sur la glycémie pendant l'effort physique 31
II.2. Risques d'hypoglycémie 32
II.3. Risques d'hyperglycémie 32
III. Effets des variations de la glycémie sur la performance sportive **33**
IV. Métabolisme énergétique pendant l'exercice **34**
IV.1. Effort aérobie et anaérobie : adaptations métaboliques distinctes 34
IV.1.1. L'effort aérobie 34
IV.1.1. L'effort anaérobie 35
IV.2. Utilisation de substrats énergétiques 35
IV.2.1. Glycogène musculaire 36
IV.2.2. Glucose sanguin 36
IV.2.3. Acides gras 36
IV.2.4. A la suite d'un effort 37
V. Variabilité des réponses physiologiques en fonction de l'intensité et de la durée de l'effort **37**
V.1. Effort modéré 37
V.2. Effort intense 37
V.3. Durée de l'effort 38
VI. Limites physiologiques et possibilités d'optimisation **38**
VI.1. Fluctuations glycémiques 38
VI.2. Altérations musculaires, fonction mitochondriale et récupération 39
VI.3. Psychologie, charge mentale et organisationnelle 39
VI.4. Complications chroniques et impact à long terme 40
Partie 2 : Gestion du diabète et approches pharmacologiques chez l'athlète de tennis de haut niveau **42**
I. Insulinothérapie et ses ajustements **42**
I.1. Modes d'administration 42
I.1.1. Les injections sous-cutanées 42

I.1.2. La pompe à insuline externe..... 43
I.1.3. La pompe à insuline implantable..... 43
I.1.4. Autres voies d'administration..... 44
I.2. Les différents types d'insuline..... 44
I.2.1. Les insulines rapides..... 45
I.2.2. Les insulines intermédiaires et lentes..... 46
I.3. Schémas thérapeutiques courants..... 47
I.3.1. Les principaux schémas utilisés..... 48
I.3.2. Modalité par pompe à insuline..... 48
I.3.3. Surveillance, adaptation et valeurs cibles..... 48
I.4. Statut de l'insuline dans le sport..... 49
II. Utilisations de nouvelles technologies..... 49
II.1. Capteurs de glycémie en continu (CGM)..... 49
II.1.1. Exemple : le Freestyle Libre 2 (Abbott)..... 50
II.1.2. Intérêt des CGM..... 51
II.2. Pompes à insuline..... 52
II.2.1. Composants..... 52
II.2.2. Modes d'utilisation..... 53
II.2.3. Avantages pour l'athlète..... 53
II.3. Systèmes combinant CGM et pompe : vers la boucle fermée (pancréas artificiel). 54
II.4. Les stylos connectés..... 55
III. Gestion des glycémies avant, pendant et après l'effort..... 56
III.1. Les exigences du tennis..... 56
III.1.1. Nature intermittente du jeu..... 56
III.1.2. Influence de la surface et du style de jeu..... 57
III.1.3. Exigences physiologiques..... 57
III.1.4. Facteurs tactiques et stratégiques..... 58
III.1.5. Qualités physique requises..... 59
III.2. Gestion avant l'effort..... 60
III.3. Gestion pendant l'effort..... 61
III.3.1. Surveillance glycémique..... 61
III.3.2. Gestion de l'hypoglycémie..... 61
III.3.3. Gestion de l'hyperglycémie..... 62
III.3.4. Stratégie pratique..... 63
III.4. Gestion après l'effort..... 64
IV. Prise en compte des facteurs nutritionnels et stratégies nutritionnelles spécifiques au tennis..... 65
IV.1. Les macro-nutriments et les micro-nutriments..... 65
IV.1.1 Les glucides..... 65
IV.1.2. Les protéines..... 65
IV.1.3. Les lipides..... 66
IV.1.4. Les micro-nutriments..... 66
IV.2. Timing des repas et ajustements spécifiques..... 68

IV.3. Stratégies spécifiques au tennis....69
V. Prise en compte des facteurs psychologiques et du stress....70
V.1. Mécanismes physiologiques du stress....70
V.2. Particularités du tennis : intensité émotionnelle, exigences tactiques et impact cognitif....71
VI. Gestion des situations d'urgence....72
VI.1. Définition et symptômes....72
VI.2. Prise en charge immédiate....73
VI.3. Prise en charge des hypoglycémie sévères....73
VII. Coordination avec l'équipe médicale et sportive....74
VII.1. Accès aux équipes médicales dans le tennis professionnel....74
VII.2. Enjeux d'une équipe médicale dédiée pour un joueur diabétique....75
VII.3. Composition et rôle d'une équipe médicale pluridisciplinaire....76
VII.4. Modalités de coordination entre le sportif, l'équipe médicale et l'équipe sportive 76
VII.5. Réduction de la charge mentale pour le joueur....77
VIII. Illustration par des parcours de sportifs de haut niveau et par un témoignage clinique....77
VIII.1. Le cas d'Alexander Zverev....78
VIII.2. Le cas de Jordi Aragone....79
VIII.3. Comparaison des deux parcours....80
VIII.4. Cas clinique d'un patient diabétique engagé dans une pratique tennistique amateur....81
Partie 3 : Le rôle du pharmacien d'officine....85
I. Conseils et suivi thérapeutique individualisés....85
I.1. Ajustements des doses et conseils pratiques....85
I.2. Prévention des erreurs médicamenteuses....86
I.3. Education thérapeutique du patient....87
II. Education à l'utilisation des dispositifs médicaux....88
II.1. Information et orientation....88
II.2. Explications et fonctionnement de dispositifs....89
II.2.1. Surveillance glycémique....89
II.2.1.1. Mesure de la glycémie sur gouttelette de sang....89
II.2.1.2. Capteur de mesure continue du glucose....91
II.2.2. Administration par injections multiples....92
II.2.3. Pompe à insuline....94
II.3. Sécurisation et gestion des situations particulières....96
II.3.1. Prévention et traitement de l'hypoglycémie....96
II.3.2. Détection de l'hyperglycémie et contrôle de la cétonurie....96
II.3.3. Conduite à tenir en cas de problème technique....97
II.3.3.1. Pompe à insuline....97
II.3.3.2. CGM....98
II.4. Suivi éducatif et adaptation....98
III. Gestion des déchets....99
III.1. Catégorisation des déchets....99

III.2. Réglementation et gestion pratique....99
IV. Pharmacovigilance et matériovigilance....100
IV.1. Suivi des effets indésirables liés à l'insuline....101
IV.2. Suivi des dispositifs médicaux....102
IV.3. Rôle du pharmacien dans la déclaration....102
V. Prévention des complications chroniques....103
V.1. Suivi médical régulier....103
V.2. Rôle central du pharmacien....104
V.3. Contrôle de l'hémoglobine glyquée (HbA1c)....104
V.4. Bilan annuel pluridisciplinaire....104
V.5. Cas des sportifs de haut niveau....104
VI. Collaboration avec l'équipe médicale et sportive....105
VI.1. Un professionnel accessible et intégré aux besoins quotidiens du sportif....106
VI.1.1. Point d'entrée dans le parcours de soins du sportif....106
VI.1.2. Un lien déjà existant et reconnu par les entraîneurs....106
VI.2. Acteur essentiel de la prévention et de la sécurité sportive....107
VI.2.1. Une implication forte dans la prévention des blessures....107
VI.2.2. Education thérapeutique du sportif et de son encadrement....107
VI.3. Gestion des compléments alimentaires et prévention du dopage....108
VI.3.1. Expertise sur les compléments alimentaires et prévention du dopage....108
VI.3.2. Prévention du dopage involontaire....108
VI.4. Collaboration structurée avec les professionnels de santé....108
VI.4.1. Un membre complémentaire de l'équipe médicale....108
VI.4.2. Formation croisée et enrichissement mutuel....109
VII. Rôle dans la gestion des voyages et des compétitions internationales....110
VII.1. Gestion avant et pendant le voyage....110
VII.2. Gestion lors des compétitions....113
VII.3. Suivi post-compétition....113
CONCLUSION....115
BIBLIOGRAPHIE....117

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : réaction auto-immune du DT1
Figure 2 : stades cliniques du DT1
Figure 3 : structure de l'insuline
Figure 4 : structure des insuline rapides
Figure 5 : structure des insulines lentes
Figure 6 : capteur Freestyle Libre 2
Figure 7 : différences entre la mesure en continu du glucose et la mesure par glycémie capillaire
Figure 8 : schéma d'une pompe à insuline externe
Figure 9 : kit Glucagen®

Tableau 1 : gènes associés au risque de développer un diabète de type 1 selon les études d'association pangénomiques
Tableau 2 : Avantages et inconvénients des injections multiples
Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la pompe à insuline externe
Tableau 4 : Avantages et inconvénients des pompes implantables
Tableau 5 : schémas des injections multiples
Tableau 6 : Qualités physiques requises au tennis
Tableau 7 : Supplémentation en glucides en fonction de la glycémie et du type d'effort
Tableau 8 : Ajustement des repas
Tableau 9 : Parcours de Zverev et Aragone
Tableau 10 : Gestion des injections d'insuline lors d'une compétition à l'étranger
Tableau 11 : Cas pratique d'ajustement des injections d'insuline lors d'une compétition à l'étranger

TABLE DES ABREVIATIONS

DT1 : Diabète de Type 1
DT2 : Diabète de Type 2
ALD : Affection de Longue Durée
HLA : Antigènes Leucocytaires humains
HLA-DR : Human Leukocyte Antigen - DR isotype
HLA-DQ : Human Leukocyte Antigen - DK isotype
VNTR : Variable Number of Tandem Repeats
VP1 : Viral Protéin 1
ARN : Acide Ribonucléique
GAD : Acide Glutamique Décarboxylase
IA-2 : Insulinoma-associated Antigen 2
ZnT8 : Zinc transporter 8
HGPO : Hyperglycémie Provoquée par Voie Orale
GLUT4 : glucose transporter 4
ATP : Adénosine-Triphosphorique
ADP : Adénosine-DiPhosphate
VO_2 : Volume d'Oxygène
CMG : Mesure Continue du Glucose
AMA : Agence Mondiale Antidopage
AUT : Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques
ISSN : Société Internationale de Nutrition Sportive
ETP : Entretien Thérapeutique du Patient
HPA : Axe Hypothalamo-hypophyso-surrénalien
CRH : Corticotropin-Releasing Hormone
ACTH : Hormone Adrénocorticotrope
PLS : Position Latérale de Sécurité
HAS : Haute Autorité de Santé
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
TDM : Tomodensitométrie
DASRI : Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DEEE : Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques
ANSM : Agence Nationale du Médicament
OMEDIT : Observatoire du Médicament, des Dispositifs Médicaux et de l'Innovation Thérapeutique
CRPV : Centre régionale de Pharmacovigilance
AINS : Anti-Inflammatoire Non Stéroïdiens
WADA : World Anti-Doping Agency

INTRODUCTION

Le diabète de type 1 (DT1), ou diabète insulino-dépendant, est une maladie auto-immune d'origine multifactorielle causée par des facteurs génétiques et des facteurs environnementaux. Il se manifeste le plus souvent durant l'enfance ou l'adolescence. Cette pathologie est caractérisée par une hyperglycémie chronique due à une destruction des cellules bêta du pancréas, responsables de la production d'insuline, rendant nécessaire un apport exogène d'insuline tout au long de la vie pour maintenir un équilibre glycémique.

Chez les athlètes, et plus particulièrement ceux de haut niveau, cette régulation glycémique représente un enjeu majeur, tant sur le plan physique que psychologique. En plus des exigences physiques et de la recherche constante de performance, la gestion de cette pathologie implique une grande rigueur personnelle et une attention constante aux variations glycémiques. Les changements d'activité physique, le stress, la fatigue et l'alimentation peuvent tous affecter rapidement cette glycémie. Dans le cas du tennis de haut niveau, ces défis sont accentués par la nature des efforts fournis : alternance entre efforts intenses et prolongés, phases explosives avec des périodes d'endurance, le tout imposant des exigences cardiovasculaire et métaboliques spécifiques.

Pour parvenir à concilier la gestion de leur pathologie et l'atteinte de leurs objectifs, les athlètes diabétiques de type 1 doivent souvent bénéficier d'un soutien externe et d'une prise en charge multidisciplinaire. Un accompagnement par des équipes médicales, des nutritionnistes, des entraîneurs spécialisés et des psychologues s'avère essentiel pour assurer une prise en charge complète et personnalisée.

Dans ce cadre, le pharmacien d'officine occupe une place centrale et souvent sous-estimée. Professionnel de santé de proximité, il intervient à différents niveaux de la prise en charge du DT1, notamment par l'éducation thérapeutique, le conseil personnalisé sur les traitements, la prévention des erreurs médicamenteuses et l'accompagnement à l'observance. Chez les sportifs de haut niveau, son rôle s'étend également à l'adaptation des traitements aux contraintes de l'effort physique, à la gestion des situations à risque et à l'information sur les produits de santé compatibles avec la pratique sportive et la réglementation antidopage.

Cette aide extérieure contribue non seulement à la gestion physique de la maladie, mais aussi au soutien psychologique des athlètes, ce qui est crucial dans un contexte de performance élevée et de forte exigence mentale. La prise en charge du DT1 s'impose donc comme un facteur déterminant dans l'optimisation de la performance sportive, contribuant directement à l'atteinte des objectifs des athlètes.

Ainsi, bien que la combinaison de DT1 et de sport de haut niveau puisse sembler difficile, plusieurs athlètes de tennis parviennent à optimiser leur performance en adaptant minutieusement la gestion de leur maladie. Cette thèse a pour objectif d'explorer les stratégies adoptées par ces athlètes pour équilibrer leurs besoins glycémiques avec les exigences de performance et d'adaptation que requiert le tennis de haut niveau.

Partie 1 : Aspects physiopathologiques et métaboliques du diabète de type 1 chez l'athlète de haut niveau

I. Physiopathologie du DT1

I.1. Définition

En France, entre 10 et 15 % des personnes diabétiques présentent un diabète de type 1. Bien que cette forme de la maladie apparaisse généralement avant l'âge de 35 ans, elle peut survenir à tout âge. Chez les enfants de moins de 15 ans, l'incidence atteint 7,8 pour 100 000 par an, un taux qui a fortement augmenté au cours des dernières décennies. (1)

Le DT1 ou diabète insulino-dépendant est une maladie auto- immune chronique. Elle entraîne une destruction spécifique des cellules bêta du pancréas, responsables de la production d'insuline sans affecter les autres cellules endocrines du pancréas. Cette carence absolue en insuline provoque une hyperglycémie chronique, source de complications graves, notamment au niveau des vaisseaux sanguins et des nerfs, ainsi que d'un risque de coma hyperglycémique (acidocétose).

La maladie est souvent diagnostiquée lorsque les symptômes apparaissent soudainement. Les signes cliniques initiaux rencontrés incluent une soif excessive, une augmentation du besoin d'uriner, une perte de poids malgré un appétit accru, une fatigue intense, des troubles visuels transitoires, une fonte musculaire (quadriceps). (1)
Le diagnostic est confirmé par une prise de sang lorsque :
- la glycémie est supérieure à 2 g/l à n'importe quel moment de la journée en présence de symptômes,
- ou bien la glycémie à jeun est égale ou supérieure à 1,26 g/l, mesurée à deux reprises en l'absence de symptômes.

Le DT1 est classé parmi les Affections de Longue Durée (ALD), permettant une prise en charge à 100 % des soins et examens associés. Contrairement au diabète de type 2 (DT2), il n'est pas lié au mode de vie ou à l'alimentation, mais résulte d'une interaction complexe entre des facteurs génétiques et environnementaux qui déclenchent le processus auto-immun.

Pour mieux comprendre cette maladie, il est essentiel de s'intéresser à la molécule qui en est au coeur : l'insuline

I.2. L'insuline

L'insuline est une hormone peptidique essentielle dotée d'un effet hypoglycémiant. Elle est sécrétée par les cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas en réponse à une augmentation de la concentration de glucose dans le sang. Chez une personne non diabétique, l'insuline est libérée de manière continue en petites quantités, jouant un rôle primordial dans la régulation de la glycémie.
Les principales fonctions de l'insuline sont les suivantes :

- Régulation de la glycémie : Elle facilite l'entrée du glucose dans les cellules du corps, permettant ainsi sa transformation en énergie.
- Stockage du glucose : L'insuline favorise le stockage du glucose dans le foie et les muscles sous forme de glycogène, ainsi que dans les tissus adipeux sous forme de lipides.

Chez une personne atteinte de DT1, la production d'insuline est déficiente voire inexistante en raison de la destruction des cellules bêta pancréatiques. (2)

L'origine de ce déficit et de cette destruction trouve son origine dans une réaction auto-immune.

I.3. Réaction auto-immune

Dans le DT1, une réaction auto-immune dirigée contre les cellules bêta du pancréas se met en place via une série de processus impliquant des cellules du système immunitaire. Normalement, les cellules dendritiques captent des débris cellulaires et présentent des fragments peptidiques (antigènes) à leur surface dans un contexte de tolérance immunitaire. En temps normal, les lymphocytes T ne reconnaissent pas les antigènes des cellules bêta, maintenant ainsi un état de tolérance.

Cependant, en réponse à certains facteurs environnementaux encore mal compris, des cellules immunitaires innées s'accumulent dans le pancréas et libèrent des cytokines inflammatoires, signalant un état de « danger ». Ce signal modifie la réponse des lymphocytes T CD4+, qui adoptent un rôle de type effecteur ou pathogène au lieu de tolérant. Ces lymphocytes T CD4+ activent alors d'autres cellules immunitaires, y compris les lymphocytes B pour produire des auto-anticorps spécifiques (anti-insuline, GAD, IA-2, ZnT8) et recrutent des lymphocytes T CD8+ cytotoxiques. Ces lymphocytes T CD8+ reconnaissent les antigènes bêta et migrent vers les îlots pancréatiques pour détruire les cellules bêta causant la perte de la capacité de l'organisme à produire de l'insuline.
La réaction auto-immune repose sur trois éléments clés : la présence de lymphocytes T auto-réactifs, la disponibilité des antigènes bêta, et un environnement inflammatoire propice à la réponse immunitaire. (3) (figure 1)

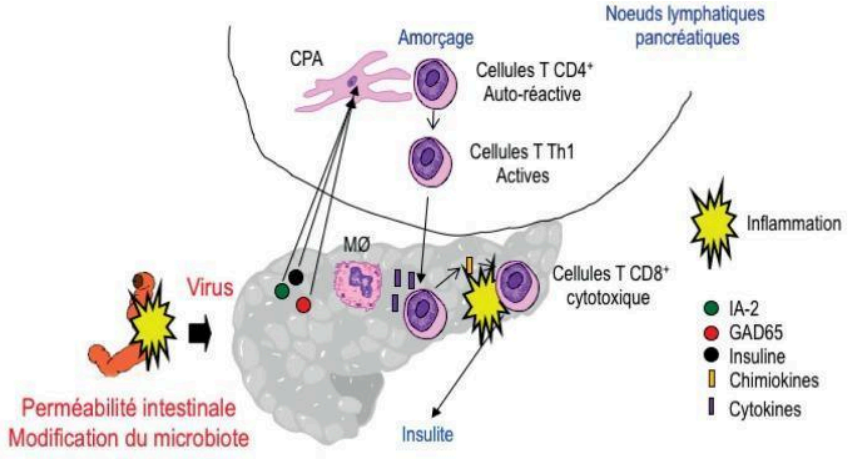

Figure 1 : Réaction auto-immune du DT1 (4)

La réaction auto-immune observée dans le diabète de type 1 ne survient pas au hasard : elle est en grande partie influencée par une prédisposition génétique.

I.4. Facteurs génétiques

Plusieurs observations ont conduit à l'hypothèse d'une contribution des facteurs génétiques au développement du DT1. Premièrement, la plupart des études épidémiologiques du DT1 a révélé des différences significatives dans les caractéristiques génétiques, immunologiques, métaboliques et cliniques du DT1 chez les personnes d'origines ethniques différentes. Deuxièmement, le risque de développer la maladie est 15 fois plus élevé chez les apparentés des personnes atteintes de DT1. (5) Il est intéressant de noter que le risque pour un enfant dépend de l'ascendance parentale : il est d'environ 3 % si la mère est atteinte et d'environ 6 % si le père est atteint. (6)

Mais ces chiffres restent bien inférieurs à ceux des maladies purement génétiques, soulignant l'importance des facteurs environnementaux dans le développement du DT1. Les études de jumeaux ont en effet observé une discordance de 30 à 70% entre jumeaux monozgotes suggérant que contrairement aux maladies monogéniques, il n'existe pas d'anomalie génétique unique directement responsable. (5) En revanche, un terrain génétique prédisposant peut augmenter la susceptibilité aux processus auto-immuns qui conduisent à la destruction des cellules bêta du pancréas.

Plus de 50 gènes ou régions génétiques ont été identifiés comme impliqués dans la prédisposition au DT1 avec notamment un rôle central du système HLA (Human Leukocyte Antigen) représentant environ 50 % de la prédisposition génétique.

- Les groupes HLA-DR3 et HLA-DR4 sont présents chez 90 % des personnes atteintes, contre 50 % dans la population générale.
- Un tiers des personnes diabétiques possèdent une combinaison spécifique : HLA-DR3/DR4.
- La prédisposition est particulièrement marquée lorsque les groupes HLA-DQ sont impliqués. Le risque est le plus élevé avec la combinaison HLA-DR3-DQ2 et HLA-DR4-DQ8.

- À l'inverse, certaines associations, comme HLA-DR15 et HLA-DQ6, ont un effet protecteur contre le DT1. (7)

Outre le système HLA, le polymorphisme d'un minisatellite (VNTR – Variable Number Tandem Repeat) du promoteur du gène de l'insuline expliquerait 10 à 20% de la susceptibilité génétique du DT1. (8) Un nombre de répétitions plus faible (allèle VNTR court de classe I) serait associé à un risque accru de DT1 tandis qu'un nombre de répétitions plus élevé (allèle VNTR long de classe III) protégerait de la maladie. Les allèles VNTR courts seraient responsables d'un risque accru de DT1 car ils favoriseraient la présentation de la proinsuline dans le thymus.

D'autres facteurs génétiques contribuent également au DT1 bien que leur impact soit moindre. Ces gènes ont pu être identifiés à partir des années 2000 par les études d'associations pangénomiques, qui comparent la fréquence de millions de variations génétiques réparties sur tout le génome entre individus atteints de DT1 et individus non atteints. Une cinquantaine de déterminants génétiques du DT1 a ainsi pu être listée. (tableau 1)

Nom du gène	Fonction connue du gène
BACH2	Régulation des voies apoptotiques induites par les cytokines pro-inflammatoires dans les cellules β pancréatiques (interaction avec PTPN2)
C1QTNF6	Participation à la voie de signalisation BCR/cytotoxicité
CCR5	Développement des cellules T/signalisation induite par les chimiokines
CD226	Modulation de la sélection des cellules T thymiques Impact sur l'activation et la fonction des cellules T CD8+ mémoires/effectrices périphériques Réduction des fonctions régulatrices des Treg
CD69	Participation à l'activation précoce des lymphocytes Limitation de la réponse inflammatoire Influence sur la signalisation des cellules NK
CLEC16A	Régulation de la mitophagie pour le contrôle de la qualité mitochondriale Implication possible dans la fragilité des cellules β
COL6A6	/
CTLA4	Contrôle de la prolifération des Treg au niveau périphérique Régulation de l'auto-immunité pancréatique
CTSH	Régulation des cytokines à l'intérieur des cellules β pour la transduction du signal pro-apoptotique
ERBB3	Modulation de la présentation des antigènes Modulation de l'apoptose des cellules β induite par les cytokines
GLIS3	Implication dans la génération des cellules β, l'expression de l'insuline Maintien des fonctions et de la masse des cellules β Effets antiapoptotiques
HIP14	Régulation de l'apoptose des cellules β et de la sécrétion d'insuline
IFIH1	Implication dans la réponse interféron du système immunitaire inné à certains virus Participation à la réponse des cellules β à l'ARN double brin viral
IKZF1	Régulation du développement des cellules immunitaires
IL2/IL21	Influence sur la différenciation des cellules T(h) et la réponse inflammatoire
IL27	Modulation des sous-ensembles de cellules T et régulation de la réponse inflammatoire
IL2RA	Anomalies dans la sensibilité à l'IL2, qui est essentielle à la fonction des cellules T régulatrices Modification potentielle de l'équilibre entre les Treg et les Teff
IL7R	Implication dans la liaison aux antigènes, la production d'Ig et la cytotoxicité.
MRPS21-	/
NRIR	Régulateur négatif de la réponse à l'interféron.
PRKCQ	Influence sur la fonction des lymphocytes T, l'apoptose et la réponse immunitaire innée.
PTPN2	Induction de l'apoptose des cellules β après interaction avec l'interféron. Influence sur la réponse des cellules β à l'ARN double brin viral.
PTPN22	Participation à la voie de signalisation du récepteur des lymphocytes T.
SH2B3	Participation à la signalisation des facteurs de croissance et des cytokines
STX4	Associé à la sécrétion d'insuline Régulation à la baisse de l'expression des gènes de chimiokines associés à l'inflammation et à l'apoptose des îlots pancréatiques Diminution de la translocation et de l'activation du NF-kB, entraînant une diminution de l'apoptose
TASP1	Clivage de la protéine MLL, nécessaire à l'expression correcte du gène HOX
TNFAIP3	Régulation à la baisse de la voie apoptotique intrinsèque Régulation des niveaux d'expression de ZnT8 Essentiel à la production et à la sécrétion d'insuline
TYK2	Régule la réponse des cellules β aux cytokines Médie la réponse à l'interféron en relation avec la résistance à diverses infections Médie les réactions immunitaires de type Th1 et Th17
UBASH3A	Régule à la baisse la voie de signalisation NF-kB lors de la stimulation du récepteur des cellules T, réduisant ainsi l'expression de l'IL2

Tableau 1 : Gènes associés au risque de développer un diabète de type 1 selon les études d'association pangénomiques. (9)

I.5. Facteurs environnementaux

Le DT1 résulte de l'interaction complexe entre des facteurs génétiques et environnementaux, ces derniers étant nécessaires pour déclencher la réaction auto-immune. Bien que les mécanismes exacts restent encore mal compris, de nombreuses

études suggèrent que certains facteurs environnementaux peuvent faciliter « l'erreur » du système immunitaire.

Parmi ces facteurs, les infections virales occupent une place centrale. Le virus le plus fréquemment impliqué est le coxsackie B, un entérovirus, mais d'autres virus, tels que la rubéole, la rougeole, le cytomégalovirus, le virus d'Epstein-Barr ou le varicelle-zona, ont également été associés à des réponses auto-immunes. Dans certains cas, des anticorps dirigés contre ces virus ont été détectés après l'infection, et exceptionnellement, certains virus ont même été retrouvés dans le pancréas de patients atteints de DT1. Le mécanisme proposé repose sur un mimétisme moléculaire : certaines protéines virales ressemblent aux antigènes des cellules β, ce qui pourrait induire une activation erronée du système immunitaire et entraîner l'attaque des cellules. (6)

Une étude de détection du virus du diabète a examiné pour la première fois le tissu pancréatique frais de patients adultes récemment diagnostiqués, à la recherche d'entérovirus. Une résection minimale de la queue du pancréas a été réalisée 3 à 9 semaines après le diagnostic chez six patients âgés de 24 à 35 ans. La présence de la protéine de capside entérovirale VP1 et l'expression du HLA de classe I ont été analysées par immunohistochimie, tandis que l'ARN d'entérovirus a été recherché dans les îlots pancréatiques et le tissu entier. Les résultats ont montré que VP1 était détectée dans les îlots de tous les patients diabétiques (contre deux sur neuf pour les témoins non diabétiques), que le HLA de classe I était hyper exprimé dans tous les patients (un sur neuf témoins), et que l'ARN d'entérovirus était présent chez quatre patients sur six (aucun sur six témoins). Ces données confirment la présence d'entérovirus dans les îlots pancréatiques de patients diabétique, suggérant qu'une infection entérovirale de bas grade pourrait contribuer à la progression de la maladie. (10)

Par ailleurs, la fréquence du diabète augmente avec l'amélioration du niveau d'hygiène ce qui conduit à l'hypothèse selon laquelle une exposition réduite aux agents infectieux pourrait limiter la stimulation précoce du système immunitaire, affecter sa maturation et accroître la susceptibilité aux maladies auto-immunes. (7)

D'autres facteurs environnementaux, tels que la nutrition (introduction précoce des protéines du lait de vache ou du gluten) ou certains éléments comme la vitamine D ou des toxiques, ont été étudiés, mais aucune preuve probante n'a encore pu établir leur rôle exact dans le déclenchement du DT1. (7)

Enfin, il convient de préciser que certaines maladies infectieuses ou du stress qui précèdent parfois de quelques semaines l'apparition du diabète, n'ont rien à voir avec les mécanismes de destruction des cellules β. Ces évènements peuvent tout au plus avancer légèrement l'apparition du diabète en augmentant les besoins en insuline que le pancréas n'est plus capable de produire. De même, aucune étude n'a pu établir que les vaccinations augmentent le risque de diabète. (7)

I.6. Aspects cliniques

Le diagnostic du DT1 peut être établi avant les symptômes cliniques grâce à la détection d'auto-anticorps dirigés contre les antigènes des cellules β (insuline, GAD, IA-2, ZnT8). (11)

La progression de la maladie se déroule en trois stades (figure2)

- Stade 1 : Présence d'au moins deux auto-anticorps, signalant une auto-immunité active. L'individu est asymptomatique. Ce stade témoigne du processus de destruction actif des cellules β. Un pré-stade 1, caractérisé par un seul auto-anticorps, peut précéder ce stade, avec un risque de progression variable selon l'apparition d'autres auto-anticorps.
- Stade 2 : Se définit par l'apparition d'altérations biologiques de l'insulinosécrétion associées aux marqueurs d'auto-immunité. On a des hyperglycémies transitoires détectables aux temps précoces d'un test d'hyperglycémie provoquée par voie orale (HGPO).
- Stade 3 : Insulinopénie profonde avec hyperglycémie persistante à jeun et postprandiale. C'est là qu'apparaissent les manifestations cliniques.

Les stade 1 et 2 asymptomatiques précoces débutent des mois ou des années avant les manifestations cliniques du stade 3. La détection d'au moins 2 auto-anticorps marque donc l'entrée dans la maladie, même si encore infraclinique.

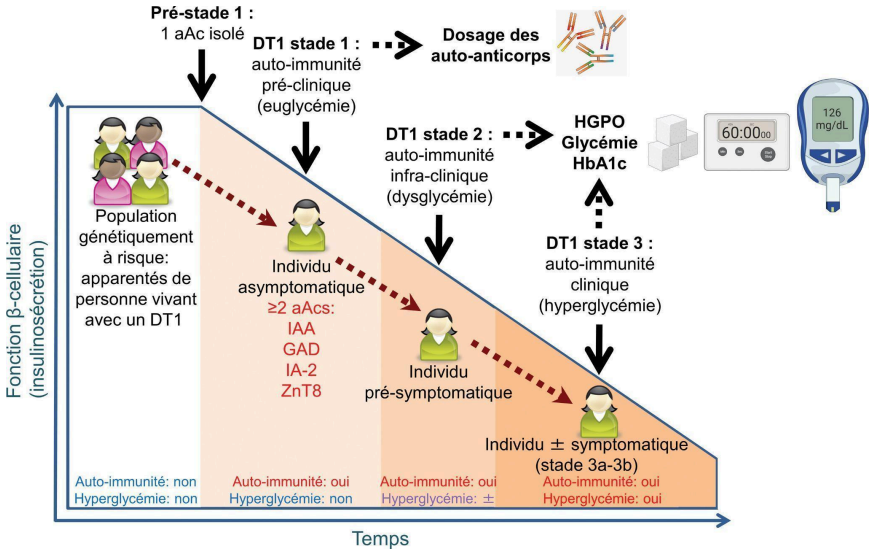

Figure 2 : Stades cliniques du DT1 (11)

Les facteurs environnementaux interviennent principalement avant ou pendant le stade 1, jouant un rôle déclencheur dans l'activation de la réponse auto-immune chez des individus génétiquement prédisposés.

Les marqueurs diagnostiques diffèrent selon le stade : auto-anticorps au stade 1 et des marqueurs métaboliques (HGPO, glycémie, HbA1c) aux stades 2 et 3. La détection de

plusieurs auto-anticorps signale un DT1 préclinique, nécessitant un diagnostic précoce plutôt qu'un simple dépistage de risque. (11)

Après avoir décrit les principaux aspects cliniques du DT1, il est important d'examiner comment cette maladie peut influencer la pratique sportive chez l'athlète.

II. Conséquences du DT1 chez l'athlète

Le DT1 présente des défis particuliers pour les athlètes de haut niveau car il perturbe la gestion de la glycémie, un facteur clé dans la performance physique. Cette condition nécessite une vigilance constante qui peut affecter la performance et la santé de l'athlète.

II.1. Impact sur la glycémie pendant l'effort physique

Lors d'un exercice physique, l'organisme mobilise le glucose pour répondre à l'augmentation des besoins énergétiques des muscles.

Chez une personne non diabétique, cette régulation est assurée par l'insuline endogène, qui favorise l'entrée du glucose dans les cellules et permet une production adaptée de glucose par le foie via la glycogénolyse et la néoglucogenèse. Les hormones de contre-régulation (glucagon, adrénaline, cortisol) augmentent également pour soutenir l'approvisionnement en glucose, tandis que la contraction musculaire induit une surexpression des transporteurs GLUT4, améliorant la captation du glucose même en cas de faible insuline. Les stocks de glycogène musculaires et hépatiques sont mobilisés pour produire de l'énergie, et après l'effort, un apport glucidique est nécessaire pour reconstituer ces réserves.

Chez les individus atteints de DT1, ces mécanismes naturels sont remplacés par l'insuline exogène, administrée par injection ou pompe, qui ne s'adapte pas automatiquement aux variations des besoins pendant l'effort. Cette incapacité de régulation autonome expose à des fluctuations importantes de la glycémie. Un excès d'insuline avant l'effort peut réduire la glycogénolyse et la néoglucogenèse, favorisant l'hypoglycémie pendant et après l'exercice. Par ailleurs, la sensibilité à l'insuline reste élevée plusieurs heures après l'effort, ce qui accroît le transport du glucose vers le muscle et le foie pour reconstituer les réserves de glycogène, mais peut également provoquer une hypoglycémie retardée, parfois nocturne.

À l'inverse, un déséquilibre dans l'insulinothérapie ou un manque d'insuline peut entraîner une hyperglycémie pendant l'effort. L'augmentation des hormones de contre-régulation due à l'intensité ou au stress accentue ce phénomène. En cas de déficit d'insuline, l'activité physique ne réduit pas la glycémie mais peut au contraire l'augmenter et provoquer un risque d'acidocétose. (12)

Comprendre ces mécanismes physiologiques met en évidence l'un des principaux dangers pour l'athlète DT1 : la survenue d'une hypoglycémie, pouvant compromettre ses activités.

II.2. Risques d'hypoglycémie

L'hypoglycémie constitue un risque majeur pour les athlètes diabétiques, en particulier lors d'exercices modérés ou prolongés où les muscles consomment une quantité importante de glucose. Une chute rapide de la glycémie peut survenir pendant l'effort, mais aussi plusieurs heures après l'activité, lorsque l'organisme reconstitue ses réserves de glycogène.

Les manifestations de l'hypoglycémie incluent souvent : tremblements, sudation excessive, fatigue, vertiges et crampes musculaires. Les effets cognitifs sont également préoccupants : concentration réduite, altération de la prise de décision et ralentissement des réflexes. Ces perturbations représentent un danger particulier dans des sports techniques et exigeants comme le tennis, où chaque geste, déplacement et décision nécessite une réactivité immédiate.

Des études récentes ont montré que le type d'exercice, la glycémie et la quantité d'insuline active avant l'activité influencent fortement le risque d'hypoglycémie. Les exercices aérobiques non structurés (marche, randonnée, travail physique) sont associés à un risque plus élevé, tandis que les exercices structurés comme le tennis présentent une probabilité plus faible, probablement parce que les sportifs sont mieux préparés et ajustent leur glycémie et leur insulinothérapie. Le risque augmente également si la glycémie est basse ou en baisse avant l'effort, si des épisodes d'hypoglycémie sont survenus dans les 24 heures précédentes ou si une grande quantité d'insuline active est présente au début de l'exercice. (13)

Pour prévenir l'hypoglycémie, la surveillance régulière de la glycémie, l'ajustement précis des apports en glucides avant et pendant l'effort et l'utilisation de glucides rapides dès l'apparition des symptômes restent essentiels. Chez les athlètes de haut niveau, comme les joueurs de tennis, ces stratégies doivent être combinées à une planification de l'entraînement, à l'évaluation de l'intensité de l'effort et à la prise en compte du stress afin de limiter la baisse du glucose sanguin.

La surveillance attentive de la glycémie ne se limite pas à la prévention de l'hypoglycémie : l'hyperglycémie constitue aussi un autre risque majeur chez l'athlète.

II.3. Risques d'hyperglycémie

Des exercices modérés à prolongés exposent davantage les athlètes diabétiques au risque d'hypoglycémie, tandis qu'un exercice court ou intense peut provoquer une hyperglycémie. Lors d'efforts intenses ou en situation de compétition, la sécrétion accrue d'hormones de stress telles que l'adrénaline et le cortisol stimule la production de glucose par le foie (néoglucogenèse) et inhibe l'action de l'insuline, limitant l'absorption du glucose par les muscles. Cela entraîne une élévation temporaire de la glycémie, particulièrement lors d'activités de haute intensité où la demande énergétique est plus importante.

Les manifestations de l'hyperglycémie comprennent généralement une soif excessive, une fatigue généralisée, une vision floue, des nausées et une fréquence urinaire élevée. Ce déséquilibre métabolique a un impact indirect sur la performance : il diminue l'efficacité énergétique, accélère la déshydratation et ralentit donc la récupération.

L'hyperglycémie n'exclut pas le risque d'hypoglycémie qui peut survenir surtout la nuit suivant l'exercice lorsque l'organisme reconstitue ses réserves de glycogène. (14)

III. Effets des variations de la glycémie sur la performance sportive

Les variations de la glycémie, que ce soit une hypoglycémie ou une hyperglycémie, ont des conséquences importantes sur la performance sportive, surtout dans des sports comme le tennis qui nécessitent des capacités physiques et cognitives importantes. Une étude sur ce sujet a été menée pour évaluer l'impact de ces fluctuations de glycémie sur des personnes atteintes de DT1. (15) Cette étude apporte des chiffres précis et des analyses détaillées qui permettent de mieux comprendre les défis spécifiques rencontrés par ces athlètes.

L'étude a impliqué 28 patients âgés de 6 à 17 ans dont certains pratiquent le tennis. Tous les participants étaient atteints de DT1 et leurs performances ont été testées sous différentes conditions glycémiques. Les chercheurs ont simulé trois niveaux de glycémie : une normoglycémie (4 à 7 mmol/L, soit 0,73 à 1,27 g/L), une hypoglycémie (< 3,9 mmol/L, soit 0,7 g/L) et une hyperglycémie (> 10 mmol/L, soit 1,8 g/L). Des tests physiques et cognitifs ont été réalisés pour mesurer l'impact de ces variations sur les performances. (15)

Les résultats montrent que l'hypoglycémie altère fortement les performances sportives : les participants réalisaient en moyenne 64 ± 20 % de leur meilleur score personnel lorsqu'ils étaient hypoglycémiques, contre 79 ± 9 % dans la plage glycémique acceptable. En hyperglycémie, la performance moyenne était de 76 ± 14 %, ce qui indique que l'élévation aiguë du glucose n'a pas réduit significativement la performance. Parmi les participants, 1 sujet sur 7 a obtenu son meilleur score en hypoglycémie, tandis que 3 sur 10 ont atteint leur meilleur score en hyperglycémie, et la majorité des jeunes (24 sujets) ont performé le mieux dans la plage glycémique acceptable. (15)

L'hypoglycémie affecte également les capacités cognitives, essentielles pour des sports nécessitant une réactivité et une prise de décision rapide comme le tennis. Lors du test de Stroop, les scores de lecture et de reconnaissance des couleurs étaient réduits pendant l'hypoglycémie (56 ± 5 % et 47 ± 12 % du meilleur score personnel, respectivement) par rapport à l'euglycémie (64 ± 7 % et 55 ± 7 %) ou l'hyperglycémie (63 ± 9 % et 52 ± 11 %). Le score d'interférence, indicateur de la capacité à maintenir l'attention sous distraction, était également plus faible en hypoglycémie (43 ± 13 %) comparé à l'euglycémie (50 ± 5 %), tandis que l'hyperglycémie n'a pas eu d'effet significatif. (15)

L'étude a également analysé l'impact de l'hypoglycémie nocturne : 66 % des sujets ont présenté au moins un épisode nocturne, d'une durée moyenne de 84 minutes, sans influence sur les performances sportives le lendemain. Ceci suggère que les épisodes hypoglycémiques antérieurs n'affectent pas directement la capacité à performer, contrairement aux hypoglycémies concomitantes à l'activité physique. (15)

En conclusion, cette étude démontre que l'hypoglycémie immédiate réduit significativement les performances physiques et cognitives, alors que l'hyperglycémie aiguë,

à des niveaux observés dans cette étude n'a pas d'effet direct sur la performance mais pourrait avoir des effets secondaires indirects (fatigue, déshydratation, vision floue). Ces résultats soulignent l'importance d'une surveillance glycémique rigoureuse et d'une gestion proactive du diabète chez les jeunes sportifs afin de maintenir leurs performances optimales. (15)

Les fluctuations de la glycémie ne sont pas uniquement le reflet d'un déséquilibre hormonal, mais traduisent surtout les adaptations métaboliques de l'organisme à l'effort. L'analyse des voies aérobies et anaérobies, ainsi que de l'utilisation des différents substrats énergétiques, permet de mieux comprendre les besoins spécifiques du sportif atteint de DT1.

IV. Métabolisme énergétique pendant l'exercice

Lors de l'exercice physique, les besoins énergétiques de l'organisme augmentent considérablement en raison de l'intensification des processus métaboliques nécessaires à la production d'énergie. Ce phénomène repose principalement sur la mobilisation du glucose et des lipides, processus régulés par un ensemble complexe d'hormones, dont l'insuline. Cependant, chez les individus atteints de DT1, l'absence de production d'insuline endogène perturbe la régulation de la glycémie, créant ainsi des défis spécifiques pour gérer l'approvisionnement énergétique. Selon l'intensité et le type d'effort (aérobie ou anaérobie), l'organisme ajuste ses mécanismes de production et de gestion de l'énergie pour satisfaire la demande métabolique.

IV.1. Effort aérobie et anaérobie : adaptations métaboliques distinctes

IV.1.1. L'effort aérobie

Lors d'un effort aérobie typiquement observé dans les sports d'endurance ou les phases longues d'un match de tennis, l'organisme privilégie la phosphorylation oxydative, un processus qui produit de l'ATP à partir des glucides et des lipides en présence d'oxygène. Ce système est efficace mais lent, mobilisant principalement les graisses à faible intensité, puis les glucides lorsque l'intensité de l'effort augmente. Les réserves de glycogène musculaire et hépatique constituent alors les principales sources de glucose nécessaires à la contraction musculaire.

Chez les diabétiques, cette régulation devient plus complexe car l'insuline exogène administrée ne peut pas s'ajuster instantanément aux variations métaboliques de l'effort. Ainsi, pendant un exercice d'endurance, l'insuline circulante favorise une utilisation accrue du glucose par les muscles, tout en inhibant partiellement la production hépatique de glucose. Cette situation entraîne souvent une baisse rapide de la glycémie, pouvant conduire à une hypoglycémie dès les 45 premières minutes d'exercice, si aucun apport glucidique n'est anticipé.

Après un exercice aérobie, l'absorption immédiate du glucose par les muscles tend à diminuer, mais la consommation globale de glucose demeure élevée pendant plusieurs heures au cours de la phase de récupération. Cette utilisation prolongée du glucose vise à reconstituer les réserves de glycogène musculaire et hépatique mobilisées durant l'effort. En conséquence, le risque d'hypoglycémie persiste au-delà de la période d'exercice, pouvant s'étendre jusqu'à 24 heures après l'activité. Ce risque est particulièrement marqué pendant la nuit, notamment lorsque l'activité physique a été réalisée en fin d'après-midi, moment où la sensibilité à l'insuline et la captation musculaire du glucose restent accrues. (16)

IV.1.1. L'effort anaérobie

L'effort anaérobie mobilise quant à lui des mécanismes rapides de production d'énergie en l'absence d'oxygène. Il repose principalement sur la glycolyse anaérobie, qui dégrade le glycogène musculaire en acide lactique pour produire de l'ATP. Ce système est très efficace pour fournir une énergie immédiate, mais sa durée est limitée par la quantité de glycogène disponible et l'accumulation d'acide lactique, facteur de fatigue musculaire.

Chez les diabétiques, ce type d'effort comme un sprint ou un entraînement par intervalles de haute intensité entraîne généralement une élévation transitoire de la glycémie. Cette réponse est due à la libération d'hormones de contre-régulation (adrénaline, glucagon, cortisol) qui stimulent la production hépatique de glucose tout en limitant son utilisation périphérique. Cette hyperglycémie de stress reste toutefois passagère et tend à se résorber spontanément lors de la récupération post-exercice, notamment si l'insuline est ajustée correctement. (16)

Ces deux modes de contraction musculaire, aérobie et anaérobie, reposent sur des adaptations métaboliques distinctes qui déterminent la manière dont l'organisme va sélectionner et utiliser ses différents substrats énergétiques au cours de l'effort.

IV.2. Utilisation de substrats énergétiques

L'activité physique est caractérisée par l'augmentation des besoins en énergie et en oxygène. L'activation des protéines contractiles, l'actine et la myosine dans le muscle, consomme une certaine quantité d'énergie fournie par la conversion de l'ATP en ADP. En début d'exercice, le muscle fonctionne en mode anaérobie. La quantité d'ATP présente dans le muscle à l'état de repos est extrêmement faible : environ 5 mmol/kg. Cette réserve ne permet qu'une contraction musculaire de quelques secondes. Il faut donc une régénération rapide de l'ATP, assurée par la déphosphorylation rapide de la phosphocréatine musculaire.

Ensuite, la métabolisation incomplète du glycogène musculaire par la voie anaérobie libère du glucose, qui se transforme en lactate avec la production de 3 molécules d'ATP. Ces réactions à faible rendement sont utilisées pour des efforts intenses et de très courte durée. Lorsque l'exercice se prolonge, l'organisme a recours à la métabolisation du glucose par la voie aérobie. L'hydrolyse du glycogène hépatique et musculaire fournit du glucose qui entre dans le cycle de Krebs, produisant de l'ATP en présence d'oxygène. Ce processus, beaucoup plus efficace, génère 39 molécules d'ATP pour chaque unité de glucose métabolisée, comparé aux 3 molécules obtenues par la voie anaérobie. Ainsi, la dégradation

aérobie des glucides devient indispensable pour les sports de moyenne et longue durée, car la voie anaérobie ne permettrait pas de maintenir l'effort. (17)

IV.2.1. Glycogène musculaire

Le glycogène musculaire est le substrat le plus rapidement disponible. Au fur et à mesure que l'effort se prolonge, on assiste à un épuisement progressif du glycogène musculaire. Chez un sujet soumis à une alimentation normale, la teneur des muscles en glycogène est de l'ordre de 18 g/kg, représentant environ 80 % du glycogène total de l'organisme. Cette réserve permet d'effectuer un effort de quelques heures, environ 2 heures pour un effort submaximal. Au-delà, l'épuisement des réserves glycogéniques provoque une baisse rapide de la performance. Un enrichissement préalable du muscle en glycogène, par des régimes hyperglucidiques apportant plusieurs centaines de grammes de glucides quotidiens sous forme de pâtes, riz ou autres féculents, permet de porter les réserves à 30 g/kg et de prolonger l'effort au-delà de 3 heures. Cependant, ces régimes très hyperglucidiques sont difficiles à appliquer chez les patients diabétiques, car ils risquent de déséquilibrer la glycémie ou d'augmenter anormalement les doses d'insuline. Dans ce cas, il est préférable de privilégier des activités plus courtes et moins intenses. (17)

IV.2.2. Glucose sanguin

Le glucose sanguin constitue le deuxième substrat utilisé lors d'un effort prolongé. Son utilisation maximale est atteinte entre la première et la deuxième heure. Il provient d'une part de l'hydrolyse du glycogène hépatique (glycogénolyse) et d'autre part de la néoglucogenèse à partir de lactate et d'acides aminés (principalement l'alanine). Tant que les réserves hépatiques ne sont pas épuisées, c'est la glycogénolyse qui fournit le glucose. Lorsque ces réserves diminuent, la néoglucogenèse prend progressivement le relais pour maintenir la glycémie.
Chez les diabétiques, ce mécanisme peut être perturbé ce qui rend indispensable la prise de glucides pendant les efforts prolongés, accompagnée d'un ajustement des doses d'insuline. Dans certains efforts intenses de longue durée, la production hépatique de glucose peut dépasser son utilisation musculaire, entraînant une hyperglycémie, situation fréquente chez les diabétiques dont la glycémie de départ est élevée. (17)

IV.2.3. Acides gras

Les acides gras libérés par la lipolyse du tissu adipeux constituent le troisième substrat énergétique. Au fur et à mesure que l'exercice se prolonge, la part d'acides gras oxydés augmente, permettant d'économiser les réserves de glycogène. Chez les sportifs entraînés, la mobilisation des triglycérides est plus importante que chez les sédentaires, contribuant à prolonger la performance. Les réserves adipeuses étant considérables, aucun apport lipidique n'est nécessaire en période de compétition, mais l'utilisation des acides gras libres améliore l'endurance. (17)

IV.2.4. A la suite d'un effort

À la fin de l'exercice, chez le sujet non diabétique, l'insulinémie augmente rapidement, freinant la production hépatique de glucose et compromettant la reconstitution des réserves musculaires en glycogène. Un apport glucidique post-exercice est donc nécessaire. Chez les diabétiques insulinés, cette nécessité est encore plus cruciale. L'activité physique augmente par ailleurs la sensibilité périphérique à l'insuline, favorisant l'utilisation du glucose. (17)

V. Variabilité des réponses physiologiques en fonction de l'intensité et de la durée de l'effort

V.1. Effort modéré

Lors d'un exercice d'intensité modérée (environ 50 à 65 % du VO_2peak), les besoins en glucose exogène augmentent afin de maintenir une glycémie stable.

Dans une étude portant sur neuf individus atteints de DT1, la perfusion de glucose nécessaire pour maintenir l'euglycémie augmentait avec l'intensité jusqu'à 65 % du VO_2peak.

Les débits moyens de glucose étaient de 4,0 ± 1,6 g/h à 50 % et 4,1 ± 1,7 g/h à 65 %, traduisant une consommation accrue de glucose par les muscles actifs. (18) À ces intensités, la captation périphérique du glucose dépasse la production hépatique, ce qui expose le sujet à un risque d'hypoglycémie s'il n'y a pas d'apport glucidique suffisant.

Lorsque l'exercice est réalisé dans un contexte d'hyperinsulinémie, les besoins en glucose exogène demeurent élevés à intensité modérée et augmentent proportionnellement à l'effort, avant d'atteindre un plateau. Ces résultats confirment que les efforts modérés prolongés nécessitent un apport glucidique régulier pour maintenir l'euglycémie, surtout lorsque les niveaux d'insuline circulante sont élevés. (19)

V.2. Effort intense

Les exercices de haute intensité (≥ 80 % du VO_2peak) provoquent des réponses glycémiques beaucoup plus variables.

Selon une méta-analyse regroupant 19 interventions chez des adultes atteints de DT1, l'exercice intense a entraîné une diminution moyenne de la glycémie de 1,3 mmol/L. (20)

Cette variabilité est principalement expliquée par le statut prandial :

- Lorsque l'exercice est effectué à jeun, la glycémie augmente en moyenne de 1,7 mmol/L, traduisant une stimulation importante des hormones de contre-régulation et une production accrue de glucose par le foie.
- En revanche, lorsque l'exercice est réalisé en post prandial, la glycémie diminue significativement de 2,1 mmol/L, en raison de la présence d'insuline circulante et d'une plus forte utilisation musculaire du glucose. (20)

De plus, l'étude sur les besoins en glucose exogène montre qu'à 80 % du VO_2peak, aucun apport de glucose n'était requis pour maintenir l'euglycémie, suggérant que la production endogène de glucose suffit à compenser sa consommation musculaire. Ainsi, les exercices intenses tendent à limiter le risque d'hypoglycémie immédiate, mais peuvent être suivis de fluctuations glycémiques importantes dans les heures qui suivent. (19)

V.3. Durée de l'effort

La durée de l'exercice influence également la réponse glycémique. Un effort prolongé d'intensité modérée accroît la consommation de glucose sur la durée et peut conduire à une hypoglycémie retardée si les apports ne sont pas adaptés. À l'inverse, des exercices brefs et intenses de quelques minutes seulement, semblent avoir des effets métaboliques favorables sans provoquer d'hypoglycémie immédiate.

Une revue sur les exercices de haute intensité courts (2,5 à 15 minutes d'effort par séance) montre que ce type de pratique peut améliorer la régulation glycémique pendant 1 à 3 jours après la séance, aussi bien chez les sujets atteints de DT1 que de diabète de type 2. Chez les personnes atteintes de DT1, la glycémie est souvent plus élevée pendant et jusqu'à deux heures après l'exercice, mais tend à diminuer pendant la nuit suivante, notamment entre minuit et 6 h du matin. Plus l'effort est long, plus la déplétion glucidique est importante, et plus le risque d'hypoglycémie post-exercice augmente. (21)

VI. Limites physiologiques et possibilités d'optimisation

VI.1. Fluctuations glycémiques

Les athlètes diabétiques sont particulièrement exposés à des variations rapides et imprévisibles de la glycémie.

L'hypoglycémie est souvent responsable de fatigue, de confusion, d'une diminution de la coordination et dans des cas sévères, de malaise. Elle représente un obstacle fréquent à l'exercice et l'un des freins majeurs signalés est la peur de l'hypoglycémie, souvent exacerbée par une connaissance limitée des stratégies préventives efficaces. Les symptômes peuvent être masqués pendant l'exercice ou sous l'effet du stress de la compétition, rendant la prédiction des épisodes hypoglycémiques particulièrement difficile. Une hypoglycémie survenue avant une compétition augmente le risque d'événements hypoglycémiques pendant celle-ci et peut réduire significativement la performance. (22)

Par crainte de l'hypoglycémie, de nombreux sportifs laissent volontairement leur glycémie élevée, ce qui peut compromettre leur performance et leur santé. L'observance thérapeutique peut être difficile, et le déni associé à l'attitude générale de l'athlète vis-à-vis de sa maladie complique le maintien d'un contrôle glycémique adéquat. Dans certains cas, la réduction ou l'abstention d'insuline entraîne une hyperglycémie, provoquant polyurie, perte hydrique et déshydratation, et augmentant le risque d'acidocétose. (23)

Ces difficultés soulignent l'importance d'une éducation ciblée et continue, ainsi que des stratégies de prévention adaptées.

Outre les variations glycémiques, le DT1 affecte aussi directement le muscle squelettique et la fonction mitochondriale limitant la capacité d'adaptation à l'entraînement et ralentissant la récupération après l'exercice.

VI.2. Altérations musculaires, fonction mitochondriale et récupération

Une étude a montré que les adultes DT1 avaient une capacité mitochondriale maximale réduite et une efficacité mitochondriale altérée par rapport aux sujets non-diabétiques. Les mesures réalisées avant, pendant et après un exercice isométrique ont révélé des taux plus élevés de glycolyse anaérobie, une capacité oxydative mitochondriale maximale plus faible et une efficacité mitochondriale réduite. Ces observations sont en faveur d'un dysfonctionnement mitochondrial, et suggèrent que des défauts d'apport en substrat ou en oxygène pourraient contribuer à ce dysfonctionnement. (24)

Par ailleurs, des preuves croissantes indiquent une altération de la santé musculaire squelettique chez les DT1, suggérant la présence d'une myopathie légère encore mal caractérisée. Cette altération peut affecter l'homéostasie glucidique et favoriser le développement de comorbidités. Une étude de 12 semaines comparant les adaptations musculaires et le contrôle glycémique entre DT1 et sujets sains après un programme combiné résistance-aérobie a montré que, bien que la VO_2max et la force musculaire augmentent dans les deux groupes, les améliorations étaient moins marquées chez les participants DT1. L'analyse des biopsies musculaires a révélé des altérations des marqueurs mitochondriaux, inflammatoires liés au vieillissement et à la croissance/atrophie, qui n'ont été que partiellement corrigées par l'entraînement.

Le DT1 affecte donc plusieurs aspects de la santé musculaire, limitant la récupération et l'adaptation à l'exercice. Les interventions d'entraînement structuré améliorent la performance cardiorespiratoire et la force musculaire, et réduisent les fluctuations glycémiques et les épisodes hypoglycémiques, mais les signes de myopathie légère persistent partiellement. Ces observations soulignent l'importance de protocoles d'exercice ciblés pour optimiser la santé musculaire, améliorer la gestion glycémique et prévenir ou retarder les complications à long terme chez les athlètes diabétiques. (25)

Au-delà des impacts physiologiques, le DT1 impose également une lourde charge mentale et organisationnelle qui influence la performance et la gestion quotidienne de la maladie.

VI.3. Psychologie, charge mentale et organisationnelle

Le diabète est une maladie chronique qui exige une prise en charge continue et une autogestion rigoureuse. Les contraintes liées au traitement et au contrôle glycémique constituent une charge mentale importante pouvant engendrer stress, fatigue, anxiété et, dans certains cas, dépression.

La vie quotidienne d'un individu DT1 implique de nombreuses décisions constantes : prise de médicaments, injections d'insuline, activité physique régulière, alimentation

équilibrée, contrôle du poids et suivi glycémique. Selon une étude, une personne DT1 peut devoir prendre jusqu'à 180 décisions supplémentaires par jour liées à sa maladie. (26)

Cette charge mentale s'accompagne souvent de fatigue émotionnelle et cognitive. Les innovations technologiques, telles que les capteurs de glycémie en continu et les pompes à insuline, apportent sécurité et confort, mais peuvent aussi générer une fatigue technologique lorsque les alarmes se multiplient, deviennent intrusives ou sont mal interprétées. L'accumulation de ces contraintes peut conduire à un état de surcharge psychologique, compromettant la gestion du diabète et, par conséquent, l'équilibre glycémique et la santé.

À cela s'ajoute la dimension émotionnelle : culpabilité face à des glycémies non optimales, inquiétude vis-à-vis des complications potentielles (cardiovasculaires, oculaires, neuropathiques ou rénales), et sentiment d'invisibilité de la maladie dont la gravité est souvent sous-estimée par l'entourage et parfois par les patients eux-mêmes. Ces facteurs peuvent perturber les relations personnelles, familiales et professionnelles, augmentant encore la charge mentale.

Un soutien psychologique et social, qu'il provienne de professionnels de santé, de pairs diabétiques ou d'associations spécialisées est donc essentiel pour diminuer le stress, renforcer l'autonomie et améliorer la gestion du diabète. (26)

Si cette dimension du diabète affecte directement la vie de l'athlète, les complications à long terme constituent une autre dimension des défis liés à cette maladie chronique.

VI.4. Complications chroniques et impact à long terme

Même bien équilibré, le DT1 expose à des complications à court et long terme qui peuvent affecter la performance sportive et la santé générale.

Sur le long terme, l'hyperglycémie chronique endommage les petits et gros vaisseaux sanguins, entraînant des complications micro- et macrovasculaires.

La rétinopathie diabétique affecte les vaisseaux de la rétine et peut conduire à la malvoyance ou à la cécité, tandis que la néphropathie touche les reins et reste souvent silencieuse jusqu'à un stade avancé, la microalbuminurie constituant le premier signe.

La neuropathie diabétique affecte les nerfs périphériques et autonomes, entraînant douleurs, perte de sensibilité, troubles moteurs et altération de la perception de l'hypoglycémie.

Le risque cardiovasculaire est également accru, le DT1 favorisant l'athérosclérose et la survenue d'infarctus du myocarde, d'accidents vasculaires cérébraux et d'artérite des membres inférieurs, aggravé par l'hypertension, les troubles lipidiques, l'obésité abdominale et le tabagisme.

Le diabète peut aussi provoquer des complications dentaires (caries, gingivite, parodontite) et des lésions du pied, tandis que chez les enfants et adolescents, un mauvais équilibre glycémique peut ralentir la croissance, particulièrement pendant la puberté.

L'ensemble de ces complications peut limiter les performances, mais un contrôle glycémique strict, un suivi médical régulier et une hygiène de vie adaptée permettent de réduire considérablement ces risques et de préserver la performance sportive tout en prévenant les atteintes irréversibles. (27) (28)

Après avoir mis en évidence les contraintes physiologiques imposées par le diabète de type 1, il devient essentiel de s'intéresser aux moyens permettant à l'athlète de les surmonter grâce à une gestion adaptée et à des traitements pharmacologiques ciblés.

Partie 2 : Gestion du diabète et approches pharmacologiques chez l'athlète de tennis de haut niveau

I. Insulinothérapie et ses ajustements

L'insuline est une hormone peptique naturellement produite par les cellules bêta du pancréas. Chez les personnes atteintes de DT1, cette production endogène est déficiente voire absente. L'insuline exogène constitue ainsi le seul traitement efficace pour compenser ce déficit.

I.1. Modes d'administration

L'insuline peut être administrée par voie sous-cutanée, intraveineuse ou, plus rarement, par voie intramusculaire selon le contexte et l'état clinique du patient. Les deux principales modalités d'administration en pratique courante sont toutefois les injections avec des stylos injecteurs et les pompes à insuline.

I.1.1. Les injections sous-cutanées

La voie sous-cutanée est la méthode d'administration d'insuline la plus courante au quotidien. Elle consiste à injecter l'insuline dans le tissu adipeux situé sous la peau, généralement au niveau de l'abdomen, des cuisses, des bras ou des fesses. Les injections peuvent être réalisées à l'aide de seringues classiques ou, plus couramment, de stylos injecteurs, qui offrent un dosage précis et une utilisation plus pratique. Le schéma d'administration est adapté à chaque patient : l'insuline à action rapide est injectée avant les repas, tandis que l'insuline basale à action prolongée maintient un taux de glucose stable tout au long de la journée (tableau 2)

Avantages	Inconvénients
- méthode simple, répandue et facile à apprendre - patient acteur de son traitement - coût généralement inférieur au dispositif de pompe - pas de dispositif mécanique porté en permanence	- Exige un nombre important d'injections et de contrôles glycémiques par jour - effort d'enseignement nécessaire à la mise en pratique (forme d'insuline, dosage, contenu en glucides des aliments, analyse des fluctuations de la glycémie…) - ajustement de la glycémie moins précis entre deux injections

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des injections multiples

I.1.2. La pompe à insuline externe

La pompe à insuline externe représente une alternative moderne aux injections répétées (tableau 3). Ce dispositif portable, souvent fixé à la ceinture ou au bras, est relié par un cathéter à une canule insérée dans le tissu sous-cutané. Il délivre de l'insuline de manière continue selon des débits basaux programmés, complétés par des bolus ajustés avant les repas ou en cas d'hyperglycémie. Ce système se rapproche davantage de la sécrétion physiologique du pancréas en reproduisant plus finement la délivrance d'insuline sur 24h. Il offre une grande flexibilité pour adapter les doses aux repas, à l'activité physique ou aux variations de la glycémie, ce qui est particulièrement avantageux chez les sportifs de haut niveau ou les patients souhaitant un contrôle glycémique optimisé. (29)

Avantages	Inconvénients
- Meilleur ajustement des doses et contrôle glycémique plus fin - Diminution du nombre d'injections - Flexibilité accrue - Possibilité de réglages personnalisés du débit basal et des bolus	- Risque d'infection au point d'insertion ou d'occlusion du cathéter - Risque d'hyperglycémie ou d'acidocétose en cas de défaillance de la pompe - Surveillance continue nécessaire et gestion technique dispositif - Coût plus élevé et contrainte de porter l'appareil en permanence

Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la pompe à insuline externe

I.1.3. La pompe à insuline implantable

La pompe implantable est un dispositif beaucoup plus rare, réservé à certains protocoles spécialisés (tableau 4). Elle est implantée chirurgicalement sous la peau, généralement dans la cavité abdominale, et délivre l'insuline de façon continue directement dans la cavité péritonéale. Ce système offre une administration très stable et évite le port d'un appareil externe, mais sa mise en place nécessite une intervention chirurgicale et un suivi technique régulier pour le remplissage et la maintenance. Son usage en pratique est restreint au patients adultes diabétiques de type 1 non contrôlés par insuline administrée par voie sous-cutanée (y compris via une pompe) et présentant des épisodes hyperglycémiques et/ou hypoglycémiques sévères, fréquents ou non expliqués. (30)

Avantages	Inconvénients
- Absence de tubulure externe et intégration esthétique du dispositif - Administration continue et stable de l'insuline - Confort amélioré pour certains patients	- Nécessité d'une chirurgie pour l'implantation - Risques chirurgicaux et infections potentielles - Maintenance complexe et coût élevé - Usage limité à des cas très spécifiques

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des pompes implantables

I.1.4. Autres voies d'administration

La voie intraveineuse est utilisée exclusivement en milieu hospitalier, notamment lorsqu'une surveillance immédiate de la glycémie est nécessaire. Elle est indiquée dans des situations d'urgence telles que l'acidocétose diabétique, le syndrome hyperglycémique hyperosmolaire, l'hyperkaliémie sévère, ou encore certaines intoxications médicamenteuses (bêtabloquants, inhibiteurs calciques). La voie intramusculaire, plus rare, peut être utilisée de manière ponctuelle lorsque la voie sous-cutanée est temporairement inadaptée.

Une fois le mode d'administration choisi, il est essentiel de comprendre les différents types d'insuline disponibles afin d'adapter le mieux possible le traitement au mode de vie du patient.

I.2. Les différents types d'insuline

L'existence de différents types d'insuline à action rapide, intermédiaire ou prolongée découle de la nécessité de reproduire le plus fidèlement possible la sécrétion physiologique du pancréas qui se compose d'une sécrétion basale continue et de pics post-prandiaux en réponse aux repas. Dans l'organisme sain, cette sécrétion est pulsatile et hautement régulée. Or, l'insuline exogène injectée par voie sous-cutanée ne peut pas imiter naturellement cette dynamique. C'est pourquoi des formes modifiées d'insuline ont été développées afin d'en altérer les propriétés pharmacocinétiques, notamment son absorption par le tissu sous-cutané. La région B26-B30 de la molécule d'insuline n'est pas essentielle à la reconnaissance par le récepteur de l'insuline, c'est donc dans cette région que les acides aminés sont généralement substitués (figure 3).

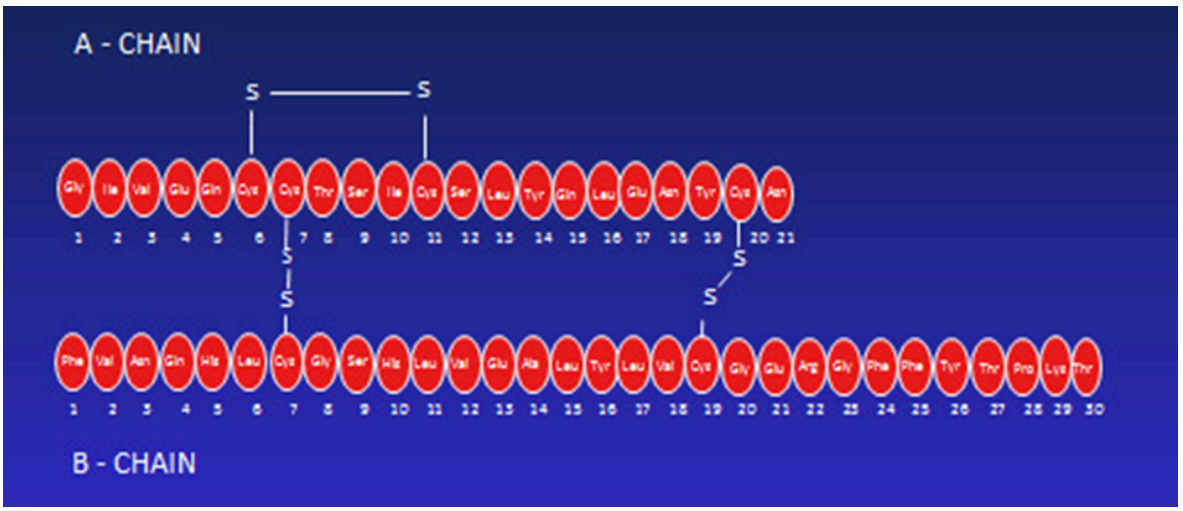

Figure 3 : structure de l'insuline (31)

I.2.1. Les insulines rapides

Les insulines rapides (lispro, aspart, glulisine) ont été développées pour reproduire la sécrétion prandiale physiologique. L'insuline humaine forme des hexamères ralentissant l'absorption sous-cutanée puis se dissocie progressivement en dimères et monomères d'insuline absorbables. Les analogues rapides comportent des substitutions d'acides aminés dans la région B26–B30 de la chaîne B (figure 4) :

- Lispro (HUMALOG) : inversion des acides aminés lysine (B29) et proline (B28).
- Aspart (NOVOLOG) : substitution de la proline (B28) par un acide aspartique.
- Glulisine (APIDRA) : remplacement de l'asparagine (B3) par la lysine et de la lysine (B29) par l'acide glutamique.

Ces modifications favorisent la forme monomérique par une diminution de la formation des hexamères d'insuline, permettant ainsi une absorption quasi immédiate après l'injection. Elles débutent leur action en 10 à 15 minutes, atteignent un pic en 1 à 2 heures et durent environ 3 à 5 heures. (31)

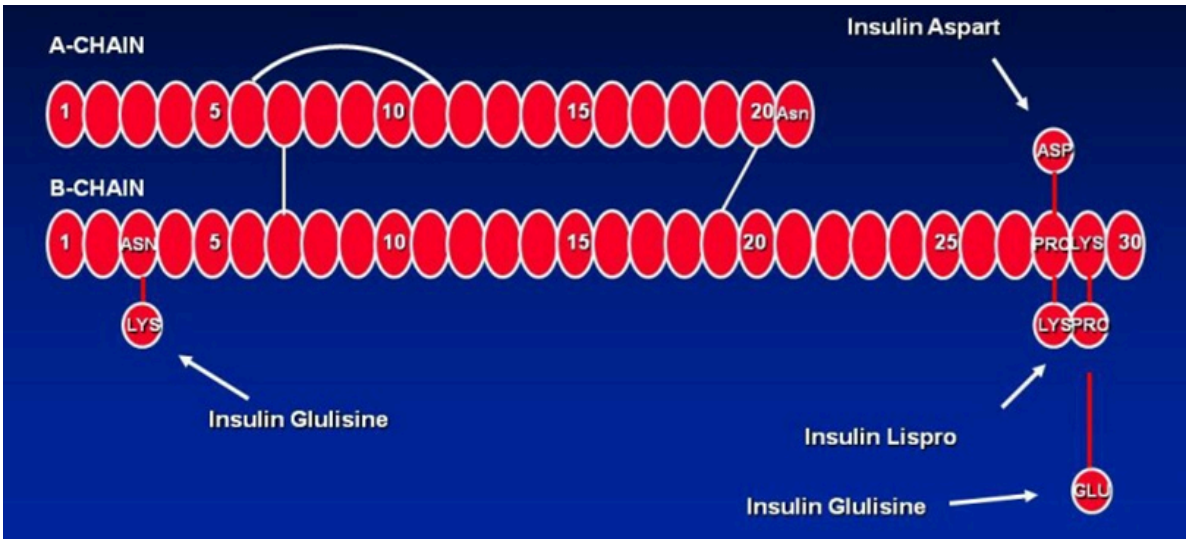

Figure 4 : structure des insulines rapides (31)

I.2.2. Les insulines intermédiaires et lentes

L'insuline à action intermédiaire (NPH) à un délai d'action d'environ 2 heures, un effet maximal entre 6 et 14 heures et une durée d'action de 10 à 16 heures (selon la dose administrée).

Les analogues modernes à action prolongée, tels que Glargine, Détémir et Dégludec, utilisent des modifications moléculaires spécifiques (figure 5) :

- Glargine : deux résidus d'arginine sont ajoutés à l'extrémité C-terminale de la chaîne B, ce qui élève le point isoélectrique de l'insuline et augmente sa solubilité en milieu acide (pH 4,0 pour la glargine). À la position A21, l'asparagine est remplacée par une glycine, empêchant la désamidation et la dimérisation. Injectée par voie sous-cutanée à pH physiologique, la solution acide se neutralise, formant des microprécipités qui libèrent l'insuline lentement sur 24 heures, assurant un taux stable pendant la journée.
- Détemir : dépourvue de l'acide aminé B30 et avec la lysine B29 liée à un acide gras C14 (myristique), l'insuline détémir est lentement absorbée grâce à sa forte affinité pour l'albumine. Dans la circulation, sa liaison à l'albumine retarde sa distribution aux tissus périphériques, assurant un effet prolongé.
- Dégludec : insuline à action ultra-prolongée, chaîne diacide gras liée à B29 via un espaceur d'acide glutamique. Après l'injection, elle forme des multihexamères, libérant lentement des monomères dans le sang. Sa demi-vie est d'environ 25h, avec une action dépassant 42h.

Ces ajustements ralentissent la diffusion et prolongent la durée d'action, permettant une couverture glycémique stable sur 24 à 48 heures, avec peu ou pas de pic. (31)

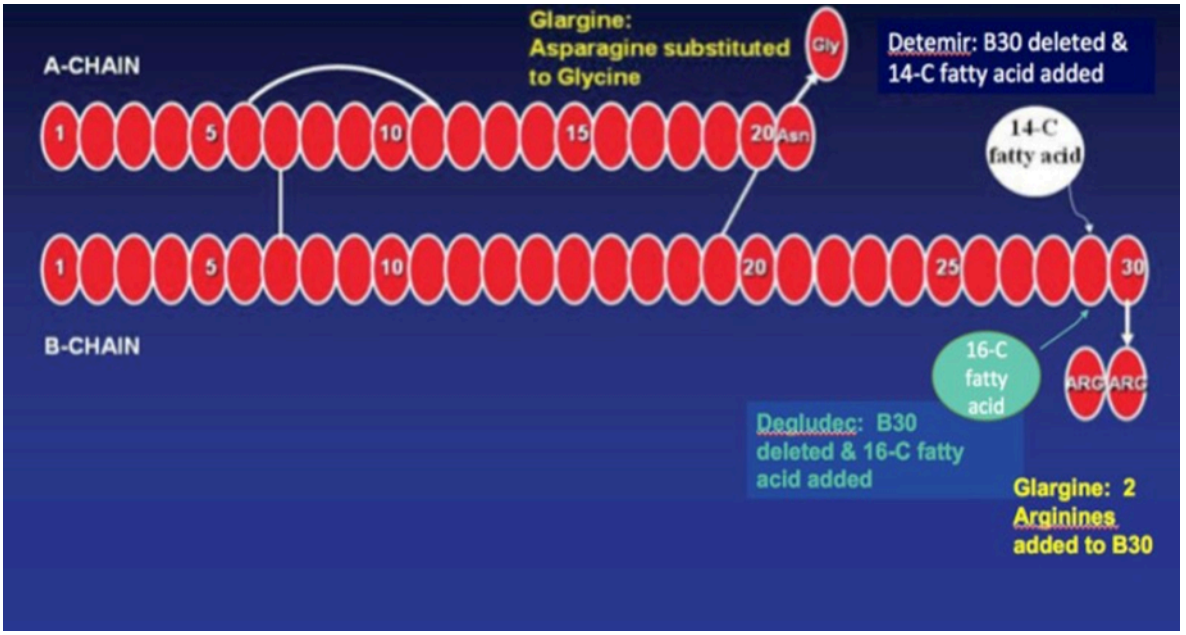

Figure 5 : structures des insulines lentes (31)

I.3. Schémas thérapeutiques courants

L'objectif central de l'insulinothérapie dans le DT1 est de reproduire au mieux la sécrétion physiologique d'insuline : une composante basale continue pour couvrir les besoins entre les repas et une composante prandiale (bolus) pour couvrir les apports glucidiques des repas, tout en autorisant la flexibilité face aux variations de l'activité physique, du stress ou des apports alimentaires.

L'insulinothérapie est généralement initiée par voie sous-cutanée. Les doses sont ensuite ajustées progressivement en fonction des glycémies jusqu'à établir un schéma d'entretien stable. L'adaptation du traitement repose sur l'éducation thérapeutique, l'autosurveillance glycémique (ou la mesure continue du glucose) et l'ajustement des doses d'insuline selon les résultats glycémiques, l'alimentation, l'activité physique et d'autres facteurs comme le stress.

Les schémas "basal-bolus", qu'ils soient réalisés par injections multiples ou par pompe à insuline, représentent aujourd'hui la référence thérapeutique pour le DT1 (tableau 5), permettant le meilleur contrôle glycémique tout en préservant la qualité de vie. (32)

I.3.1. Les principaux schémas utilisés

(32)

Schéma	Principe
2 injections par jour	Utilisation d'insuline rapide et intermédiaire mélangées, matin et soir avant le petit déjeuner et le dîner à condition que l'équilibre glycémique soit obtenu
3 injections par jour	Deux injections d'insuline rapide (matin et midi) et une injection d'insuline lente ou mélangée intermédiaire le soir
4 injections par jour	Une insuline rapide avant chaque repas et une insuline lente le soir
Basal-bolus	Une insuline basale lente pour les besoins de fond + des bolus rapides aux repas

Tableau 5 : schémas des injections multiples

I.3.2. Modalité par pompe à insuline

La pompe à insuline externe délivre en continu une insuline rapide à un débit basal programmable, complétée par des bolus prandiaux adaptés aux repas. Cette méthode permet une régulation fine et dynamique de la glycémie, avec une meilleure adaptation physiologique que les injections multiples. En assurant une diffusion continue et ajustable, elle contribue à réduire les fluctuations glycémiques et le risque d'hypoglycémie, notamment pendant les variations d'effort ou de stress.

Elle est particulièrement indiquée chez les patients présentant un diabète difficile à équilibrer malgré un bon suivi, des hypoglycémies fréquentes ou sévères ou encore un mode de vie irrégulier ce qui inclut les sportifs de haut niveau.

Chez ces derniers, et plus spécifiquement dans des disciplines à effort intermittent comme le tennis, la pompe offre une souplesse d'ajustement essentielle : le débit basal peut être temporairement diminué avant ou pendant l'effort pour prévenir les hypoglycémies, puis réaugmenté pour compenser la sensibilité accrue à l'insuline post-exercice. De plus, la possibilité d'administrer des bolus précis avant ou après les repas ou les matchs permet de mieux gérer les apports glucidiques variables liés aux compétitions ou aux entraînements.

I.3.3. Surveillance, adaptation et valeurs cibles

La surveillance glycémique repose sur des mesures capillaires fréquentes ou sur un système de mesure continue du glucose.

Les ajustements se font selon les apports glucidiques, la glycémie mesurée et les situations intercurrentes (pathologie, stress, effort...). Le suivi repose aussi sur l'évaluation de l'hémoglobine glyquée (HbA1c), témoin du contrôle glycémique global sur 2 à 3 mois.

D'après les recommandation du Vidal (2025), les valeurs cibles à atteindre sont :

- HbA1c : < 7%
- Glycémie préprandiale : 0,70 à 1,30 g/L
- Glycémie postprandiale (2h après repas) : < 1,80 g/L
- Glycémie nocturne : > 0,70 g/L

I.4. Statut de l'insuline dans le sport

Il est important de noter que l'insuline figure depuis 1999 sur la liste des substances interdites par l'Agence Mondiale Antidopage (AMA). (33)
C'est surtout les insulines rapides qui étaient utilisées en se l'injectant environ 1 fois par jour. Les effets recherchés par les sportifs non diabétiques sont un effet anti-catabolique (empêche la dégradation du tissu musculaire), une intensification du rendement énergétique de la cellule musculaire, une amélioration de la phase de récupération et une augmentation de l'endurance. De plus, elle est très vite éliminée par l'organisme. (34)

Les athlètes atteints de DT1 peuvent obtenir une Autorisation d'Usage à des fins Thérapeutiques (AUT), indispensable pour concilier traitement et pratique sportive. La demande doit être adressée à la commission médicale de la fédération internationale concernée ou au Conseil de prévention et de lutte contre le dopage. L'AUT sécurise juridiquement l'usage médical de l'insuline tout en assurant la transparence dans le cadre sportif. La demande initiale doit inclure des précisions sur l'apparition, l'évaluation et le diagnostic du diabète, accompagnées de documents fournis par un spécialiste ou un centre spécialisé. Il est recommandé d'accorder la première AUT pour 12 mois, suivie d'une réévaluation pour confirmer le traitement et, si nécessaire, renouveler l'AUT pour 5 ans. Par la suite, l'AUT doit être réexaminée tous les 5 ans sur la base des documents médicaux actualisés. (35)

Si les types d'insuline et leurs schémas sont essentiels, les nouvelles technologies viennent aujourd'hui renforcer le suivi et l'adaptation du traitement quotidien

II. Utilisations de nouvelles technologies

Les innovations technologiques modifient profondément la manière de gérer le DT1, en particulier dans le sport de haut niveau.

II.1. Capteurs de glycémie en continu (CGM)

Jusqu'au début des années 2000, la surveillance reposait uniquement sur des auto-contrôles ponctuels. Ces mesures donnaient une valeur isolée, mais ne permettaient ni de suivre les fluctuations rapides ni d'anticiper les variations de la glycémie. Les CGM ont transformé ce suivi. Le principe est qu'un petit capteur inséré sous la peau mesure en continu le glucose du liquide interstitiel. Le glucose traverse une membrane semi-perméable

où il est oxydé par l'enzyme glucose-oxydase pour libérer de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène. Cette réaction génère un signal électrique proportionnel au taux de glucose. Un transmetteur envoie ensuite l'information à un lecteur, à un téléphone ou encore à une montre connectée.
Deux modalités d'utilisation existent :

- Holter (mode masqué) : analyse diagnostique sur une période limitée, permettant d'identifier les périodes critiques (hypo ou hyperglycémies). C'est plutôt une approche de diagnostic.
- Mesure continue « démasquée » (temps réel) : fournit en permanence les données, parfois exploitées via des logiciels ou algorithmes pour ajuster immédiatement les doses d'insuline. Utilisation au long cours de cette méthode. (36)

II.1.1. Exemple : le Freestyle Libre 2 (Abbott)

Le Freestyle Libre 2 est aujourd'hui l'un des capteurs de glycémie en continu les plus connus et les plus largement utilisés (figure 6). Il constitue une véritable alternative aux piqûres capillaires quotidiennes. Le dispositif repose sur un petit capteur rond appliqué à l'arrière du bras avec un applicateur fourni. Il mesure le glucose interstitiel et les données sont stockées dans le capteur et accessibles par un scan sans piqûre via un lecteur dédié ou un téléphone. Chaque capteur a une durée de vie de 14 jours, une fois expiré, il doit être remplacé. Il garde en mémoire les 8 dernières heures de données, il est donc recommandé de le scanner au minimum toutes les 8 heures pour éviter les « trous » dans la courbe glycémique. Les résultats s'affichent instantanément avec la valeur actuelle de la glycémie, une flèche de tendance et une courbe rétrospective sur les dernières heures.

Le Freestyle Libre 2 peut, contrairement à la première version, envoyer des alertes sonores ou vibrantes en cas d'hypoglycémie ou d'hyperglycémie, ce qui le rapproche d'un CGM en temps réel. Le capteur résiste à l'eau, on peut se doucher, se baigner ou transpirer avec, ce qui le rend compatible avec la pratique sportive. Il est généralement posé sur la face postérieure du bras pour limiter les frottements, mais il doit être protégé lors des sports de contact. L'application mobile permet de suivre l'évolution glycémique, de partager les données avec l'équipe médicale ou les proches, et d'analyser les tendances. Ce capteur donne non seulement accès à une glycémie « instantanée », mais aussi à sa tendance dynamique, ce qui change la prise de décision.

Figure 6 : Capteur Freestyle Libre 2
https://multicare-centrum.nl/fr/diabete/bandelettes-reactives/capteur-de-diabete/80595-freestyle-libre-sensor-2-5021791001316.html

II.1.2. Intérêt des CGM

Les mesures en continu du glucose par capteur proviennent du liquide interstitiel, une fine couche de liquide qui entoure les cellules du tissu sous la peau et non du sang (figure 7).

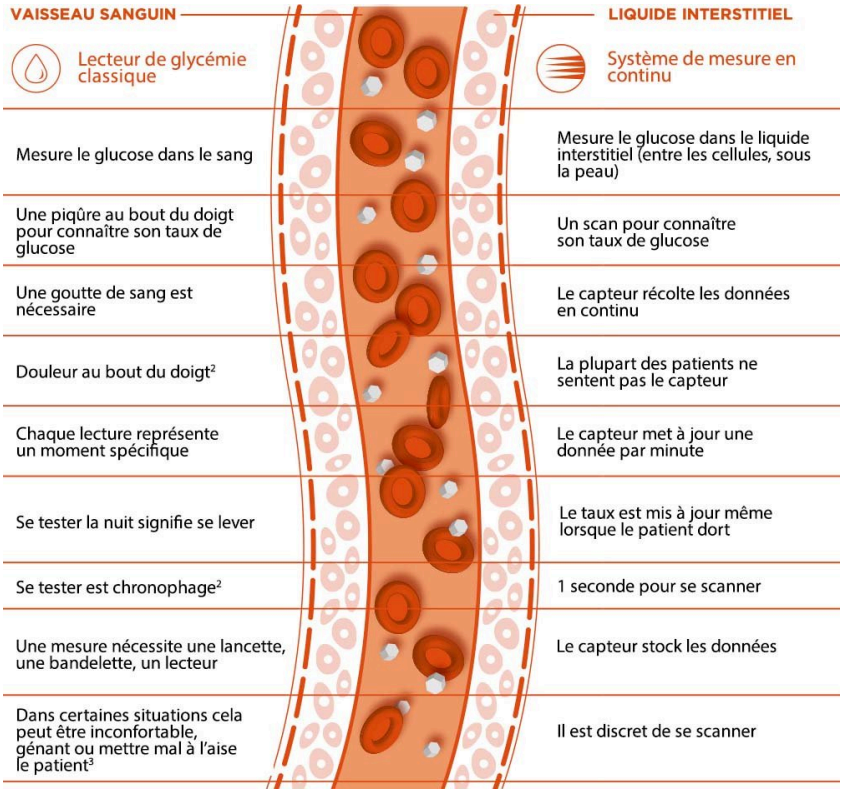

Figure 7 : différences entre la mesure en continu du glucose et la mesure par glycémie capillaire (37)

Attention toutefois aux différences entre les valeurs de glucose mesurées dans le liquide interstitiel et celles de la glycémie capillaire. En effet, le glucose met un certain temps à passer du sang vers le liquide interstitiel, ce qui peut entraîner un décalage entre les deux mesures. Lorsque la glycémie est stable, les valeurs sont généralement proches, mais en cas de variation rapide du taux de glucose (hausse ou baisse), les mesures interstitielles peuvent différer de la glycémie capillaire.

II.2. Pompes à insuline

La pompe à insuline est un dispositif médical de perfusion sous-cutanée continue qui délivre de l'insuline à action rapide de manière régulière et ajustable. À la fin du XXe siècle, les premiers systèmes de perfusion sous-cutanée continue, aujourd'hui appelés pompes à insuline, étaient volumineux et complexes, certains de la taille d'un sac à dos. Les premières générations, fonctionnant en boucle ouverte ou nécessitant des bolus intraveineux, présentaient des complications fréquentes (infections, phlébites, hyperglycémie, acidocétose), limitant leur usage à la recherche. L'adoption n'a réellement pris de l'ampleur qu'avec les améliorations technologiques des années 1990.
Aujourd'hui, les pompes modernes sont plus faciles à utiliser et offrent un meilleur contrôle glycémique, devenant le traitement de référence pour le diabète insulinodépendant. Leur intérêt est particulièrement marqué chez les athlètes de haut niveau, dont les besoins en insulinothérapie varient selon l'intensité, la durée et le type d'activité physique, ainsi que selon les fluctuations physiologiques liées au stress, à la nutrition ou au sommeil.
Contrairement aux multiples injections quotidiennes, la pompe permet d'adapter l'insuline basale et les bolus prandiaux en temps réel, réduisant la variabilité glycémique et améliorant le contrôle global. (38)

II.2.1. Composants

Une pompe à insuline moderne comprend plusieurs éléments : la pompe elle-même, qui contient le réservoir d'insuline et la batterie, le dispositif de perfusion, constitué d'une fine tubulure (de 60 cm à 1m10 suivant les modèles) reliée au réservoir par une connexion et se terminant par une aiguille ou une canule souple pénétrant légèrement dans la peau. L'aiguille ou la canule est maintenue par un adhésif de sécurité résistant à l'eau (figure 8).

Pour les modèles à capteur augmenté, un CGM transmet les données à la pompe. Le réservoir est rempli avec une insulinothérapie analogue à action rapide ou, dans certains cas spécifiques de besoins élevés, avec une insuline concentrée pour réduire la fréquence de changement du réservoir. Le débit basal délivre une insulinothérapie continue sur 24 heures, tandis que les bolus prandiaux ou de correction sont calculés en fonction de la quantité de glucides ingérée et du facteur de sensibilité à l'insuline, permettant une adaptation individuelle et précise.

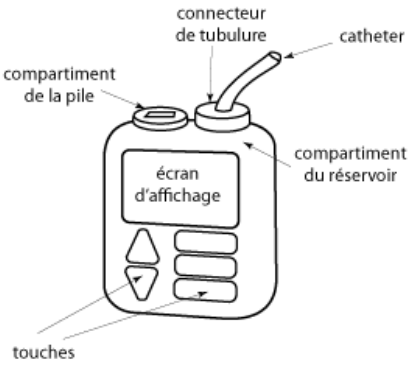

Figure 8 : Schéma d'une pompe à insuline externe (39)

II.2.2. Modes d'utilisation

Les pompes à insuline peuvent être utilisées en mode manuel ou automatique. En mode manuel, le patient et le médecin définissent le débit basal et administrent les bolus selon les besoins, tandis qu'en mode automatique, la pompe communique avec un CGM pour ajuster dynamiquement l'insuline en fonction de la glycémie.
Les dispositifs modernes permettent également la mise en place de débits basaux temporaires et de bolus programmés, tels que le bolus à double vague, combinant une administration immédiate et prolongée, particulièrement utile chez les athlètes pour couvrir les repas avant ou après l'effort.
Le système hybride en boucle fermée constitue une première génération d'automatisation, modulant la perfusion basale tout en laissant au patient le contrôle des bolus.
Des systèmes multi hormonaux entièrement automatisés sont en cours de développement pour offrir une régulation encore plus fine. (38)

II.2.3. Avantages pour l'athlète

Une méta-analyse regroupant 25 essais contrôlés randomisés incluant à la fois des enfants et des adultes atteints de DT1, a comparé l'efficacité de la pompe à insuline (et donc de perfusion d'insuline en continu) à celle des injections quotidiennes multiples. Les résultats ont montré une réduction significative de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) chez les patients traités par pompe, indiquant un contrôle glycémique meilleur. (40)

En revanche, aucune différence notable n'a été constatée concernant les épisodes d'hypoglycémie, qu'ils soient mineurs ou sévères, ni sur la durée des hypoglycémies. Seule une diminution de l'incidence des hypoglycémies nocturnes a été mise en évidence chez les utilisateurs de pompe. Ces données suggèrent que, lorsque le traitement par injections multiples est bien ajusté et surveillé, les bénéfices métaboliques de la pompe restent comparables à ceux des schémas classiques. (40)

L'intérêt principal de la pompe à insuline semble résider non pas uniquement dans l'amélioration des paramètres glycémiques, mais surtout dans la simplification de la prise en charge quotidienne, en particulier la réduction du nombre d'injections. Ainsi, il est estimé qu'un traitement conventionnel par multi-injections peut atteindre jusqu'à 1 460 piqûres par an, alors que le changement du set de perfusion avec la pompe s'effectue trois fois par semaine, réduisant le nombre de piqûres autour de 56 par an (36). Par ailleurs, l'automatisation partielle de l'administration d'insuline avec la pompe facilite l'observance thérapeutique. Cette technologie permet enfin une meilleure adaptation aux variations physiologiques et comportementales, et contribue à améliorer la qualité de vie et la satisfaction thérapeutique des patients, notamment chez les sujets jeunes ou les sportifs dont les besoins insuliniques fluctuent fréquemment. (41)

II.3. Systèmes combinant CGM et pompe : vers la boucle fermée (pancréas artificiel)

L'association entre une pompe à insuline et un CGM représente aujourd'hui l'un des progrès les plus significatifs dans la prise en charge du DT1. Elle vise à reproduire artificiellement le fonctionnement du pancréas qui régule en permanence le taux de glucose sanguin par une sécrétion adaptée d'insuline.

Deux grands modèles existent, dans la boucle ouverte, le capteur fournit des informations en temps réel sur l'évolution de la glycémie, mais c'est le patient qui, à partir de ces données, ajuste manuellement la pompe et choisit la quantité d'insuline à administrer. Cette approche améliore déjà considérablement le contrôle par rapport aux injections multiples, mais elle demande une vigilance constante et repose encore largement sur les décisions de la personne diabétique.

Dans la boucle fermée, souvent appelée « pancréas artificiel », le fonctionnement est plus automatisé, le capteur transmet directement ses données à la pompe, et un algorithme analyse en continu les variations glycémiques pour ajuster automatiquement la délivrance d'insuline. Ce système peut même anticiper certaines situations, par exemple en suspendant temporairement l'injection si une hypoglycémie est prévisible.

La plupart de ces systèmes sont pour l'instant qualifiés « d'hybrides », car ils ne remplacent pas totalement l'intervention humaine. Les débits basaux et certaines corrections sont automatisés, mais l'utilisateur doit encore annoncer les repas pour que la pompe puisse délivrer un bolus adapté.

Néanmoins, la technologie progresse rapidement et les perspectives sont prometteuses. Parmi les innovations attendues figurent les pompes dites « patch » qu'on peut déjà observées chez des patients, dépourvues de tubulure et directement fixées sur la peau, qui offrent une plus grande discrétion et davantage de confort pour les sportifs. Des systèmes multi hormonaux, associant insuline et glucagon, sont également en étude. Enfin, les futurs algorithmes devraient intégrer d'autres données physiologiques, comme la fréquence cardiaque ou le niveau d'activité afin de prédire les variations glycémiques avant qu'elles ne surviennent et d'ajuster les doses de manière encore plus fine.

II.4. Les stylos connectés

Les stylos connectés représentent aujourd'hui l'étape la plus récente de cette progression. Ils permettent de transférer automatiquement les données d'injection vers une application mobile offrant ainsi un lien direct entre l'acte d'injection et la surveillance glycémique, qu'elle soit classique ou continue. Leur conception peut aller du simple capuchon adaptable à un stylo jetable jusqu'au stylo intelligent réutilisable capable de communiquer de manière bidirectionnelle avec un logiciel central. L'idée maîtresse est de rendre visibles, organisées et exploitables les données d'insulinothérapie, afin d'aider l'utilisateur à mieux gérer son traitement tout en conservant le geste d'injection manuel.

Ces stylos connectés et intelligents se distinguent par une série de fonctions destinées à améliorer le suivi quotidien :

- Rappel d'administration : affichage de la dernière injection et notifications pour prévenir les bolus oubliés.
- Alerte en cas de double injection : prévention du surdosage, particulièrement utile chez les personnes âgées.
- Historique des doses : consultation de l'heure et de la quantité d'insuline administrée, avec détection des oublis prandiaux ou basaux.
- Indication de la quantité d'insuline restante : aide au changement du stylo ou de la cartouche.
- Calculateur de bolus : suggestion posologique tenant compte de l'insuline active.
- Contrôle de la température : alerte en cas de conservation inappropriée pouvant altérer la stabilité de l'insuline.

Grâce à ces fonctions, ces dispositifs peuvent réduire les erreurs courantes de l'insulinothérapie, améliorer l'observance et augmenter le temps passé dans la cible glycémique.

Ces stylos s'adressent à un large éventail de personnes vivant avec un diabète, qu'il s'agisse de patients refusant ou n'ayant pas accès aux pompes à insuline, de personnes sous schéma d'injections multiples ou encore de celles ayant tendance à oublier leurs doses ou à faire des erreurs de manipulation. L'association des stylos connectés à des systèmes de surveillance continue du glucose renforce encore leur intérêt, en permettant une prise de décision plus éclairée et en rapprochant l'utilisateur d'un fonctionnement semi-automatique, plus discret et financièrement plus accessible que les systèmes en boucle fermée.

D'autre part, le marché mondial reste encore largement dominé par les stylos jetables, dont la production annuelle atteint plusieurs milliards d'unités et génère d'importants volumes de déchets plastiques. Les stylos intelligents, souvent réutilisables, apparaissent comme une alternative potentiellement plus durable, mais leur recyclage demeure complexe en raison de la présence de composants électroniques et de batteries intégrées. Actuellement non remplaçables, ces batteries constituent l'un des points critiques du dispositif et représentent une opportunité de développement pour améliorer la longévité des stylos.

Les stylos actuellement disponibles constituent seulement la première génération d'une technologie en pleine expansion. Les évolutions attendues incluent une intégration plus poussée des données provenant d'objets connectés comme les montres intelligentes,

les smartphones ou les capteurs environnementaux, permettant une personnalisation encore plus fine de l'insulinothérapie. Les futurs stylos pourraient exploiter directement les données des systèmes de surveillance continue du glucose afin de proposer des doses ajustées en temps réel, tout en réduisant les fluctuations glycémiques aiguës. La détection automatique des repas constitue également une voie prometteuse. L'utilisation de systèmes d'intelligence artificielle devrait permettre d'analyser automatiquement les profils glycémiques, de générer des suggestions posologiques personnalisées ou même d'autoriser, à terme, un ajustement à distance des doses par le médecin ou par un système expert. Ces perspectives ouvrent la voie à une insulinothérapie plus fluide, plus précise et davantage soutenue par l'analyse automatisée des données, tout en maintenant la responsabilité finale de l'injection entre les mains de la personne diabétique. (42)

La compréhension des dispositifs actuels et des innovations qui les accompagnent offre un cadre solide pour aborder un aspect pratique fondamental : la gestion du diabète autour de l'effort physique, où les besoins glycémiques évoluent en permanence.

III. Gestion des glycémies avant, pendant et après l'effort

III.1. Les exigences du tennis

Le tennis se distingue par ses caractéristiques uniques, qui influencent fortement les exigences physiques, physiologiques et tactiques du jeu. Il s'agit d'un sport intermittent, alternant des périodes de haute intensité très courtes avec des phases de récupération plus ou moins brèves, sur une durée totale de match pouvant varier d'une à plusieurs heures.

III.1.1. Nature intermittente du jeu

Le tennis alterne des efforts courts et intenses de 4 à 10 secondes, entrecoupés de phases de récupération de 10 à 20 secondes, ainsi que de périodes plus longues de 60 à 90 secondes. Ces temps sont encadrés par des règles strictes : 20 secondes entre les points, 90 secondes entre les changements de côté et 120 secondes entre les sets.

Chaque point implique des départs et arrêts rapides, des mouvements répétitifs au-dessus de la tête et la sollicitation de multiples groupes musculaires. Les déplacements sont courts mais intenses : en moyenne 3 mètres par coup et 8 à 12 mètres par point, avec environ quatre changements de direction par point. Les échanges durent généralement moins de 8 secondes, comportant 2,5 à 3 coups par échange, selon la surface, le sexe, le type de balle et le style de jeu. Un joueur de tennis parcourt entre 3 et 5 km de distance par match en moyenne. (43)

III.1.2. Influence de la surface et du style de jeu

Le tennis se distingue des autres sports majeurs par la diversité de ses surfaces de jeu : terre battue, gazon et surface dure. Chacune d'elle influence de manière significative la durée et l'intensité des échanges. Sur terre battue, les échanges sont généralement plus longs, et le temps de jeu effectif représente 20 à 30 % de la durée totale du match. À l'inverse, sur des surfaces plus rapides comme le gazon, cette proportion tombe à environ 10 à 15 %.

Les matchs féminins se caractérisent également par des échanges plus longs, ce qui reflète des différences de styles de jeu et de stratégies entre les sexes. Ces variations soulignent l'influence conjointe de la surface et du sexe sur l'activité en match, ainsi que sur les exigences physiques et tactiques propres à chaque situation.

Ainsi, la conception des programmes d'entraînement devrait tenir compte de ces facteurs. Il apparaît notamment pertinent d'accentuer le travail aérobie lors de la préparation à des compétitions sur terre battue ou pour les joueuses, afin d'optimiser la performance en fonction des contraintes spécifiques de la surface et du profil des athlètes. (43)

III.1.3. Exigences physiologiques

L'intensité moyenne d'un match est modérée, avec une consommation d'oxygène approximative de 50 % du $\dot{V}O_2max$ et une fréquence cardiaque moyenne de 140 à 160 bpm, pouvant atteindre 190 à 200 bpm lors d'échanges intenses. (43)

Sur le plan énergétique, la filière anaérobie alactique est principalement sollicitée pendant les échanges, tandis que la filière aérobie intervient dans les phases de récupération entre les points et lors des changements de côté, permettant le remboursement partiel de la dette d'oxygène. Elle contribue également au maintien des qualités physiques tout au long de la rencontre et à une récupération efficace entre les matchs. En compétition, la concentration moyenne en lactates se situe autour de 3,3 $mmol.l^{-1}$, mais des pics compris entre 5 et 8 $mmol.l^{-1}$ peuvent apparaître selon la fréquence et la longueur des échanges.
La source énergétique dominante provient des glucides (70 à 80 %), tandis que le métabolisme lipidique augmente avec la durée du match, atteignant jusqu'à 40 % de la dépense énergétique lors des confrontations prolongées. L'oxydation des graisses tend à être plus précoce et plus importante chez les femmes. (44)

Sur le plan musculaire, le tennis de haut niveau repose sur des mouvements explosifs et répétés, sollicitant fortement la musculature, en particulier lors des démarrages, changements de direction et freinages.
Quatre types principaux d'impulsions peuvent être distingués :

- Création de mouvement (démarrage de course, frappe, service),
- Relance de mouvement (accélération ou ajustement pendant la frappe),
- Freinage (ralentissement avant la frappe, glissade, blocage),
- Changement de direction (ralentissement puis impulsion pour modifier le déplacement).

Au fil du match, le joueur doit mobiliser ses capacités d'endurance de force pour maintenir un haut niveau de puissance explosive. Ces exigences musculaires spécifiques doivent

orienter la planification du renforcement vers des exercices précis et fonctionnels, adaptés aux contraintes du jeu. (44)

Sur le plan mécanique, les déplacements sur le court se caractérisent par une succession rapide d'appuis et de changements de direction. Une étude menée a montré que :

- Un point comprend en moyenne 4 changements de direction
- 80 % des frappes sont réalisées après un déplacement inférieur à 2,5 m
- 10 % surviennent après une glissade et un déplacement inférieur à 4,5 m
- Les frappes après une course de plus de 5 m représentent moins de 5 % des cas
- Les appuis ouverts, de plus en plus fréquents dans le jeu moderne, constituent une séquence « multifonctions » essentielle : ils combinent freinage, ajustement et relance, tout en favorisant la production de balles liftées grâce à une plus grande rotation du tronc. Cette complexité gestuelle impose un apprentissage technique rigoureux et un renforcement musculaire spécifique des membres inférieurs, du tronc et du haut du corps. (44)

Sur le plan psychologique, les qualités mentales comme la concentration, la maîtrise émotionnelle, la volonté et la tolérance au stress sont unanimement reconnues par les entraîneurs comme déterminantes pour atteindre le plus haut niveau de performance. Leur développement doit accompagner le travail physique et technique. (44)

III.1.4. Facteurs tactiques et stratégiques

Le comportement tactique (offensif ou défensif), le style de jeu (fond de court ou service-volée), la surface du court, le type de balle et les facteurs environnementaux influencent fortement les schémas d'activité et de récupération, et donc la charge physiologique du joueur.
L'entraînement doit être spécifique non seulement à la surface et au sexe du joueur, mais également à son profil tactique et à la durée probable des échanges.
Ainsi, selon le style de jeu adopté, les exigences physiques et techniques diffèrent.
Un joueur de fond de court, souvent caractérisé par un jeu de patience et de construction, est soumis à des échanges longs et à une sollicitation cardio-respiratoire importante. Il devra donc accorder une attention particulière au développement de l'endurance aérobie, de la résistance à la fatigue musculaire ainsi qu'à la régularité technique sous fatigue.
Un joueur offensif ou de service-volée, à l'inverse, s'appuie sur des échanges courts et des phases d'effort très intenses entrecoupées de récupérations fréquentes. Son entraînement devra privilégier le développement de la puissance anaérobie alactique, de la vitesse de réaction et de la force explosive, notamment au service et lors des déplacements vers l'avant.
Un joueur polyvalent, capable d'alterner entre jeu défensif et offensif selon le contexte, devra rechercher un équilibre entre endurance et explosivité.

III.1.5. Qualités physique requises

Le tennis requiert à la fois des qualités physiques générales et des qualités spécifiques à sa pratique. Il est donc essentiel d'identifier celles que le joueur doit travailler en priorité afin de répondre aux exigences du jeu et d'optimiser sa performance (tableau 6).

Qualités physiques générales	Objectifs d'entraînements	Qualités physiques spécifiques
- Vitesse de réaction - Vitesse gestuelle - Vitesse de course - Force maximale - Puissance maximale - Force explosive	Développer la qualité musculaire	- Capacité d'accélération - Capacité de freinage - Détente horizontale et verticale - Force explosive du haut et du bas du corps - Force isométrique et dynamique du tronc (gainage) - Force isométrique et dynamique du poignet - Vitesse de déplacement
- Capacité anaérobie alactique - Puissance anaérobie lactique - Capacité anaérobie lactique - Puissance aérobie - Capacité aérobie	Augmenter la résistance à l'effort	- Endurance de vitesse - Endurance de force - Endurance spécifique - Capacité de récupération
- Adresse - Souplesse - Equilibre	Améliorer la coordination des mouvements	- Dissociation haut-bas - Synchronisation des actions musculaires - Relâchement musculaire - Souplesse dynamique - Équilibre dynamique

Tableau 6 : Qualités physiques requises au tennis (44)

L'ensemble de ces exigences physiologiques et tactiques souligne l'importance d'une préparation adaptée et d'une gestion métabolique précise de l'effort. La maîtrise de ces paramètres avant, pendant et après l'activité devient alors un facteur clé de performance et de sécurité.

III.2. Gestion avant l'effort

Avant un entraînement ou un match, l'objectif principal pour le joueur de tennis diabétique est de débuter l'activité avec une glycémie stable afin de limiter le risque d'hypoglycémie ou d'hyperglycémie par la suite. L'anticipation et la planification sont donc essentielles, en tenant compte de la durée, de l'intensité prévue et du contexte de jeu. Dans le tennis, cette préparation est particulièrement complexe, car la durée d'un match est imprévisible, dépendant du format, du niveau de jeu, du style tactique et des conditions extérieures (température, humidité, altitude…).
Une glycémie initiale d'environ 1,5 g/L ou supérieure est généralement considérée comme une valeur cible, assurant à la fois une réserve glucidique suffisante pour alimenter les muscles pendant l'effort et une sécurité vis-à-vis du risque d'hypoglycémie. Cette plage reste modulable selon la nature de l'effort et le traitement insulinique utilisé. (45)

Lorsque l'activité physique dure moins d'une heure, l'ajustement du traitement dépend du délai qui sépare l'effort du dernier repas. Si l'activité a lieu dans les trois heures suivant un repas et qu'elle a pu être anticipée, la réduction portera principalement sur l'insuline prandiale, qu'il s'agisse d'un analogue rapide ou d'un bolus administré par pompe. En fonction de l'intensité, la dose d'insuline rapide sera diminuée de 30 à 50 % pour un exercice de faible intensité, de 50 à 75 % pour un effort modéré, et de 75 % pour un exercice intense d'environ trente minutes. Dans ce cas, il n'est généralement pas nécessaire de modifier l'insuline basale. En revanche, si l'activité n'a pas été anticipée et qu'aucune réduction prandiale n'a été effectuée, il est alors conseillé de débuter l'effort avec une glycémie plus élevée, comprise entre 150 et 180 mg/dL, afin de compenser la quantité d'insuline encore active dans l'organisme.

Lorsque l'activité est réalisée à distance du repas, soit plus de trois heures après celui-ci, l'ajustement doit porter sur l'insuline basale, qu'il s'agisse de l'analogue lent ou du débit basal de la pompe. Chez les utilisateurs de pompe à insuline, la réduction du débit basal doit idéalement être programmée environ une heure avant le début de l'exercice pour limiter l'insuline active circulante et réduire le risque d'hypoglycémie. Cette diminution doit être d'au moins 50 % pendant l'heure qui précède l'activité et pendant toute sa durée. Dans certains cas, notamment pour des efforts de forte intensité ou présentant un risque hypoglycémique élevé, le débit peut être temporairement suspendu. En cas de déconnexion de la pompe cette interruption ne doit pas excéder deux heures afin d'éviter une hyperglycémie ou une cétose. Si la déconnexion est prolongée, une petite dose d'insuline rapide peut être administrée avant ou après l'effort pour compenser la dose non délivrée. Chez les patients sous multi-injections, aucune modification de la dose d'insuline basale n'est habituellement nécessaire pour une activité de courte durée.

Dans le cas d'une activité prolongée, supérieure à une heure, il est recommandé de réduire globalement la quantité d'insuline active en ajustant à la fois la dose prandiale et le débit basal. Parallèlement, des apports glucidiques doivent être envisagés au cours de l'effort. Une augmentation des apports glucidiques au repas suivant ou au coucher peut également contribuer à limiter les épisodes hypoglycémiques post-exercice.

Le risque d'hypoglycémie différée, notamment nocturne, dépend principalement de la durée et de l'horaire de l'activité physique. Pour une activité courte, d'environ trente minutes, ce risque est faible. En revanche, pour une activité dépassant une heure, un risque

d'hypoglycémie tardive subsiste, malgré la réduction préalable des doses d'insuline. Lorsque l'activité a lieu en fin d'après-midi ou en soirée, une autosurveillance glycémique au coucher est indispensable. Si la glycémie est inférieure à 150 mg/dL, une collation glucidique préventive doit être consommée. Une réduction du débit basal nocturne de l'ordre de 10 à 20 % peut également être envisagée chez les utilisateurs de pompe à insuline, tout comme une diminution de la dose d'insuline lente. Lorsque l'activité a eu lieu plus tôt dans la journée, il est possible de réduire le débit basal d'environ 20 % ou le bolus du repas suivant d'environ 30 %, en fonction de la durée et de l'intensité de l'effort réalisé.

Enfin, avant de débuter une activité physique, une attention particulière doit être portée à la gestion de l'hyperglycémie. Si la glycémie est supérieure à 300 mg/dL, il est nécessaire de vérifier la présence d'acétone. En cas de cétonurie positive, l'activité doit être différée et l'épisode métabolique corrigé avant toute reprise de l'effort. En l'absence d'acétone, l'activité peut être envisagée sous réserve d'une évaluation attentive de la tendance glycémique et d'une identification de la cause de l'hyperglycémie. Celle-ci peut être liée à un stress aigu, souvent transitoire, et ne nécessitant pas forcément de correction, ou à un déficit en insuline, auquel cas une dose corrective modérée peut être administrée. Toutefois, il est déconseillé d'effectuer des corrections trop rapprochées avant l'effort, en particulier sous pompe, car cela expose à un risque accru d'hypoglycémie en début d'exercice. (46)

III.3. Gestion pendant l'effort

Pendant l'effort, que ce soit en match ou à l'entraînement, la glycémie peut fluctuer rapidement.

III.3.1. Surveillance glycémique

La surveillance glycémique est essentielle pour anticiper et corriger les déséquilibres. Les capteurs de glycémie en continu offrent un suivi permanent et alertent le joueur lorsqu'une hypoglycémie ou hyperglycémie se profile. Les mesures capillaires ponctuelles restent utiles et peuvent être réalisées pendant les changements de côté en match, ou lors des pauses prévues pendant l'entraînement. Le cas échéant, ces mesures permettent d'ajuster immédiatement les apports glucidiques et l'administration d'insuline.

III.3.2. Gestion de l'hypoglycémie

En cas d'hypoglycémie ressentie ou d'une glycémie ≤ 0,7 g/L pendant l'activité physique, il est impératif d'interrompre immédiatement l'exercice, quel que soit le type de sport, afin d'éviter une aggravation de la situation. Une pause transitoire est indispensable, accompagnée d'un apport rapide d'au moins 15 g de glucides à index glycémique élevé. Selon la situation et l'intensité de l'hypoglycémie, un supplément de glucides peut être nécessaire pour rétablir la glycémie (tableau 7).

La surveillance glycémique doit être reprise environ 30 minutes après l'hypoglycémie afin de s'assurer du retour à des valeurs sûres.

Type d'activité physique	Glycémie (mmol/L)	Supplémentation en glucides
Courte durée (< 30min) à faible intensité	< 5,5	10 à 15g
	> 5,6	non nécessaire
Durée moyenne (entre 30 et 60min) à intensité moyenne	< 5,5	30 à 45g
	entre 5,6 et 9,9	15g par 30 à 45min d'exercices
	> 10	non nécessaire
Longue durée (> 60min) à intensité élevée	< 5,5	45g
	entre 5,6 et 9,9	30 à 45g
	> 10	15g par heure

Tableau 7 : Supplémentation en glucides en fonction de la glycémie et du type d'effort (47)

Chez les patients sous pompe à insuline, il n'existe pas de consensus strict concernant l'arrêt ou la modulation du débit basal pendant l'hypoglycémie. Cependant, le resucrage rapide reste la stratégie la plus efficace, car l'inertie des analogues rapides actuels implique que l'insuline active continue d'agir même après l'arrêt ou la réduction temporaire du débit basal. Ainsi, l'apport de glucides permet une correction plus rapide et sécurisée de l'hypoglycémie. (47)

III.3.3. Gestion de l'hyperglycémie

L'objectif glycémique dans le cadre d'une hyperglycémie reste difficile à préciser et à corréler avec des actions correctives, contrairement à la prévention de l'hypoglycémie, qui est mieux codifiée. Chez les patients sous pompe à insuline, les corrections par bolus avant le début de l'activité sont déconseillées, car elles augmentent l'insuline active et majorent le risque d'hypoglycémie pendant l'effort.

En cas d'hyperglycémie, il est essentiel de prévenir l'acidocétose, même si sa survenue reste rare et que le contrôle de l'acétone est rarement réalisé. Cette complication aiguë, se caractérise par une hyperglycémie, une hypercétonémie et une acidose métabolique. Elle résulte d'un déficit en insuline associé à une augmentation des hormones

contre-régulatrices (glucagon, cortisol, catécholamines), entraînant la lipolyse, la néoglucogenèse et la production de corps cétoniques (acide acétoacétique, bêta-hydroxybutyrique) qui acidifient le sang. L'insuline, normalement capable de bloquer cette cétogenèse, étant absente, l'accumulation de ces acides entraîne une acidose métabolique, tandis que l'hyperglycémie provoque une diurèse osmotique responsable d'une déshydratation et de pertes importantes de sodium et de potassium.

La symptomatologie comprend nausées, vomissements, douleurs abdominales, fatigue, somnolence, hypotension, tachycardie, dyspnée profonde et haleine fruitée. Chez l'enfant, un œdème cérébral aigu peut survenir dans environ 1 % des cas, parfois mortel, souvent lié à un traitement trop rapide de l'acidose ou à une déshydratation sévère.
Le diagnostic repose sur un pH artériel < 7,30, un trou anionique > 12 et la présence de cétonémie, accompagnés ou non d'une hyperglycémie.

Différents facteurs expliquent l'absence de mesure d'acétone, comme la sensation perçue par le patient, le recours exclusif au seuil glycémique pour décider d'une correction, ou encore des difficultés techniques. Lorsqu'elle est recherchée, seule une minorité de patients vérifie l'acétone et parmi eux, une majorité modifient leur comportement en conséquence, par exemple en vérifiant leur système d'infusion, en réalisant un bolus via la pompe ou au stylo, ou en arrêtant temporairement l'activité physique, tandis qu'une part poursuit l'activité sans correction immédiate mais contrôle la glycémie plus tard. Malgré ces pratiques, des patients démarraient et poursuivraient l'activité même en présence d'acétone. Les recommandations imposent au contraire d'interrompre ou de ne pas débuter l'activité tant que l'acétone n'a pas disparu après une correction d'insuline au stylo et une vérification complète du système de perfusion. Selon le Système national des données de santé (SNDS), la surveillance glycémique par capteur de glucose en continu a permis de réduire la fréquence d'incidents sévères, dont l'acidocétose, par rapport à l'autosurveillance classique, grâce à une meilleure observance et un suivi plus rigoureux. (48)

III.3.4. Stratégie pratique

En pratique, pendant les changements de côté en match ou les pauses d'entraînement, le joueur peut scanner son CGM ou effectuer une glycémie capillaire, puis adapter son comportement : prise de glucides rapides en cas de diminution, hydratation en cas d'augmentation, ou ajustement du débit basal via la pompe. Les collations et boissons doivent être préparées et facilement accessibles, et le joueur doit toujours avoir avec lui une trousse contenant son matériel complet : lecteur de glycémie, bandelettes, stylos ou pompe de secours, insuline, réserves de glucides rapides et parfois glucagon en cas d'urgence. Cette anticipation évite toute rupture dans la prise en charge et sécurise l'effort. La fréquence des contrôles varie selon le contexte : toutes les 30 à 60 minutes par exemple lors d'un entraînement prolongé ou à chaque set lors d'un match. Cette organisation permet au joueur diabétique de réagir immédiatement aux fluctuations glycémiques, de limiter les risques d'hypo ou d'hyperglycémie, et de maintenir sa performance malgré l'imprévisibilité du tennis, tout en anticipant les ajustements nécessaires pour la récupération post-exercice.

III.4. Gestion après l'effort

La période suivant l'exercice représente un moment délicat pour l'équilibre glycémique du joueur de tennis atteint de DT1. Après un match ou un entraînement, la glycémie peut évoluer dans deux directions opposées : rester trop élevée à cause des hormones de stress libérées pendant l'effort (adrénaline, cortisol, glucagon), ou au contraire chuter plusieurs heures après, en raison de la consommation continue de glucose par les muscles. Une correction post-exercice peut être nécessaire en cas d'hyperglycémie persistante, réalisée via une injection d'insuline rapide (multi-injections) ou un bolus correctif (pompe). Cette correction doit cependant être prudente : en phase de récupération, les muscles augmentent leur sensibilité à l'insuline et continuent à capter le glucose pour reconstituer leurs réserves de glycogène. On estime que cette sensibilité est augmentée de 30 à 50 % pendant les 24 heures suivant un effort prolongé. Ainsi, une dose trop importante expose à une hypoglycémie différée.
L'hydratation est également cruciale dans ce contexte, car elle compense la diurèse osmotique liée à l'hyperglycémie et limite le risque de déshydratation, de fatigue et de perte d'électrolytes. Les recommandations insistent sur une consommation régulière d'eau, soit environ 150 à 250 mL toutes les 20 minutes pendant et après l'effort.
Un risque particulier est aussi celui de l'hypoglycémie retardée, qui survient dans les heures suivant l'arrêt de l'effort, souvent entre 6 et 15 heures après l'activité. Elle est due à la captation musculaire prolongée du glucose, stimulée par la sensibilité accrue à l'insuline qui persiste plusieurs heures après l'activité. Ce phénomène est d'autant plus préoccupant la nuit, lorsque les mécanismes de défense hormonaux (adrénaline, cortisol, hormone de croissance) sont moins actifs et que les signaux d'alerte de l'hypoglycémie sont souvent absents. On estime qu'entre 30 et 40 % des hypoglycémies nocturnes surviennent dans un contexte d'activité physique intense réalisée en fin de journée. Les hypoglycémies nocturnes peuvent ainsi se manifester par une glycémie basse au réveil, une fatigue marquée ou, dans des cas plus sévères, des réveils nocturnes difficiles nécessitant une intervention. (46)
Pour prévenir ce risque, plusieurs stratégies sont recommandées :

- vérifier que la glycémie au coucher ne soit pas trop basse
- utiliser un capteur de glycémie en continu avec alarmes nocturnes, qui permet de détecter rapidement une chute (49)
- adapter le traitement insulinique, soit en réduisant temporairement le débit basal pendant quelques heures, soit en ajustant la dose d'insuline lente dans un schéma multi-injection
- prévoir une collation au coucher, de préférence composée de glucides complexes associés à des protéines, afin d'assurer un apport énergétique prolongé et de limiter le risque de chute glycémique nocturne.

La régulation de l'effort ne repose pas uniquement sur les ajustements insulinothérapeutiques et le contrôle glycémique. Elle s'appuie également sur une approche nutritionnelle adaptée, essentielle pour maintenir la performance, prévenir l'hypo et l'hyperglycémie, et optimiser la récupération après l'exercice.

IV. Prise en compte des facteurs nutritionnels et stratégies nutritionnelles spécifiques au tennis

IV.1. Les macro-nutriments et les micro-nutriments

IV.1.1 Les glucides

Les glucides constituent la principale source d'énergie pour le sportif, en particulier lors d'efforts prolongés ou intenses, car ils permettent la constitution et le maintien des réserves de glycogène musculaire et hépatique. Pour le sportif DT1, leur rôle est crucial afin de prévenir les hypoglycémies pendant l'effort, mais leur gestion doit être accompagnée d'un ajustement de l'insulinothérapie. Les recommandations varient de 5 à 7 g/kg/j pour un exercice modéré, jusqu'à 10–12 g/kg/j pour un entraînement intensif ou de longue durée. (50) Le timing de l'apport glucidique est également important : un repas riche en glucides complexes doit être pris 3 à 4 heures avant l'effort, tandis qu'une collation glucidique de 1 à 2 g/kg une heure avant peut optimiser les réserves. (51)
On distingue deux types de glucides :

- Les glucides lents (ou complexes) : présents dans les céréales complètes, légumineuses, pâtes, riz ou pain complet. Ils sont digérés progressivement, entraînant une élévation modérée et stable de la glycémie, et assurent un apport énergétique prolongé. Ce sont ceux à privilégier dans le repas 3 à 4 heures avant l'effort.
- Les glucides rapides (ou simples) : présents dans les fruits, jus de fruits, miel, bonbons ou boissons sucrées. Ils sont absorbés rapidement, provoquant une élévation rapide de la glycémie et un apport énergétique immédiat. Ils sont particulièrement utiles juste avant ou pendant l'effort pour prévenir ou corriger une hypoglycémie. (50)

IV.1.2. Les protéines

Les protéines jouent un rôle essentiel dans la réparation musculaire, la récupération et l'adaptation à l'entraînement. Elles participent également à la stabilisation de la glycémie, notamment grâce à la néoglucogenèse lors d'efforts prolongés. Chez le sportif diabétique, leur consommation contribue à limiter les fluctuations glycémiques post-effort en ralentissant l'absorption des glucides. Un apport d'environ 20 à 30 g de protéines après l'exercice est recommandé pour soutenir efficacement la récupération musculaire et métabolique.

Sur le plan global, les recommandations de la Société internationale de nutrition sportive (ISSN) préconisent un apport quotidien de 1,4 à 2,0 g de protéines par kilogramme de poids corporel pour la majorité des personnes pratiquant une activité physique régulière, afin d'optimiser les adaptations induites par l'entraînement. Cette plage se situe dans l'intervalle de distribution acceptable des macronutriments (10 à 35 % des apports énergétiques totaux). Les besoins varient selon le type et l'intensité de l'exercice, la qualité des protéines consommées, ainsi que l'état énergétique et glucidique de l'athlète.

Des données récentes suggèrent qu'un apport plus élevé, supérieur à 3 g/kg/j, pourrait améliorer la composition corporelle sans risque pour la santé chez les personnes en bonne condition physique. Il est recommandé de privilégier les sources alimentaires complètes riches en protéines de haute qualité (œufs, produits laitiers, viandes maigres, poissons, légumineuses associées à des céréales), mais les compléments protéiques constituent une option sûre et pratique pour atteindre les apports nécessaires.

Le moment de la consommation est également déterminant : un apport protéique avant ou après l'entraînement favorise la récupération, la synthèse protéique musculaire et le développement de la masse maigre. Par ailleurs, la prise de protéines avant le coucher s'est révélée bénéfique pour stimuler la synthèse protéique nocturne, améliorer le métabolisme matinal et renforcer la masse et la force musculaires sur le long terme. Enfin, les suppléments contenant des protéines intactes, des acides aminés essentiels ou de la leucine ont montré un effet positif sur la stimulation de la synthèse protéique, la réduction de la dégradation musculaire et l'amélioration de la récupération post-effort. (52)

IV.1.3. Les lipides

Les lipides représentent un substrat énergétique essentiel lors des efforts prolongés d'intensité modérée. Ils fournissent les calories nécessaires ainsi que les vitamines liposolubles et les acides gras essentiels. Toutefois, leur digestion lente justifie de limiter leur consommation immédiatement avant la compétition afin d'éviter tout inconfort digestif. Une consommation de lipides comprise entre 20 % et 35 % de l'apport énergétique total est recommandée. Une consommation inférieure ou égale à 20 % de l'apport énergétique provenant des lipides n'améliore pas les performances. (50)

IV.1.4. Les micro-nutriments

Les micronutriments doivent être surveillés avec attention. Une couverture adéquate en vitamines et minéraux tels que le fer, le calcium, le magnésium et les antioxydants est indispensable car toute carence peut majorer la fatigue, ralentir la récupération et accentuer le stress oxydatif lié à l'exercice. Les micronutriments regroupent l'ensemble des vitamines et des minéraux essentiels au bon fonctionnement de l'organisme.

Les vitamines remplissent de multiples fonctions biologiques, intervenant dans la coagulation, le fonctionnement du système musculaire, nerveux et immunitaire. Elles sont classées en deux catégories : les vitamines hydrosolubles (groupe B et C), qui doivent être régulièrement renouvelées, et les vitamines liposolubles (A, D, E, K), qui peuvent être stockées dans l'organisme.

Les minéraux, tout comme les vitamines, sont indispensables. Chez le sportif, une attention particulière doit être portée aux apports en calcium, en vitamine D et en fer. Le calcium joue un rôle central dans la santé osseuse, l'activité enzymatique et la contraction musculaire. Les apports quotidiens recommandés sont de 860 mg chez les 19 à 23 ans et de 750 mg chez les adultes de plus de 24 ans. La vitamine D, quant à elle, favorise l'absorption intestinale du calcium et du phosphore, contribuant ainsi au renouvellement osseux. Elle présente un effet hypercalcémiant et hyperphosphatémique, et la référence nutritionnelle pour la population adulte est fixée à 15 µg/j.

Le fer est un autre élément essentiel, notamment pour le transport et le stockage de l'oxygène. Il entre dans la composition de l'hémoglobine, assurant le transport de l'oxygène dans le sang, et de la myoglobine, qui permet son stockage dans les muscles. Les apports recommandés sont de 11 mg/j pour les hommes et les femmes ayant des pertes menstruelles faibles ou normales, et de 16 mg/j pour les femmes non ménopausées ayant des pertes importantes.

Il n'existe pas de preuve solide que la pratique sportive augmente de manière significative les besoins en micronutriments, mais le sportif présente au minimum les mêmes besoins que la population générale. Ceux-ci doivent être couverts prioritairement par une alimentation variée et équilibrée, riche en aliments à forte densité nutritionnelle. Les aliments les plus favorables à une bonne couverture micronutritionnelle sont les fruits et légumes, les œufs, le lait et les produits laitiers faibles en matières grasses et en sucres, la plupart des produits de la mer ainsi que les féculents non raffinés. (51)

IV.2. Timing des repas et ajustements spécifiques

Les recommandations nutritionnelles aux joueurs de tennis atteints de DT1 sont précisées dans le tableau suivant (tableau 8) :

Moment de l'exercice	Recommandations nutritionnelles et hydriques	Détails et conseils pratiques
Avant l'exercice	* Surveiller la glycémie et ajuster les doses d'insuline selon la charge glucidique * Consommer un repas complet 3/4h avant (glucides complexes + protéines + lipides légers) * Prendre 1 g de glucides/kg une heure avant l'effort ou une collation de 15 g si effort < 45 min * Pré-hydratation : consommer une boisson riche en électrolytes (environ 500 ml) 90 min avant l'effort	* Permet une digestion optimale et une libération progressive du glucose * La boisson de pré-hydratation augmente le volume plasmatique et prépare à la perte hydrique
Pendant l'exercice	* Apport de 30 g de glucides/heure pour efforts > 45–60 min * Maintenir une hydratation régulière : 200 à 400 ml toutes les 15 min selon la température et le taux de sudation * Utiliser des boissons contenant du sodium (type PH 500–1500)	* Les glucides liquides assurent hydratation et énergie. * Adapter la concentration électrolytique selon le taux de transpiration et les conditions climatiques.
Après l'exercice	* Consommer 1-1,2 g de glucides/kg + 20-30 g de protéines dans les 30 min post-effort * Réhydratation : boire 1,5 fois le volume de liquide perdu, avec apport en électrolytes (PH 1500)	* Favorise la récupération musculaire et la resynthèse du glycogène. * Les solutions riches en sodium optimisent la rétention hydrique et accélèrent la réhydratation.

Tableau 8 : Ajustement des repas (54) (51)

Le tennis est un sport à fort coût énergétique et hydrique. Les joueurs de tennis font partie des athlètes les plus sujets à la transpiration, avec des pertes pouvant atteindre 2,5 à 3 litres par heure, et jusqu'à 5 litres dans les cas extrêmes. Ces pertes varient selon la température, l'humidité et l'intensité de l'effort.

La concentration en sodium dans la sueur est très variable (de 200 à 2000 mg/L selon les individus). Un test de sudation personnalisé permet d'évaluer ces pertes et d'adapter la stratégie d'hydratation. Les athlètes qui perdent beaucoup de sodium risquent davantage la fatigue précoce, la déshydratation et les crampes musculaires. Le sodium, en plus de favoriser la rétention des fluides, joue un rôle essentiel dans la contraction musculaire et la transmission nerveuse.

Chez le sportif diabétique, le risque de déshydratation est particulièrement élevé. En effet, une hyperglycémie avant ou pendant l'effort peut entraîner une glycosurie osmotique. Ce phénomène accentue la déperdition hydrique liée à la transpiration et peut conduire à une déshydratation sévère, voire à une augmentation du risque d'acidocétose si l'apport en liquides est insuffisant. De plus, la sensation de soif peut être altérée en cas de déséquilibre glycémique, retardant la réhydratation et aggravant le déficit hydrique. (53)

IV.3. Stratégies spécifiques au tennis

Les besoins énergétiques du joueur de tennis peuvent varier selon la durée du match, les conditions environnementales, le style de jeu... Les apports en macronutriments doivent être répartis de manière à privilégier les glucides (55 à 65 % des apports totaux), indispensables au maintien du glycogène musculaire et hépatique. Les protéines (18 à 20 %) contribuent à la réparation des fibres musculaires endommagées par les efforts répétés, tandis que les lipides (20 à 25 %) doivent être choisis avec discernement afin de ne pas compromettre la digestibilité des repas.
Les micronutriments jouent également un rôle déterminant : le fer, le magnésium, le potassium, le calcium et la vitamine D participent à la contraction musculaire, à la prévention des crampes et au maintien de la santé ostéo-articulaire. L'hydratation, quant à elle, constitue un facteur limitant majeur de la performance. Elle doit donc être rigoureusement anticipée et maintenue avant, pendant et après l'effort. (54)

L'alimentation quotidienne du joueur de tennis doit être structurée en fonction des charges d'entraînement et des jours de compétition.
Les repas doivent inclure :

- des glucides complexes (riz complet, pâtes complètes, quinoa) pour un apport énergétique durable
- des protéines maigres (volaille, poisson, œufs, légumineuses) pour la reconstruction musculaire
- des lipides de qualité (huile d'olive, fruits oléagineux) pour la régulation hormonale et l'équilibre énergétique.

L'hydratation journalière doit dépasser les besoins standards d'un individu sédentaire. Une consommation de 2 à 3 litres d'eau par jour est généralement recommandée pour un joueur en entraînement intensif.
Un petit-déjeuner type par exemple, peut associer pain complet, fromage blanc, banane et amandes, un déjeuner équilibré comprend des pâtes complètes, une source protéique maigre et des légumes, le dîner, orienté vers la récupération, privilégie des glucides complexes, un poisson gras et des légumes verts riches en antioxydants.

Avant le match, le repas principal doit être pris environ trois heures avant le début de la rencontre. Il doit être riche en glucides complexes (riz, flocons d'avoine, patate douce) et pauvre en graisses, fibres et épices afin de favoriser une digestion rapide et un confort gastrique optimal. Une collation légère, consommée trente minutes avant l'échauffement, permet de stabiliser la glycémie sans provoquer d'hypoglycémie réactionnelle. L'hydratation doit débuter dès les heures précédant la rencontre.

Pendant le match, la structure temporelle propre au tennis offre des opportunités d'ajustement nutritionnel. En effet, les changements de côté interviennent tous les deux jeux, soit toutes les 10 à 15 minutes, et s'accompagnent de pauses d'environ 1 minute 30. Ces intervalles représentent des moments stratégiques pour s'hydrater, consommer de petites collations glucidiques et ajuster la glycémie. Les joueurs professionnels exploitent pleinement ces pauses, disposant souvent de plusieurs bouteilles à leur banc : l'une contenant de l'eau, une autre une boisson électrolytique, et une troisième une solution glucidique adaptée à leurs besoins. Ainsi, la nutrition et la gestion métabolique deviennent des éléments intégrés à la stratégie de jeu.
L'intensité et la durée du match conditionnent les besoins nutritionnels. Pour un match court (moins d'une heure), la consommation d'eau et de fruits riches en glucides rapides (banane, dattes) est suffisante. Entre une et deux heures, des apports supplémentaires sous forme de barres de céréales ou de boissons isotoniques deviennent nécessaires pour prévenir la fatigue musculaire. Au-delà de deux heures, l'association de gels énergétiques, de pain d'épices et de boissons riches en électrolytes permet de maintenir les réserves énergétiques et la concentration.

Après le match, la priorité est la reconstitution des réserves de glycogène et la réparation musculaire. L'association d'une source glucidique et d'une source protéique dans l'heure suivant la fin du match optimise la récupération. Une hydratation abondante, de préférence à base d'eaux minérales riches en magnésium, ainsi que la consommation de fruits frais riches en antioxydants (orange, kiwi, baies) favorisent la restauration des équilibres hydriques et ioniques.

Plusieurs comportements peuvent compromettre la performance tennistique :

- Sauter un repas avant un match diminue la disponibilité énergétique et altère la lucidité.
- Consommer des sucres simples en excès juste avant l'effort entraîne une hyperglycémie transitoire suivie d'une hypoglycémie réactionnelle.
- Négliger l'hydratation favorise l'apparition de crampes et la baisse de concentration.
- Ne pas adapter la stratégie nutritionnelle à la durée du match, aux conditions climatiques ou au profil individuel (métabolisme, pathologies) constitue une erreur fréquente. (54)

Les stratégies nutritionnelles doivent cependant être envisagées en interaction avec les mécanismes physiologiques liés au stress, dont l'impact sur le métabolisme énergétique et la récupération, est déterminant chez le joueur de tennis.

V. Prise en compte des facteurs psychologiques et du stress

V.1. Mécanismes physiologiques du stress

Lorsqu'une personne est soumise à une situation stressante, qu'elle soit psychologique, émotionnelle ou liée à l'effort, l'organisme active des réponses neuroendocriniennes complexes.

Deux grands systèmes sont mobilisés :

- le système nerveux sympathique (via l'axe sympatho-surrénalien)
- l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA).

L'activation de l'axe sympatho-surrénalien par le stress, entraîne une stimulation rapide du système nerveux sympathique, provoquant la libération d'adrénaline et de noradrénaline par la médullosurrénale. Ces catécholamines induisent une accélération du rythme cardiaque, une augmentation de la pression artérielle et surtout une mobilisation immédiate des réserves énergétiques. Elles favorisent la glycogénolyse (dégradation du glycogène hépatique) et la néoglucogenèse (production de glucose à partir d'autres substrats), augmentant ainsi la concentration de glucose dans le sang.

Un peu plus tardivement, le stress stimule l'hypothalamus qui sécrète la CRH (corticotropin-releasing hormone). Celle-ci active l'hypophyse, qui libère l'ACTH entraînant à son tour la sécrétion de cortisol par les glandes surrénales. Le cortisol agit en synergie avec les catécholamines mais de façon plus durable. Il stimule la néoglucogenèse hépatique, réduit la captation du glucose par les muscles et le tissu adipeux (en inhibant notamment la translocation des transporteurs GLUT-4) et favorise la lipolyse ainsi que la protéolyse. Ce processus augmente encore la disponibilité en substrats énergétiques, mais au prix d'une résistance à l'insuline accrue. (55) (56)

Les conséquences métaboliques sont donc liées, la combinaison de ces deux axes entraîne :

- une élévation de la glycémie due à l'augmentation de la production hépatique de glucose
- une diminution de l'efficacité de l'insuline et donc une moindre utilisation périphérique du glucose
- une mobilisation accrue des protéines et des lipides comme sources énergétiques alternatives
- une perturbation générale de l'homéostasie métabolique

Ces mécanismes sont physiologiques et protecteurs chez les sujets sans diabète, car l'augmentation de l'insuline endogène peut compenser ces effets. Mais chez les personnes atteintes de DT1, cette compensation est absente, ce qui rend la glycémie beaucoup plus instable en période de stress. (57)

V.2. Particularités du tennis : intensité émotionnelle, exigences tactiques et impact cognitif

Le tennis est un sport mentalement très exigeant. Les émotions y sont particulièrement intenses : tension lors des points importants pour gagner un set ou sur une balle de match, frustration après une faute, excitation lors d'un coup gagnant… Contrairement à d'autres disciplines où la durée est fixe, un match peut durer moins de quarante minutes comme plus de cinq heures. De plus, rien n'est jamais acquis : même lorsqu'un joueur bénéficie d'une balle de match, la rencontre peut basculer. Cette incertitude oblige le joueur à maintenir un haut niveau de vigilance et de concentration jusqu'au dernier point. Ces caractéristiques prolongent et accentuent l'activation du système de stress, maintenant une libération continue d'adrénaline et de cortisol, ce qui favorise les variations glycémiques marquées tout au long de la compétition.

À cela s'ajoute la dimension hautement tactique du tennis : chaque point demande une prise de décision rapide basée sur l'analyse du jeu de l'adversaire, de ses forces et de ses faiblesses, ainsi que sur l'anticipation des coups à venir. Le joueur doit en permanence ajuster sa stratégie, ce qui mobilise fortement la mémoire de travail et les fonctions exécutives. Or, le stress exerce un impact direct sur ces fonctions cognitives. L'élévation du cortisol liée au stress perturbe la mémoire de travail et la flexibilité cognitive, essentielles pour analyser rapidement une situation de jeu et ajuster les choix tactiques. De plus, le stress aigu peut biaiser la prise de décision en favorisant des réponses impulsives ou stéréotypées, au détriment de stratégies réfléchies. Le stress chronique ou répété peut également affecter la plasticité neuronale, en particulier au niveau de l'hippocampe et du cortex préfrontal, régions impliquées dans l'attention, la planification et l'adaptation comportementale. (55)
En pratique, cela signifie que dans un match de tennis, le stress n'agit pas seulement sur la régulation métabolique et la glycémie, mais également sur les capacités cognitives : mémoire, concentration, prise de décision et analyse tactique. Le joueur se trouve donc confronté à un double défi : gérer les fluctuations physiologiques tout en maintenant une performance cognitive optimale malgré la pression émotionnelle et temporelle.

La prise en compte des réponses physiologiques et psychologiques prépare directement à une gestion plus maîtrisée et efficace des situations d'urgence.

VI. Gestion des situations d'urgence

VI.1. Définition et symptômes

La situation d'urgence la plus redoutée chez le sportif diabétique est l'hypoglycémie. Elle correspond à une chute rapide de la concentration de glucose sanguin, généralement en dessous de 0,70 g/L, et se manifeste par un ensemble de symptômes physiques et cognitifs. Souvent, un ou plusieurs signes apparaissent simultanément, et ils sont fréquemment les mêmes chez une même personne. Il est donc essentiel d'apprendre à les reconnaître et à réagir rapidement.
Chez les sportifs, ces épisodes surviennent le plus souvent à la suite de séances d'activité physique intense, d'un jeûne prolongé, d'une alimentation insuffisante ou d'une dose inappropriée d'insuline. La reconnaissance rapide de ces signes est indispensable pour prévenir des complications graves.
Les signes ressentis par la personne peuvent inclure : vision floue, sueurs ou tremblements, fatigue ou sensation de froid, une faim importante.
Les signes observés par l'entourage peuvent inclure : pâleur, somnolence, troubles de la parole, irritabilité.
Devant l'apparition de ces signes, il ne faut pas attendre. Il est essentiel d'agir immédiatement. Lorsqu'elle est traitée rapidement, l'hypoglycémie n'est pas dangereuse, mais une hypoglycémie non corrigée peut rapidement devenir grave. (58)

VI.2. Prise en charge immédiate

La prise en charge d'une hypoglycémie repose sur l'identification rapide des symptômes, la mesure de la glycémie lorsque c'est possible, et l'administration de glucides à absorption rapide.
Si la personne est consciente et capable d'avaler, elle doit consommer 15 à 20 grammes de glucides rapides, par exemple : 3 morceaux de sucre (1 morceau de sucre n°4 = 5 g), 15 cl de jus de fruit, 1 cuillère à soupe de miel ou 15 cl de soda non light.
Il est conseillé de s'asseoir si possible pendant l'ingestion et de ne pas attendre, car l'hypoglycémie ne se corrige pas rapidement d'elle-même. Après 15 minutes, la glycémie doit être contrôlée à nouveau et le traitement répété si nécessaire. Un morceau de sucre par tranche de 20 kg de poids corporel corrige la plupart des hypoglycémies. Si la glycémie est très basse, la quantité peut être doublée au maximum.
Attention, certains produits sont inefficaces pour traiter une hypoglycémie rapidement, car leur absorption est retardée par les fibres ou les matières grasses : fruits entiers, pâtes à tartiner au chocolat, pâte d'amande, chocolat, biscuits.
Après normalisation de la glycémie, il est recommandé de prendre un encas à libération lente, comme du pain complet ou des fruits secs, afin de prévenir une nouvelle chute.
Il faut noter que l'hypoglycémie est souvent suivie d'une hyperglycémie transitoire si l'on consomme trop de sucre en réaction. L'objectif est donc d'administrer juste la quantité nécessaire pour remonter rapidement la glycémie. (59)

VI.3. Prise en charge des hypoglycémie sévères

Une hypoglycémie sévère se caractérise par une perte de connaissance, parfois associée à des convulsions, une somnolence extrême et l'impossibilité de prendre du sucre par la bouche. Dans ce type de situation, il est strictement interdit de donner des aliments ou des boissons par la bouche en raison du risque d'étouffement. La prise en charge urgente repose sur plusieurs mesures essentielles. Il convient d'allonger la personne, de préférence en position latérale de sécurité (PLS), de ne rien lui administrer par la bouche et, si possible, de mesurer sa glycémie. Il est ensuite nécessaire d'administrer sans attendre du glucagon, à l'aide du kit de Glucagen® (figure 9), par voie intramusculaire ou sous-cutanée, uniquement par une personne formée à cette technique.
Après l'injection de glucagon, la personne se réveille généralement en une dizaine de minutes. Dès qu'elle est capable d'avaler, il faut lui donner du sucre à absorption rapide afin de restaurer rapidement la glycémie. Si son état ne s'améliore pas, il est impératif de contacter immédiatement les services d'urgence.
L'utilisation du glucagon n'est pas dangereuse, mais elle peut provoquer des vomissements. En cas de vomissements, il est possible de donner des boissons sucrées en petite quantité et de façon répétée. Il est également important d'informer la famille et l'entourage sur la manière et le moment d'utiliser le Glucagen® ainsi que sur son lieu de conservation.
Le kit de Glucagen® contient un flacon de glucagon en poudre (1 mg), qui constitue le produit actif, et une seringue d'1 ml d'eau permettant de dissoudre la poudre avant administration. Pour l'utilisation, il faut retirer la capsule orange du flacon, enlever le capuchon de l'aiguille, puis piquer l'aiguille de la seringue dans le bouchon du flacon de poudre et injecter toute l'eau dans le flacon. La poudre se dissout instantanément et il n'est

généralement pas nécessaire d'agiter le flacon. La solution de glucagon est ensuite prélevée avec la seringue, en utilisant une demi-ampoule si le poids est inférieur à 25 kg ou 1 ampoule si le poids est supérieur à 25 kg. L'injection peut être réalisée dans le bras, le ventre ou la cuisse, soit en sous-cutané, comme pour l'insuline, soit en intramusculaire, avec une injection un peu plus profonde. (59)

Figure 9 : kit Glucagen®

Toutes ces considérations physiologiques, psychologiques et organisationnelles trouvent leur cohérence dans un travail commun avec l'équipe médicale et sportive, véritable pivot du suivi de l'athlète.

VII. Coordination avec l'équipe médicale et sportive

VII.1. Accès aux équipes médicales dans le tennis professionnel

Dans le tennis professionnel, la majorité des joueurs sont des travailleurs indépendants et n'ont pas d'équipe médicale permanente, contrairement aux athlètes de sports collectifs qui bénéficient du soutien structurel de leurs clubs et fédérations. Les tournois mettent en place un staff médical centralisé pour les soins d'urgence, mais ces services restent limités et ne permettent pas un suivi personnalisé continu. Un encadrement par une équipe médicale dédiée , particulièrement coûteux, n'est accessible qu'aux joueurs disposant de ressources importantes, creusant ainsi l'écart avec ceux évoluant sur les circuits secondaires.

Dans les grands tournois, un dispositif médical conséquent existe pourtant, mais il reste centré sur les besoins immédiats de soins et non sur un suivi individualisé. À Roland-Garros, par exemple, le service de kinésithérapie mobilise 38 professionnels, dont 27 kinésithérapeutes français et 3 pédicures-podologues. Ce dispositif fonctionne en

parallèle des équipes physiothérapeutes de l'ATP et de la WTA (5 trainers chacune), qui suivent les joueurs tout au long de la saison. Les interventions, pouvant aller des soins d'échauffement aux traitements de pathologies en passant par les massages de récupération, sont nombreuses : plus de 2 000 actes ont été réalisés lors de l'édition 2018, auxquels s'ajoutent les strappings, tapings et autres soins spécialisés.
Le service médical comprend également un groupe infirmier de 11 soignants présents quotidiennement, ainsi qu'une équipe de médecins du sport. En 2018, 443 consultations médicales ont été effectuées pour les joueurs, majoritairement pour des traumatismes, et le service d'imagerie a réalisé 143 échographies grâce à un plateau technique de pointe. En cas de besoins spécifiques, des spécialistes extérieurs (dermatologues, cardiologues, chirurgiens…) ainsi que des structures hospitalières partenaires sont mobilisables dans la journée. Ce modèle montre l'efficacité d'un dispositif médical robuste en tournoi, mais qui reste ponctuel et inaccessible entre les compétitions, là où les besoins des joueurs demeurent. (60)

Afin de réduire ces inégalités structurelles et offrir un soutien médical plus constant, la Professional Tennis Players Association (PTPA) a lancé le programme PTPA MedNet, une initiative inédite visant à offrir aux joueurs un accès global à un réseau de spécialistes, des téléconsultations, une hotline médicale et des ressources personnalisées. Le Dr Robby Sikka, nommé premier directeur médical de la PTPA, supervise ce dispositif et collabore avec son réseau SMART Care pour proposer des services fondés sur des données probantes.
PTPA MedNet inclut un service de conciergerie permettant aux joueurs et à leurs équipes de travailler directement avec le Dr Sikka et son réseau de spécialistes en médecine du sport. Cette collaboration vise à guider les décisions médicales, qu'il s'agisse de prévention, de diagnostic, de traitement ou de stratégies de retour au jeu. Le Dr Sikka interagira également avec les agents, préparateurs physiques et kinésithérapeutes pour fournir des analyses approfondies, notamment grâce à des outils avancés d'exploitation des données.
Le dispositif comprend également une hotline disponible 24 h/24 et 7 j/7, offrant des avis médicaux primaires ou secondaires, des recommandations de professionnels qualifiés dans le monde entier, ainsi que des services d'analyse de dossiers médicaux pour garantir une prise en charge appropriée. Les joueurs auront en outre accès à la plateforme SMART, dotée d'algorithmes exclusifs et d'intelligence artificielle, leur permettant d'unifier et de consulter l'ensemble de leurs données de santé et d'obtenir des recommandations personnalisées. (61)

VII.2. Enjeux d'une équipe médicale dédiée pour un joueur diabétique

Une équipe médicale spécialisée autour d'un athlète atteint de DT1 permet d'assurer sa sécurité métabolique en compétition comme hors compétition, en ajustant précisément les doses d'insuline, en suivant les données issues du CGM et en anticipant les épisodes d'hypo et d'hyperglycémie. Elle contribue également à prévenir les complications chroniques grâce à un dépistage régulier de la rétinopathie, de la neuropathie ou de la néphropathie.
Un tel encadrement permet en outre de réduire la charge cognitive liée à la gestion quotidienne du diabète, souvent très lourde pour un athlète soumis à des contraintes physiques et organisationnelles importantes. L'équipe veille aussi au respect des exigences

logistiques et réglementaires lors des déplacements et des compétitions : organisation des voyages, gestion de l'alimentation et des fuseaux horaires, obtention des autorisations pour l'usage de dispositifs médicaux sur les tournois. Elle accompagne également la planification des entraînements et l'ajustement des traitements.

VII.3. Composition et rôle d'une équipe médicale pluridisciplinaire

Une équipe médicale optimale pour un joueur atteint de DT1 peut comprendre plusieurs spécialistes, chacun apportant une expertise complémentaire :

- Le diabétologue ou endocrinologue assure le suivi métabolique et l'ajustement de la thérapie insulinique.
- Le médecin du sport évalue la tolérance à l'effort, surveille l'impact des charges d'entraînement et adapte les traitements en fonction des contraintes physiologiques.
- Le nutritionniste intervient dans la planification des apports glucidiques avant, pendant et après l'entraînement ou les matchs.
- Le préparateur physique et l'entraîneur mettent en œuvre les adaptations nécessaires dans les séances d'entraînement.
- Le kinésithérapeute assure la prévention et la gestion des blessures ainsi que le suivi quotidien du joueur.

Dans le tennis professionnel, la composition d'une équipe d'encadrement varie fortement selon le niveau du joueur. Les meilleurs joueurs du circuit disposent fréquemment d'un staff élargi incluant non seulement le coach (parfois deux pour les tout meilleurs) mais aussi un préparateur physique, un kinésithérapeute, un nutritionniste souvent consulté à distance, un préparateur mental, un analyste vidéo, ainsi que des agents chargés de la gestion contractuelle et des sponsors. Cette structure sophistiquée permet une optimisation fine de la performance et une prise en charge plus complète des exigences du haut niveau.
À l'inverse, les joueurs des circuits secondaires doivent fonctionner avec des ressources plus limitées. Beaucoup n'ont qu'un coach et n'ont pas accès en continu à un kinésithérapeute, un préparateur physique ou des spécialistes médicaux.
Les joueurs diabétiques ont généralement leur diabétologue référent. Toutefois, ce spécialiste ne suit pas toujours le joueur en déplacement. Le suivi continu doit alors être assuré à distance, parfois via téléconsultation, tandis que le staff présent sur place se charge d'exécuter les recommandations. (62)

VII.4. Modalités de coordination entre le sportif, l'équipe médicale et l'équipe sportive

La coordination entre le sportif, l'équipe médicale et l'équipe sportive ne se limite pas à un lien entre l'athlète et son équipe médicale, mais inclut également une interaction constante avec l'équipe sportive (entraîneurs, préparateurs physiques). Un plan d'action personnalisé, comprenant des consignes écrites précisant les seuils glycémiques, les procédures d'urgence et les stratégies nutritionnelles est communiqué à la fois au joueur et à son staff sportif pour que tous sachent comment réagir en cas de problème.

Les informations collectées par le CGM et les recommandations alimentaires par exemple sont partagées avec l'ensemble du staff pour ajuster l'entraînement, les apports nutritionnels et les doses d'insuline. Cette coordination permet au préparateur physique et à l'entraîneur d'adapter les séances à la tolérance métabolique du joueur. Des consultations régulières, notamment des bilans médicaux périodiques (endocrinologue/diabétologue, nutritionniste, médecin du sport) et des réunions entre l'équipe médicale et l'équipe sportive, permettent d'ajuster le programme en fonction de la fatigue, de la récupération et du calendrier de compétitions.
La formation du staff sportif est essentielle, notamment pour gérer efficacement les situations d'urgence ou les ajustements métaboliques. En cas d'hypoglycémie sévère à l'entraînement, les membres de l'équipe doivent être capables d'administrer rapidement du glucagon et de reconnaître les signes nécessitant une intervention immédiate. Ils doivent également savoir interpréter une glycémie à un instant T, maîtriser les dispositifs, décider s'il est nécessaire de resucrer, d'adapter une séance ou d'ajuster les doses d'insuline en conséquence…

Une telle formation garantit que chaque membre du staff : coach, préparateur physique, kinésithérapeute ou autres intervenants puisse réagir de manière appropriée et coordonnée. Cette compétence collective est indispensable non seulement pour assurer la sécurité du joueur, mais aussi pour optimiser ses performances en tenant compte de ses contraintes métaboliques.

VII.5. Réduction de la charge mentale pour le joueur

Cette organisation pluridisciplinaire autour de l'athlète permet de réduire significativement la charge mentale liée à la gestion de ce diabète. En déléguant le suivi glycémique, l'adaptation de l'insuline, la planification nutritionnelle et l'ajustement de l'entraînement à des professionnels qualifiés, le joueur peut se concentrer pleinement sur sa performance et ses aspects physiques, techniques et tactiques.

Diabète et haut niveau ne s'excluent pas : les parcours de d'Alexander Zverev et de Jordi Aragone en témoignent, entre stratégies médicales et discipline personnelle.

VIII. Illustration par des parcours de sportifs de haut niveau et par un témoignage clinique

Les cas d'Alexander Zverev et de Jordi Aragone illustrent la manière dont ces athlètes de haut niveau gèrent leur diabète de type 1 tout en poursuivant une carrière professionnelle dans le tennis. Chacun à sa manière, ces joueurs démontrent que la gestion du diabète est un défi constant mais surmontable, avec la bonne approche et des stratégies adaptées.

À titre comparatif, le témoignage d'un patient non professionnel interrogé dans le cadre de ce travail apporte un éclairage complémentaire sur la gestion du diabète dans un contexte de pratique sportive amateur. Bien que les contraintes diffèrent de celles du sport

d'élite, ce récit souligne également la nécessité d'ajustements individualisés, tant sur le plan glycémique que dans l'organisation de l'activité physique. L'analyse conjointe de ces situations met ainsi en évidence que, quel que soit le niveau de pratique, la conciliation entre activité sportive et diabète de type 1 repose sur une adaptation continue et personnalisée.

VIII.1. Le cas d'Alexander Zverev

Alexander Zverev, l'un des joueurs les plus talentueux du circuit ATP, a été diagnostiqué DT1 à l'âge de 4 ans. L'annonce de la maladie fut un choc pour sa famille : ses premiers symptômes (soif intense, fatigue, mictions fréquentes) avaient été attribués à une « grippe d'estomac ». Le diagnostic est finalement confirmé après un test urinaire révélant du sucre dans les urines. Il est immédiatement hospitalisé et reste sous perfusion pendant deux semaines, tandis que sa mère suit un programme intensif de formation sur l'insulinothérapie.

Les débuts de la prise en charge furent particulièrement difficiles. Sa mère rapporte avoir dû mémoriser les différents schémas d'injection (insuline basale, insuline rapide, injections nocturnes, fréquence des tests). Néanmoins, ces méthodes standard se sont révélées insuffisantes : « il était très actif, très émotionnel et son corps réagissait différemment », explique- t-elle. La famille a dû « trouver sa propre méthode », combinant activité physique (beaucoup de trampoline et de sport pour faire baisser la glycémie) et alimentation adaptée, privilégiant les légumes et limitant les sucres rapides.

Le soutien familial s'est avéré fondamental. Ses parents se levaient jusqu'à trois fois par nuit pour vérifier sa glycémie et effectuer les injections. Sa mère souligne : « depuis qu'il a 5 ans, il connaît les bonnes normes et mesures, un enfant normal ne saurait pas ça ». Elle estime que cette discipline précoce, imposée par la maladie, a contribué à son succès sportif.

À l'âge de 7–8 ans, un médecin lui avait affirmé qu'une carrière professionnelle dans le sport était « impossible » avec un DT1. Zverev se souvient : « c'était frustrant et bouleversant, mais heureusement j'avais des parents très têtus. Nous avons dit : nous allons prouver le contraire ». Il a effectivement atteint cet objectif, intégrant le sommet du tennis mondial.

Zverev témoigne également des exigences psychologiques liées à la maladie : « avec le diabète, il faut mûrir vite, prendre soin de son corps et de sa glycémie, mais une fois que tu fais ça, tu peux avoir une vie normale et épanouie ». Selon lui, la maladie lui a donné une discipline particulière et l'a forcé à devenir adulte plus rapidement. Il insiste sur l'absence de modèle unique de traitement : « chaque personne est différente, il n'y a pas une seule méthode ». Il souligne aussi l'intérêt du sport comme outil de régulation métabolique, là où autrefois certains médecins le lui déconseillaient : « plus il restait sur le court, mieux il se sentait, car cela le distrayait et l'aidait à équilibrer sa glycémie ». (63)

Concernant la gestion de son diabète pendant sa carrière, Zverev explique qu'avant l'existence des CGM, il ne pouvait pas contrôler sa glycémie sur le court. Lors des matchs longs, il devait constamment deviner sa situation et ajuster sa consommation de boissons ou d'aliments. Avec l'évolution du matériel et de la technologie, cette gestion est devenue beaucoup plus simple. Il ajoute qu'il a la chance de ressentir rapidement les variations de sa glycémie, ce qui lui permet de les anticiper.

Au quotidien, pendant un match, il garde son lecteur dans son sac de raquettes, autorisé par l'ATP. (64) Il se contrôle à chaque changement de côté et effectue lui-même ses

injections avec son stylo à insuline, qu'il a toujours sur lui. Comme ses horaires et son programme varient constamment, il préfère gérer son traitement lui-même plutôt que d'utiliser une pompe. Grâce à cette rigueur, sa glycémie reste généralement stable.

Les difficultés surviennent surtout à l'entraînement, où il ne peut pas toujours suivre le même niveau de minutie qu'en match. Parfois, il ressent des vertiges, doit s'arrêter quelques minutes ou manger avant de reprendre. En match, ces situations sont beaucoup plus rares grâce à sa préparation et à sa discipline. (65)

Ce n'est qu'en 2022, après des années de carrière professionnelle, que Zverev a décidé de rendre publique sa maladie. (26) Avant cela, Zverev avait choisi de garder son diabète secret, par crainte d'être perçu comme vulnérable. Il a expliqué qu'il se cachait pour s'injecter de l'insuline durant les matchs, bien que cela soit essentiel à sa santé. (27) Il a créé la Alexander Zverev Foundation pour sensibiliser et soutenir les enfants diabétiques et pour montrer que le DT1 n'empêche pas de réaliser ses ambitions. (66)

Toutefois, le parcours de Zverev n'a pas été exempt d'incidents en lien avec son diabète. Lors d'un match à Roland-Garros, un superviseur a exprimé de l'inquiétude en voyant Zverev s'injecter de l'insuline sur le court. « Un superviseur a paniqué quand j'ai fait une injection pendant le match ». Cet incident souligne la méconnaissance de la maladie au sein même du monde du tennis, un problème que Zverev espère surmonter à travers sa fondation, dédiée à la sensibilisation au diabète et au soutien des enfants vivant avec cette maladie. À ce sujet, il a déclaré : « Je veux prouver que tout est possible avec le diabète, que l'on peut être un sportif de haut niveau, atteindre ses objectifs, malgré cette maladie. » (28)

VIII.2. Le cas de Jordi Aragone

Le parcours de Jordi Aragone, joueur américain classé sur le circuit ATP, est différent, son diabète ayant été diagnostiqué plus tardivement, à 16 ans, après un épisode sévère. Alors qu'il avait atteint un excellent niveau national, il est brutalement hospitalisé à la suite de symptômes grippaux et d'une éruption cutanée. Son état se dégrade rapidement : il tombe dans le coma pendant deux semaines et reste hospitalisé plusieurs mois. Il raconte : « je me battais sur le terrain, maintenant je me bats à l'hôpital ». À son réveil, les médecins lui annoncent qu'il lui serait très difficile de poursuivre une carrière au niveau envisagé et qu'il devrait mettre son tennis en pause. Aragone a néanmoins refusé de renoncer : « pour moi, c'était simplement une question de savoir comment j'allais m'y prendre ». Il est passé de ne rien savoir sur le diabète à devoir vivre avec une maladie qui allait influencer chaque aspect de son quotidien. Cet épisode, bien que traumatisant, a été un tournant dans sa vie, et Aragone a dû réapprendre à gérer son diabète tout en poursuivant son rêve de devenir joueur de tennis professionnel.

Sa reprise du tennis fut marquée par une grande anxiété, et de nombreuses universités ont refusé de le recruter, craignant son état de santé. Seule une université lui a laissé sa chance, estimant que les épreuves traversées pouvaient le rendre plus fort. Aragone reconnaît qu'il n'existe « pas de formule exacte » pour traiter le DT1, et que tout repose sur l'adaptation quotidienne et l'apprentissage permanent. (67)

Sur le plan technique, il a opté pour une pompe à insuline, qu'il décrit comme « une perfusion » à remplir tous les deux jours, placée sur l'abdomen et associée à un capteur de

glycémie. Pour pratiquer son sport, il doit protéger le dispositif par un pansement spécifique afin d'éviter qu'il ne se décolle pendant les matchs.

Il a également dû affronter des obstacles institutionnels. L'ATP limitait ses possibilités d'injections sur le court, l'empêchait de demander des temps morts médicaux et restreignait même le nombre de sorties aux toilettes. Lors de sa participation à l'US Open, il s'est retrouvé suspecté de dopage, car l'insuline figure sur la liste des substances potentiellement améliorant la performance : « je me suis senti méprisé car je devais juste faire des piqûres pour rester en vie sur le court ». Alexander Zverev a évoqué le cas de son confrère américain Aragone qui présente fréquemment des glycémies très élevées en compétition, particulièrement sous l'effet du stress, ce qui complique la régulation de son diabète. (68)

Malgré les défis physiques et émotionnels liés à sa maladie, Aragone n'a jamais abandonné. Cinq ans après son coma, il jouait déjà les qualifications de l'US Open, un exploit qu'il considère comme un signe de la résilience qu'il a développée au fil du temps. Il a expliqué que le diabète lui a appris à gérer les imprévus et à rester discipliné. Chaque jour, il doit adapter et gérer sa glycémie, les injections d'insuline, et même l'alimentation. C'est un équilibre constant. (29)

Selon Zverev, les hyperglycémies constituent la situation la plus handicapante pour la performance sportive, en raison de la sensation de lourdeur et de lenteur qu'elles induisent. Il estime que la zone glycémique optimale pour maintenir un niveau de jeu élevé se situe entre 100 et 150 mg/dl. Une glycémie constamment supérieure à ces valeurs compromettrait, selon lui, la performance à très haut niveau. Il considère par ailleurs qu'il est généralement plus aisé de corriger une hypoglycémie (par l'ingestion rapide de sucre ou de gels énergétiques) que de faire baisser une hyperglycémie, dont la résolution demande davantage de temps et de précautions. (65)

VIII.3. Comparaison des deux parcours

Critère	Zverev	Aragone
Age du diagnostic	4 ans, dans l'enfance, permettant le développement précoce de routines de gestion	16 ans, adolescence, choc brutal qui a bouleversé le projet sportif
Impact du diagnostic sur le parcours sportif	Intégré très tôt, routines adaptées dès le début, continuité dans la progression	Diagnostiqué plus tard, adaptation nécessaire en cours de carrière, plus de difficultés initiales
Soutien	Encadrement parental constant et actif : suivi glycémique nocturne, injections, organisation quotidienne	Soutien plus limité, a dû se construire seul face aux obstacles médicaux et institutionnels
Stratégie technique de gestion	Schéma d'injections multiple, sport et discipline personnelle comme régulateurs métaboliques	Utilisation d'une pompe à insuline et d'un capteur glycémique pour suivi en temps réel

Approche psychologique et adaptation	Discipline précoce, maîtrise de la glycémie dès l'enfance, gestion autonome progressive	Adaptation plus récente, nécessité d'apprentissage rapide de l'autonomie et de la gestion métabolique
Objectif commun	Maintenir performance de haut niveau malgré le diabète	

Tableau 9 : Parcours de Zverev et Aragone

Ce tableau montre que, bien que leurs parcours soient différents, les deux joueurs convergent vers le même objectif : démontrer que le diabète de type 1 n'empêche pas la performance sportive de haut niveau.
L'importance d'un encadrement optimal ne se limite pas aux seuls entraîneurs et médecins, le pharmacien d'officine intervient directement dans la gestion quotidienne des traitements et des dispositifs médicaux. Parce que la prise en charge du DT1 chez le sportif de haut niveau exige coordination et expertise, le pharmacien d'officine s'impose comme un acteur incontournable du suivi quotidien.

VIII.4. Cas clinique d'un patient diabétique engagé dans une pratique tennistique amateur

Ce témoignage retrace le parcours d'un patient atteint de diabète de type 1 depuis l'enfance, et met en évidence les enjeux de la prise en charge à long terme, l'impact de l'activité physique intensive et le rôle central de l'autonomie et du suivi multidisciplinaire dans l'équilibre glycémique.
Contrairement aux joueurs professionnels qui bénéficient de médecins dédiés et d'un suivi médical extrêmement poussé, la majorité des patients diabétiques doivent apprendre à gérer seuls leur maladie au quotidien.
Encore aujourd'hui, au moment du diagnostic, beaucoup de parents et d'enfants pensent que leur vie est « foutue ». Pourtant, une phrase l'a toujours accompagnée et résume bien sa philosophie : « Si tu respectes la maladie, alors la maladie te respecte. »

Découverte de la maladie : il a été diagnostiqué diabétique de type 1 à l'âge de 8 ans, à la suite d'un choc émotionnel intense : une grande peur liée à une tentative de mise dans le coffre d'une voiture en bas de chez lui. Quinze jours après cet événement, la maladie se déclare. Dans sa famille, à sa connaissance, personne n'est atteint de diabète de type 1, bien qu'il existe des cas de diabète de type 2. Du jour au lendemain, il est mis sous insuline. Une analyse d'urine catastrophique conduit le médecin à venir à plusieurs reprises au domicile familial et à insister pour une hospitalisation. À cette période, il n'était pas du tout en surpoids, au contraire : très actif mais il maigrissait à vue d'œil, urinait énormément, buvait beaucoup, mangeait moins et se déshydratait.

Enfance et premiers traitements : de tempérament très actif et toujours plein d'énergie, il était cependant très apeuré étant enfant. Il est pris en charge par un pédiatre spécialisé en diabétologie, qui le met sous Actrapid® et Protaphane®, avec les systèmes de contrôle de

l'époque. Ses parents ne connaissaient absolument pas le diabète « ça venait de l'espace » pour eux. Ils ont été formés à l'hôpital. Sa mère étant espagnole, la communication était parfois compliquée. Ce sont ses parents qui lui faisaient les injections, car il avait très peur des aiguilles. À l'époque, la prise en charge était extrêmement stricte : injections à heures fixes, un retard de deux à quatre minutes pouvait être problématique, analyses d'urines avec tubes à essai et bandelettes, nécessité d'étalonner les appareils, aiguilles bien plus épaisses qu'aujourd'hui. Rien à voir avec les dispositifs actuels.

Sport et adolescence : il commence le tennis vers 11-12 ans, mais pratique aussi le football, le BMX et de nombreuses autres activités sportives. Il a toujours fait du sport et été très actif et dynamique.

Traitement actuel : aujourd'hui, le patient est traité par pompe à insuline depuis trois ans. Le schéma thérapeutique repose sur l'utilisation d'une insuline rapide (Novorapid®) administrée via la pompe, associée à une insuline basale lente (Lantus®). Une insuline ultra-rapide (Fiasp®) est utilisée ponctuellement par stylo en cas de besoin, celle-ci n'étant pas compatible avec l'utilisation en pompe en raison de phénomènes de cristallisation. Une résistance à l'insuline est observée, nécessitant des doses quotidiennes élevées, pouvant paraître importantes pour un observateur extérieur, mais restant parfaitement adaptées au profil métabolique du patient. La surveillance glycémique repose principalement sur un système de mesure en continu (Freestyle Libre®), complété par des glycémies capillaires lorsque la précision d'une mesure instantanée est requise, notamment en raison du décalage existant entre la glycémie interstitielle et la glycémie sanguine. Le protocole thérapeutique est régulièrement réévalué en collaboration avec le diabétologue, notamment à l'issue d'un jeûne glucidique réalisé lors d'une hospitalisation programmée de cinq jours. Cette période permet une analyse fine des profils glycémiques en conditions contrôlées. Les ajustements du traitement insulinique sont effectués au regard des résultats glycémiques obtenus et de l'évolution de l'hémoglobine glyquée (HbA1c). La mise sous pompe a été proposée par l'équipe médicale. Bien que le patient se sentait initialement à l'aise avec un schéma de multi-injections, il a accepté d'essayer ce dispositif. Une première expérience antérieure avait été négative, marquée par des douleurs et des complications cutanées au niveau du site d'insertion. Actuellement, le passage à un système en boucle fermée lui a été proposé. Cette option, offrant une gestion quasi autonome de l'insulinothérapie, est en cours de réflexion, la quantité importante d'insuline nécessaire constituant un facteur limitant à ce stade.

Gestion du sport et de l'effort : il pratique aujourd'hui énormément le padel, mais aussi toujours du tennis. Il essaie toujours de commencer l'effort en légère hyperglycémie. S'il démarre avec une glycémie normale ou basse, l'hypoglycémie est quasi systématique. Il contrôle sa glycémie : avant l'effort, pendant l'effort, à chaque changement de côté, parfois en coupant temporairement la pompe. Lorsque l'effort est prévu, il diminue le débit basal à l'avance. Lorsqu'il est imprévu, il consomme du sucre (boisson sucrée ou aliments) en fonction de sa glycémie. Il se contrôle en permanence et reste extrêmement vigilant face aux hypoglycémies. Lorsqu'une hypo survient, il faut un délai avant que la glycémie remonte après la prise de sucre, et la « niaque » n'est plus la même après, ce qui est problématique, donc il l'évite au maximum. Concernant la cétonémie, il la mesure uniquement en cas de glycémie très élevée, persistante, ou s'il se sent mal. En 40 ans de diabète, il n'a jamais fait d'acétonurie.

Hypoglycémies : en cas d'hypoglycémie, il se ressucre rapidement (le Coca-Cola est pour lui particulièrement efficace). Lors des hypoglycémie, il ressent une fringale intense et pourrait manger énormément, ce qui expose ensuite à une hyperglycémie rebond. Il reconnaît très bien les signes : faiblesse, vertiges, tête qui tourne, baisse brutale d'énergie, faim intense. Il a généralement une glycémie plutôt élevée. Parfois, même sans être en hypo franche, une baisse rapide lui provoque les mêmes sensations. Il se contrôle donc systématiquement. Pour lui, le contrôle est primordial.

Suivi et prévention : tous les trois mois, il analyse les tendances glycémiques avec l'infirmière afin d'identifier ce qui fonctionne ou non et d'optimiser sa prise en charge. Il y accorde une grande importance pour préserver son potentiel de vie.

Événement cardiovasculaire : le 5 avril 2014, lors d'un match de tennis, il fait un infarctus. Après un point très long, il n'arrive pas à récupérer, mais porté par son esprit de compétition, il refuse d'abandonner, termine le match et le gagne. Après le match, il boit un verre et se sent très mal. Une fois rentré chez lui, des douleurs abdominales intenses apparaissent. Il appelle les secours. Malgré la situation, il leur explique qu'il souhaite jouer un match le lendemain, sans réaliser la gravité de son état. Il est transporté à l'hôpital et opéré une heure plus tard, avec la pose d'un stent, en raison d'une plaque d'athérome.

Expériences marquantes : il a déjà vécu une hypoglycémie lors d'une randonnée en montagne, aux trois quarts du parcours, sans sucre sur lui. Heureusement, des habitations se trouvaient à proximité. Depuis, il a toujours du sucre sur lui, où qu'il aille.

Influence de l'environnement : les conditions climatiques ont un impact majeur sur sa glycémie : chaleur extrême, froid intense, altitude, qualité de l'air. La clé reste toujours la même : contrôler, vérifier et ajuster.

Voyages et organisation : il n'a jamais voyagé avec plus d'une heure de décalage horaire, mais en avril, il partira en Australie. Cela nécessite une organisation très rigoureuse : protocole précis, anticipation du décalage et adaptation des doses. Il pratique l'insulinothérapie fonctionnelle : il vit comme une personne non diabétique, mais doit maîtriser parfaitement sa diététique. Il connaît les effets des aliments sur sa glycémie, même lorsque ceux-ci ne sont pas sucrés (aliments gras, par exemple).

Hypoglycémies nocturnes : les hypoglycémies retardées ou nocturnes le réveillent systématiquement. Il ressent une faim intense, une impossibilité de se rendormir, et une sensation de « manque de carburant ». Elles surviennent souvent les jours avec plus d'effort, même imprévu (ménage, courses). Chez lui, tout est automatisé pour limiter ces efforts non anticipés, tant sa glycémie est sensible et fluctuante.

Place du pharmacien et des soignants : pour lui, le pharmacien fait partie de sa famille. Lors de son déménagement près de Dieppe, changer de pharmacie a été très difficile. Aujourd'hui encore, il parcourt 200 à 300 km pour continuer à consulter ses professionnels de santé dans le Nord, ceux qui le suivent depuis des années. Ils connaissent son histoire, ses doses d'insuline élevées, son équilibre glycémique particulier. Un soignant qui ne le connaît pas pourrait être surpris par ses chiffres, pourtant normaux pour lui. Lorsqu'il était

enfant, sa diabétologue lui a transmis un message fondamental qu'il l'a marqué : « Si tu as envie de ton morceau de chocolat, mange-le. » Cette phrase a été déterminante. Enfant, il a subi des moqueries, des exclusions, des interdictions permanentes. On le considérait comme « le malade ». Mentalement, cela a été très dur. Les professionnels de santé lui ont donné confiance et l'ont aidé à se battre. Pour lui, la confiance est aussi importante que la maladie elle-même.

Suivi médical actuel :

- Hospitalisation de contrôle tous les 6 mois
- Podologue : 2 fois par an
- Cardiologue : tous les 6 mois (ECG, épreuve d'effort)
- Diabétologue : 1 à 2 fois par an
- Infirmière (gestion de la pompe) : tous les 3 mois
- Angiologue : 1 fois par an

Diabète et sport : pour lui, le diabète sans sport est inconcevable. Sans activité physique, l'équilibre devient très compliqué. Dès qu'il pratique le tennis, le padel ou la marche, tout se régule, au point qu'il en oublie parfois sa maladie. Il fait le parallèle avec Alexander Zverev, dont l'hyperactivité physique l'aide énormément dans la gestion de son diabète. Il est impressionné par son niveau et souligne qu'à ce niveau, la récupération et la gestion médicale sont encore plus exigeantes, mais aussi extrêmement encadrées.

Complications chroniques : il présente une artériopathie au niveau des yeux et une myopie. Il reste très vigilant et se fait suivre régulièrement. À l'approche de la cinquantaine, il commence à ressentir un peu plus de fatigue, ce qu'il considère comme normal. "Encore une fois : si tu respectes ton diabète, il te respectera"

État psychologique et message : aujourd'hui, il se sent bien psychologiquement et est capable d'encourager d'autres patients. En hyperglycémie, il devient plus irritable et peut facilement être plus nerveux sur le terrain ou en dehors. Être diagnostiqué diabétique n'est pas une condamnation. On peut continuer à vivre, à faire du sport, à réaliser ses projets. L'équilibre d'un diabétique est finalement celui de tout être humain : alimentation équilibrée et activité physique régulière. Le sport est une priorité.

Partie 3 : Le rôle du pharmacien d'officine

I. Conseils et suivi thérapeutique individualisés

Le pharmacien d'officine est un acteur clé dans le suivi thérapeutique des patients atteints de DT1 en particulier lorsqu'ils sont sportifs de haut niveau. Son rôle dépasse la simple dispensation médicamenteuse : il participe activement à l'ajustement du traitement, à la prévention des erreurs et à la promotion de stratégies adaptées à l'activité physique intense et régulière.

I.1. Ajustements des doses et conseils pratiques

Le pharmacien d'officine vient renforcer l'éducation thérapeutique initiée par l'équipe médicale. Dans le cadre du sport de haut niveau, il aide à comprendre l'importance d'adapter les doses d'insuline selon les périodes d'entraînement, de compétition et de récupération. Il conseille sur le moment optimal d'administration, le choix du site d'injection en fonction de l'activité musculaire sollicitée, ainsi que la gestion des bolus prandiaux en lien avec l'apport glucidique et la dépense énergétique prévue. Parallèlement, et en collaboration avec les médecins, il peut suivre la courbe glycémique, examiner le moment des injections, la dose administrée et la glycémie qui en découle afin de les ajuster et que ce soit le plus personnalisé possible.

Le pharmacien accompagne également l'utilisation des nouvelles technologies, telles que les capteurs de glucose en continu ou les pompes à insuline connectées. Il aide le sportif à interpréter les données, à repérer les tendances glycémiques et à intégrer ces outils dans sa routine quotidienne.

Par sa disponibilité et son accessibilité, le pharmacien constitue un interlocuteur privilégié pour répondre aux questions du patient. Il peut expliquer la pathologie diabétique, rappeler les principes physiopathologiques essentiels pour mieux comprendre la maladie et favoriser une meilleure intégration du traitement dans la vie quotidienne. Cette démarche pédagogique permet au sportif de prendre conscience de l'importance du suivi thérapeutique et de renforcer son autonomie dans la gestion de la maladie.

Le pharmacien peut également renseigner sur le suivi global, notamment sur les bilans biologiques à effectuer, la surveillance des hypoglycémies nocturnes, ou encore la prévention des complications à long terme. En cas de problème ou de déséquilibre, il reste disponible pour identifier la cause, proposer des solutions adaptées (ajustement temporaire, conseils diététiques, adaptation du rythme d'injection), et orienter vers le médecin si nécessaire.

Ainsi, il assure un suivi continu et individualisé tout au long de la prise en charge, s'inscrivant dans une dynamique de partenariat thérapeutique durable entre le pharmacien, le sportif et l'équipe médicale.

I.2. Prévention des erreurs médicamenteuses

Les erreurs de traitement sont fréquentes chez les patients diabétiques, en raison de la polymédication et de la complexité des régimes thérapeutiques. Les athlètes de haut niveau sont particulièrement exposés à des situations à risque, telles que déplacements fréquents, décalages horaires et contraintes liées aux entraînements et aux compétitions. Le pharmacien joue un rôle central dans la prévention de ces erreurs en vérifiant systématiquement les prescriptions afin d'éviter les confusions entre insulines rapides et lentes ou les erreurs de dosage.

En contexte de voyage, et particulièrement pour les athlètes soumis au décalage horaire, le pharmacien peut élaborer un plan d'administration très détaillé : il calcule les prises d'insuline en fonction de l'heure de départ et de l'heure locale d'arrivée, ajuste les dosages, indique précisément quand injecter les insulines (rapides ou basales) et prévoit les mesures à prendre en cas d'erreur ou de complication.

Pour la conservation et le transport, il fournit des fiches pratiques expliquant comment transporter l'insuline dans un bagage à main, utiliser des glacières ou pochettes isothermes et protéger les flacons ou stylos des températures extrêmes. Il conseille également sur les modalités douanières, notamment le transport de seringues et stylos injecteurs et la nécessité d'étiquetage conforme.

Pour les insulines à l'étranger, plusieurs précautions sont indispensables. Si l'athlète se fait prescrire de l'insuline sur place, il doit vérifier que celle-ci est dosée à 100 U/ml (U100), comme en France, certains pays commercialisant encore de l'insuline à 40 U/ml (U40). Il est recommandé de se munir d'une ordonnance de secours pour ses médicaments, rédigée en DCI, ainsi que des certificats médicaux attestant du diabète et de son traitement, justifiant l'usage d'aiguilles et de seringues. Ces documents doivent être rédigés en double, dont une version en anglais. Il est également utile de disposer des coordonnées d'un médecin compétent en diabétologie, d'un centre de soins local, et des coordonnées d'une association de diabétiques dans le pays, que l'on peut obtenir via l'Association française des diabétiques. L'athlète doit conserver sur lui sa carte de diabétique, libellée en anglais, indiquant notamment son mode de traitement, ainsi que les coordonnées de l'ambassade de France ou des services consulaires et, si nécessaire, sa carte européenne d'assurance maladie. Enfin, il doit avoir sous la main le numéro téléphonique de l'assistance de l'assurance de rapatriement sanitaire souscrite avant le départ, en vérifiant que le contrat couvre bien les diabétiques. (69)

D'autre part, les erreurs médicamenteuses représentent un enjeu majeur de santé publique en raison de leur impact sur la morbidité et la mortalité hospitalières. Une étude prospective menée en endocrinologie-diabétologie-nutrition auprès de 904 patients (dont 74 % diabétiques) a évalué la conciliation médicamenteuse réalisée par les pharmaciens. Les patients diabétiques présentaient davantage d'erreurs à l'admission et à la sortie, ainsi que plus d'erreurs potentiellement graves. Toutefois, la polymédication s'est révélée être le principal facteur de risque, plutôt que le diabète lui-même. L'intervention des pharmaciens a permis de corriger 378 erreurs (25,8 % des patients), prévenant ainsi des événements indésirables. Cette étude souligne l'importance de la conciliation médicamenteuse et de la collaboration interprofessionnelle pour sécuriser la prise en charge des patients à haut risque. (70)

I.3. Education thérapeutique du patient

Dans le suivi du patient DT1, et plus encore lorsqu'il s'agit d'un athlète de haut niveau tel qu'un joueur de tennis, l'éducation thérapeutique du patient (ETP) constitue un élément central de l'accompagnement. Selon la définition établie par la HAS et l'OMS, l'ETP est un processus continu intégré à la prise en charge du patient, celui-ci devant rester au centre du dispositif. L'ETP associe des activités organisées, un soutien psychologique et une démarche pluridisciplinaire visant à développer des compétences permettant au patient de devenir acteur de sa maladie. Dans ce cadre, le pharmacien occupe une place essentielle : il apporte son expertise sur le médicament, l'observance, la bonne compréhension du diabète et les adaptations nécessaires du traitement face aux modifications des activités quotidiennes, notamment sportives. Son rôle majeur consiste à garantir la compréhension du traitement (son mécanisme d'action, ses effets indésirables potentiels, ses modalités d'utilisation) et d'accompagner le patient dans l'ajustement de ses doses d'insuline en fonction de facteurs tels que la charge d'entraînement, le stress compétitif ou la variation des rythmes alimentaires.

À chaque visite, même en dehors d'un programme structuré d'ETP, le pharmacien peut vérifier l'absence d'anomalies (hypoglycémies répétées, mésusage du matériel, problèmes d'adhérence) et orienter le patient vers un médecin si nécessaire. Par ailleurs, dans le cadre de séances d'ETP, il peut intervenir aux côtés d'infirmiers, de diététiciens ou de nutritionnistes pour répondre à des questions plus spécifiques, notamment sur la gestion de l'alimentation du sportif. L'officine est également un lieu où le patient peut se procurer des compléments alimentaires, le rôle du pharmacien est alors d'orienter vers des produits répondant aux besoins nutritionnels du sportif diabétique (couverture glucidique, hydratation, récupération) plutôt que vers des compléments visant une stimulation artificielle de la performance.

L'implication du pharmacien dans l'ETP nécessite une formation adaptée. Il peut aussi intégrer des réseaux pluridisciplinaires spécialisés dans la prise en charge du diabète, en lien avec des hôpitaux, des maisons du diabète, des maisons de santé pluridisciplinaires, des associations de patients ou encore dans le cadre de partenariats avec l'Agence Régionale de Santé (ARS). Le processus d'ETP débute par l'inclusion du patient, réalisée sur prescription médicale ou sur volontariat. Celui-ci complète un formulaire d'adhésion et donne son consentement éclairé, à la fois oralement et par écrit. En fonction de la situation du patient, il peut être orienté vers un programme initial, un suivi régulier ou un suivi approfondi. Une phase de diagnostic éducatif suit ensuite, permettant de recueillir les informations indispensables à l'élaboration du parcours : connaissances du patient, compétences existantes, besoins spécifiques, objectifs personnels et sportifs. Les séances sont ensuite planifiées et réalisées avec l'intervention de plusieurs professionnels de santé, chacun apportant une expertise complémentaire. Une évaluation intermédiaire permet de vérifier la progression et d'ajuster les objectifs si nécessaire. Enfin, une évaluation finale clôture le programme en vérifiant l'acquisition des compétences, l'autonomie du patient et sa capacité à gérer son diabète dans le cadre particulier du sport de haut niveau. (71)

Dans la continuité de son rôle éducatif, le pharmacien intervient également dans l'apprentissage, le contrôle et l'optimisation de l'utilisation des dispositifs médicaux liés à

l'insulinothérapie et au suivi glycémique, éléments incontournables de l'autonomie du patient diabétique.

II. Education à l'utilisation des dispositifs médicaux

Le rôle du pharmacien dépasse la simple délivrance des dispositifs médicaux : il participe à l'éducation thérapeutique du patient, à la sécurisation de l'utilisation des outils, et collabore avec les autres professionnels de santé (médecin endocrinologue, diabétologue, nutritionniste, entraîneur, préparateur physique...) afin de définir et ajuster la stratégie thérapeutique la plus adaptée au profil de l'athlète. L'action du pharmacien peut se décliner en plusieurs étapes successives et complémentaires.

II.1. Information et orientation

Au moment du diagnostic, un large panel de solutions technologiques et thérapeutiques est disponible pour la prise en charge du diabète. Il est donc essentiel que l'athlète et son entourage disposent d'une information claire et exhaustive afin de choisir le dispositif le plus adapté au mode de vie sportif. Le pharmacien occupe une place centrale dans cette démarche : il informe, explique, compare et accompagne le patient dans ses choix.

La première étape consiste pour le pharmacien à présenter, de manière neutre, pédagogique et personnalisée, les différentes catégories de dispositifs :

- Les lecteurs de glycémie capillaire : ils permettent une mesure ponctuelle du glucose sanguin à partir d'une goutte de sang obtenue par à l'aide d'un autopiqueur. Fiables et simples d'utilisation, ils constituent souvent la première approche d'autosurveillance glycémique. Exemples : Accu-Chek® Guide et Accu-Chek® Mobile (Roche), FreeStyle® Papillon Vision (Abbott).
- Les systèmes de mesure en continu du glucose (CGM) : ces dispositifs transmettent la glycémie en temps réel et peuvent envoyer des alertes en cas d'hypo ou d'hyperglycémie, renforçant ainsi la sécurité pendant l'effort. Exemple : FreeStyle Libre 2® (Abbott).
- Les dispositifs d'administration de l'insuline
    - Stylos d'injection, disponibles en versions manuelles ou connectées (ex. NovoPen® 6, NovoPen® Echo Plus; Novo Nordisk) permettant un suivi automatique des doses administrées.
    - Pompes à insuline, offrant une perfusion continue et des réglages fins, parfois couplées à un algorithme d'intelligence artificielle pour l'ajustement automatique (ex. DBLG1® ;Diabeloop, MiniMed™ 780G ;Medtronic).

Cette information complète permet à l'athlète de comprendre les possibilités qui s'offrent à lui et de s'impliquer activement dans la décision thérapeutique. Le pharmacien, grâce à sa connaissance des contraintes spécifiques du sport de haut niveau (déplacements

fréquents, rythmes d'entraînement variables, variations de charge physique), peut mettre en avant les avantages, les limites et les conditions d'utilisation de chaque option.

Il joue également un rôle d'intermédiaire essentiel entre le patient et l'équipe médicale : il recueille les observations, les difficultés pratiques, les préférences ou les réticences de l'athlète, et transmet ces informations pour faciliter une décision thérapeutique réellement partagée. Par son expertise et sa disponibilité, le pharmacien devient ainsi le point d'appui central dans le choix et la compréhension du dispositif le plus adapté à la pratique sportive et au projet de vie de l'athlète diabétique. (72)

II.2. Explications et fonctionnement de dispositifs

Une fois le dispositif sélectionné, le pharmacien assure une formation pratique complète, destinée à garantir l'autonomie comme la sécurité du patient dans son utilisation au quotidien. Il explique la technique de prélèvement capillaire, le maniement des lecteurs de glycémie, ainsi que l'appareillage, la lecture et l'interprétation des données issues des CGM. Il rappelle également les règles d'hygiène indispensables à une utilisation correcte et sans risque.

Au-delà des aspects techniques, le pharmacien prend soin de détailler le fonctionnement global du dispositif, son intérêt thérapeutique et les précautions nécessaires pour en optimiser l'efficacité. Des rendez-vous dédiés peuvent être proposés, en particulier lors de la première dispensation ou d'un changement de matériel, afin de s'assurer de la bonne compréhension et de la maîtrise du dispositif.

Le pharmacien peut également remettre des supports pédagogiques adaptés : guides d'utilisation, fiches de dépannage, tutoriels officiels, ou encore orienter vers des ressources fiables telles que des sites d'éducation thérapeutique ou des associations de patients.

De plus, il peut proposer un suivi régulier, ajuster ses conseils selon les retours du patient et assurer la continuité du lien éducatif entre deux consultations médicales.

Enfin, son rôle pédagogique ne se limite pas au sportif lui-même : le pharmacien peut également sensibiliser et former l'entourage proche (famille, équipe médicale et sportive). Reconnaître une alarme, remplacer un capteur ou intervenir en cas d'incident fait partie des compétences utiles à transmettre.

II.2.1. Surveillance glycémique

II.2.1.1. Mesure de la glycémie sur gouttelette de sang

En ce qui concerne la mesure de la glycémie sur gouttelette de sang, le pharmacien explique que les lecteurs de glycémie capillaire fournissent une mesure directe et immédiate du glucose sanguin. Il détaille chaque étape pour garantir la fiabilité du résultat. (73)

1) Préparation du matériel :

- se laver soigneusement les mains à l'eau tiède et au savon, puis bien les sécher pour éviter toute dilution du sang par l'humidité. L'eau chaude facilite également la formation d'une goutte suffisante
- préparer le lecteur de glycémie, une bandelette réactive ou une électrode compatible, l'autopiqueur équipé d'une lancette, ainsi que le carnet de surveillance et un collecteur (boîte jaune).
- vérifier la date de péremption des bandelettes ainsi que le bon fonctionnement du lecteur selon les instructions du fabricant.

Il est recommandé de faire contrôler son lecteur une fois par an dans un laboratoire d'analyses médicales : le biologiste vérifie la cohérence entre le résultat du lecteur et celui de la prise de sang, et informe le patient (ainsi que le médecin prescripteur avec son accord) en cas d'incohérence.

2) Prélèvement du sang
   - Insérer la bandelette dans le lecteur (selon les modèles, cela allume automatiquement l'appareil).
   - Choisir un doigt différent à chaque mesure pour éviter les microtraumatismes répétés, et piquer de préférence sur le côté de la pulpe.
   - Piquer l'extrémité du doigt à l'aide de l'autopiqueur après avoir réglé la profondeur adaptée.
   - Une goutte de sang se forme : essuyer la première goutte, souvent contaminée, puis déposer la seconde sur la bandelette ou l'électrode.
   - Éviter d'exercer une pression excessive sur le doigt, car cela peut fausser le résultat.

3) Lecture et interprétation
   - Patienter quelques secondes pendant que le lecteur affiche la valeur de glycémie.
   - Noter le résultat dans le carnet d'autosurveillance ou une application : valeur, heure, et contexte (avant ou après un repas, après une activité physique, situation inhabituelle comme fièvre, stress, forte chaleur, etc.). La tenue régulière de ce carnet est essentielle pour le médecin, qui pourra adapter le traitement ou le mode de vie si nécessaire.

4) Gestion du matériel et hygiène
   - Jeter immédiatement la lancette usagée ainsi que la bandelette dans le collecteur DASRI). Cette boîte, délivrée gratuitement en pharmacie avec une prescription de lancettes, ne doit pas être conservée trop longtemps : il faut la rapporter à la pharmacie ou au laboratoire lorsqu'elle est presque pleine.
   - Nettoyer l'autopiqueur selon les recommandations du fabricant.
   - Entretenir régulièrement le lecteur de glycémie.

Attention, certains facteurs peuvent fausser la mesure de la glycémie :
- Des résidus sur les doigts (aliments sucrés, gels désinfectants) peuvent modifier le résultat : se laver et sécher soigneusement les mains avant chaque mesure.
- Une bandelette mouillée, périmée ou mal stockée peut entraîner une erreur de mesure.
- Une goutte de sang trop petite ou trop volumineuse peut fausser la lecture.

II.2.1.2. Capteur de mesure continue du glucose

Les systèmes de mesure continue transmettent les valeurs glycémiques en temps réel et de manière continue vers un récepteur, une pompe à insuline ou un téléphone (via une application). La mise en place de ce type de dispositif nécessite obligatoirement une période d'essai avec une réévaluation à 3 mois, ainsi qu'un programme d'éducation thérapeutique dès l'installation, incontournable et conditionnant le remboursement. (74)

1) Installation du capteur
    - Choisir une zone d'application recommandée (abdomen, bras, cuisse selon le modèle), en évitant les cicatrices, grains de beauté, vergetures, grosseurs et zones tatouées.
    - Laver la peau à l'eau et au savon, bien la sécher, puis désinfecter avec une compresse imbibée d'alcool.
    - Insérer le capteur à l'aide du dispositif d'application fourni, puis fixer le transmetteur si nécessaire.
    - Alterner les sites d'application à chaque changement pour éviter les irritations et tenir compte des activités quotidiennes.
    - Démarrer la session via l'application ou le lecteur.
    - Le pharmacien rappelle que l'heure de pose influence la précision et qu'il vaut mieux éviter de changer de capteur en période de forte variabilité glycémique.

2) Calibration (si requise)

Certains systèmes de mesure continue du glucose nécessitent une ou deux calibrations quotidiennes avec un lecteur capillaire afin d'assurer la fiabilité des données recueillies. Le pharmacien insiste sur l'importance d'effectuer ces calibrations aux moments recommandés et dans des conditions glycémiques stables, car toute situation de forte variabilité risque de compromettre la précision du capteur.

3) Lecture et interprétation
    - Les valeurs s'affichent en continu sur le récepteur ou le téléphone, généralement toutes les 1 à 5 minutes.
    - Les courbes permettent de suivre les tendances glycémiques et les flèches de direction, essentielles pour anticiper les hypo ou hyperglycémies et ajuster le traitement si nécessaire.
    - Le patient peut activer des alertes automatiques en cas de valeurs critiques.
    - En hospitalisation, les capteurs permettent de conserver tout l'historique glycémique, à condition que les professionnels soient formés à leur lecture.

4) Conseils au quotidien
    - Éviter de cogner le capteur contre une porte, une ceinture de sécurité ou des meubles.
    - Après une douche ou une baignade, éponger délicatement le capteur pour éviter qu'il ne s'arrache.
    - Faire attention en s'habillant ou en se déshabillant, privilégier des vêtements amples.
    - En été, un film adhésif transparent (Tegaderm®) peut être utilisé pour protéger et renforcer l'adhérence du dispositif.

- Ne jamais injecter l'insuline du même côté que le capteur, en laissant au moins 10 cm d'écart.
- Éviter les pressions prolongées durant le sommeil ou avec des vêtements serrés, car cela peut fausser les mesures.

5) Entretien et remplacement

Le capteur doit être remplacé toutes les une à deux semaines selon le modèle, afin de garantir la qualité des mesures. Il est essentiel de vérifier régulièrement le bon appairage Bluetooth, le niveau de batterie ainsi que l'adhérence correcte du dispositif, un décollement pouvant altérer les données. Un capteur décollé ou retiré ne peut jamais être reposé. En cas de décollement prématuré, il est conseillé de contacter le service client du fabricant pour obtenir un remplacement. De plus, les capteurs ne sont pas compatibles avec les examens IRM, radiographiques, les scanners (TDM) ou la diathermie, ce qui impose leur retrait avant tout examen.

II.2.2. Administration par injections multiples

Le pharmacien rappelle que le schéma des injections multiples repose sur la combinaison de deux types d'insuline : une insuline basale pour couvrir les besoins physiologiques de base sur 24 heures, et des insulines rapides injectées avant les repas afin de contrôler les pics glycémiques postprandiaux. (75,76)

1) Préparation du matériel :

La première étape consiste à se laver soigneusement les mains à l'eau et au savon, puis à les sécher. Le patient doit ensuite vérifier le type d'insuline, la date de péremption, et s'assurer que le stylo utilisé correspond bien à l'insuline prescrite, surtout lorsqu'il utilise plusieurs stylos différents. Si un nouveau stylo est utilisé, il est conseillé de le sortir du réfrigérateur au moins 1 heure avant l'injection pour éviter une injection d'insuline froide, souvent plus douloureuse.

Le stylo est alors préparé :

- vérifier que l'insuline est claire et limpide pour les insulines non mixtes. En cas d'aspect trouble, coloré ou contenant des particules, le stylo ne doit pas être utilisé
- laisser l'insuline revenir à température ambiante
- choisir une aiguille neuve compatible (longueur 4 à 6 mm, 4 mm étant recommandée en pédiatrie)
- homogénéiser les insulines en suspension en faisant rouler doucement le stylo entre les paumes ou en l'inclinant plusieurs fois.

Pour les stylos rechargeables, il faut insérer la cartouche si nécessaire. Les stylos préremplis jetables sont directement prêts à l'emploi.

2) Préparation et vérification du stylo

Une fois l'aiguille neuve vissée (sans la serrer de manière excessive), le pharmacien rappelle d'effectuer systématiquement un test de sécurité (purge) avant chaque injection.

Les étapes sont :

- retirer le capuchon extérieur de l'aiguille (à conserver) puis jeter le capuchon intérieur

- sélectionner 2 à 3 unités selon la notice (5 unités si nouvelle cartouche ou nouveau stylo)
- orienter l'aiguille vers le haut et appuyer sur le bouton jusqu'à ce que la dose revienne à 0
- vérifier que quelques gouttes d'insuline apparaissent à l'extrémité de l'aiguille.

S'il ne sort rien, l'opération peut être répétée jusqu'à trois fois. Si aucune goutte ne sort malgré un changement d'aiguille, le stylo doit être remplacé.
Après ce test, le patient sélectionne sa dose en tournant le sélecteur. Si une erreur est faite, il est possible de revenir en arrière.

3) Choix et rotation du site d'injection

Pour limiter le risque de lipohypertrophies, il est essentiel de pratiquer une rotation rigoureuse des sites :

- utiliser la même zone pendant une semaine pour une même injection (insuline rapide du matin)
- espacer chaque point d'injection d'au moins 1 cm
- changer de zone la semaine suivante
- ne pas repiquer au même endroit avant 6 à 8 semaines.

Avant chaque injection, il faut vérifier l'absence d'œdème, de rougeur, de cicatrice ou d'infection. Le pharmacien peut montrer au patient comment inspecter et palper ses sites pour repérer d'éventuelles lipohypertrophies (zones dures, caoutchouteuses). Si des lipos sont identifiées, la zone doit être évitée pendant plusieurs semaines ou mois pour permettre leur régression.

4) Réalisation de l'injection

Pour injecter correctement l'insuline :

- pincer légèrement la peau si nécessaire (chez les personnes minces)
- introduire l'aiguille à 90° ou à 45° selon la longueur de l'aiguille et l'épaisseur du tissu sous-cutané
- appuyer lentement sur le bouton d'injection en plaçant son pouce bien au centre pour éviter un blocage
- maintenir le bouton appuyé jusqu'à ce que « 0 » s'affiche dans la fenêtre, puis compter lentement jusqu'à 5 ou 10, selon les recommandations liées au stylo, afin de garantir l'administration complète de la dose
- retirer l'aiguille après avoir relâché le bouton

Une injection trop profonde (dans le muscle), particulièrement au niveau de la cuisse, doit être évitée car elle expose à un risque accru d'hypoglycémie.

5) Retrait et élimination de l'aiguille

Après l'injection, le capuchon extérieur de l'aiguille est replacé en tenant le stylo bien droit. L'aiguille est ensuite dévissée en tournant le capuchon et jetée dans une boîte à aiguilles DASRI. Le capuchon du stylo est remis en place pour le rangement.
Les stylos en cours d'utilisation doivent être conservés à température ambiante (25 à 30 °C selon les insulines), à l'abri de la chaleur et de la lumière. Ils ne doivent plus être replacés au réfrigérateur. Les stylos non entamés doivent rester entre 2 et 8 °C.

Les stylos connectés, de plus en plus utilisés, permettent quant à eux d'enregistrer automatiquement les doses injectées, les horaires d'administration et d'envoyer ces informations vers une application mobile dédiée. Cette fonctionnalité facilite le suivi du traitement, améliore l'observance et permet au patient, ainsi qu'à l'équipe soignante, d'analyser plus facilement l'historique des injections pour ajuster les doses si nécessaire. Le pharmacien accompagne le patient dans la configuration du dispositif, notamment la connexion Bluetooth, la synchronisation avec l'application et la vérification de l'état de la batterie ou du système d'alimentation.
Il est important de rappeler que, malgré cette technologie avancée, les règles d'injection restent strictement les mêmes que pour un stylo classique. Le patient doit continuer à respecter les mêmes sites d'injection, la rotation rigoureuse des zones, l'utilisation d'une aiguille neuve avant chaque injection, la réalisation d'un test de sécurité et les gestes techniques habituels pour garantir une injection correcte dans le tissu sous-cutané. Le stylo connecté apporte un soutien supplémentaire au suivi thérapeutique, mais ne modifie en rien la technique d'injection ni les bonnes pratiques associées.

II.2.3. Pompe à insuline

La pompe à insuline assure une administration continue, programmable et très précise d'insuline rapide via un cathéter sous-cutané. Le réservoir contient exclusivement de l'insuline rapide. Grâce à un petit moteur silencieux qui pousse un piston, la pompe délivre l'insuline en continu (débit basale) et en bolus (prandial ou de correction). Ce dispositif remplace les injections multiples et permet une adaptation fine du traitement, notamment en contexte sportif. (77)

1) Préparation du matériel et du réservoir

La préparation débute par un lavage soigneux des mains, puis la mise en place du matériel : pompe, réservoir, flacon ou cartouche d'insuline rapide, tubulure, cathéter, set de perfusion, lingettes antiseptiques. Les réservoirs des pompes avec tubulure ont une capacité de 160, 180 ou 300 unités.
Lors du remplissage du réservoir, il est essentiel d'utiliser un flacon d'insuline à température ambiante (idéalement sorti 24 à 48 h à l'avance) afin de limiter la formation de bulles. Avant de prélever l'insuline, l'air doit être injecté dans la partie vide du flacon et non dans le liquide, puis le réservoir doit être rempli lentement. Les bulles doivent être éliminées en tapotant doucement et en purgeant le réservoir.
La tubulure est ensuite fixée au réservoir et purgée jusqu'à l'apparition d'une goutte d'insuline à l'extrémité. Ce point est crucial : la présence de bulles d'air peut interrompre complètement l'administration d'insuline, surtout chez les jeunes enfants dont les débits sont très faibles. Après des secousses (trampoline, sauts…), il peut être nécessaire de vérifier l'absence de bulles.

2) Mise en place du cathéter

La canule doit rester en place en permanence. Selon les modèles, l'insertion peut se faire manuellement ou à l'aide d'un inserteur automatique. Il est recommandé un changement tous les 2 à 3 jours (pour certains cathéters, le changement peut se faire tous les 5 à 7 jours). Le cathéter, le réservoir et la tubulure sont changés en même temps. Le choix du cathéter dépend de l'âge, de l'épaisseur du tissu sous-cutané et de la pompe :

- Cathéters perpendiculaires : canules de 6 mm (insertion à 90°)
- Cathéters tangentiel : canules de 13 mm (insertion à 30–35°)

La zone d'insertion (abdomen, bas du dos, cuisse, bras) doit être nettoyée et laissée à sécher. Après insertion, le cathéter est maintenu par un adhésif, puis la tubulure est connectée. Les systèmes avec tubulure permettent la déconnexion temporaire, notamment utile lors de certaines activités physiques.

3) Programmation de la pompe

La programmation concerne :

- le débit basal : il assure l'administration continue d'insuline et représente 30 à 40 % de la dose quotidienne totale. Plusieurs schémas basaux peuvent être programmés selon le rythme de vie
- le débit basal temporaire : il permet d'adapter ponctuellement les besoins (effort, maladie…) en ajustant la durée, le débit (en unités/h ou en % du basal habituel). Le débit temporaire s'arrête automatiquement à la fin de la durée programmée
- le bolus : la pompe permet différents types de bolus : standard (repas classiques), carré (repas longs), combiné (prise alimentaire prolongée ou grasse)

4) Utilisation au quotidien et pendant l'activité physique

Avant l'activité physique, il est recommandé de diminuer temporairement le débit basal ou d'anticiper la consommation de glucides. Certains sportifs choisissent également de se déconnecter si leur matériel le permet.

Pendant l'effort, il est important de vérifier la fixation du cathéter (pas de traction, pas de décollement) et l'absence de bulles dans la tubulure.

Après l'effort, une surveillance renforcée de la glycémie est indispensable afin de détecter les hypoglycémies retardées.

Le matin, il convient de vérifier systématiquement la quantité d'insuline restante dans le réservoir et le niveau de charge de la batterie.

5) Gestion des alertes et entretien du dispositif

La pompe peut émettre des alertes sonores ou visuelles (occlusion, réservoir vide, batterie faible, déconnexion). Le pharmacien apprend au patient à suspendre ou redémarrer la pompe, mais aussi à reconnaître les signes d'obstruction du cathéter.

Lorsque la pompe est couplée à un capteur CGM, elle fonctionne en boucle semi-fermée : l'algorithme ajuste automatiquement le débit basal et parfois les microbolus en fonction des glycémies mesurées. Le patient doit néanmoins rester vigilant : surveiller les alertes, vérifier les calibrations éventuelles, identifier les incohérences en période d'effort ou de maladie.

Des changements réguliers (du cathéter, de la tubulure et du réservoir) sont importants pour éviter les risques d'obstruction du cathéter, les problèmes cutanés (infections, lipodystrophies…). Il est recommandé de changer le cathéter de préférence avant un bolus car le passage d'une plus grande quantité d'insuline à travers le cathéter permet de vérifier rapidement son bon fonctionnement.

Toujours contrôler la glycémie 2 heures après la pose du cathéter. Éviter de changer le cathéter avant d'aller se coucher sauf en cas d'urgence : cathéter arraché, hyperglycémie avec cétose.

6) Suivi et accompagnement

Le pharmacien propose des rendez-vous réguliers afin d'analyser les données téléchargées, vérifier la bonne utilisation du dispositif, ajuster les conseils selon l'âge, le sport ou le rythme de vie, aider à résoudre les problèmes mineurs (bullles d'air, occlusion, problèmes adhésifs), orienter vers le diabétologue ou l'assistance technique en cas de panne complexe.
Il peut également former l'entourage à la manipulation de base, au débranchement en cas d'urgence, ou à la gestion d'une hyperglycémie aiguë et du risque de cétose.

II.3. Sécurisation et gestion des situations particulières

Le pharmacien d'officine accompagne le patient DT1, notamment sportif, pour sécuriser son traitement et prévenir les complications liées aux variations métaboliques et aux contraintes de son programme sportif. Il fournit un suivi continu pour renforcer l'autonomie et la capacité du patient à gérer toute situation inhabituelle.

II.3.1. Prévention et traitement de l'hypoglycémie

L'hypoglycémie représente la complication la plus fréquente et la plus redoutée chez le sportif diabétique. Au moment du diagnostic, le patient a normalement été informé de ce risque majeur et fréquent, mais le pharmacien prend le temps de le lui rappeler, de s'assurer qu'il a bien compris et qu'il sait comment réagir en situation réelle. Il explique les signes annonciateurs et enseigne la conduite à tenir face à un épisode hypoglycémique, telle que détaillée précédemment. Il recommande également de toujours avoir sur soi une trousse d'urgence contenant du sucre rapide, une collation et un kit de glucagon. Le pharmacien peut délivrer un protocole écrit rappelant les informations essentielles et la marche à suivre, et s'assurer que l'entourage et l'équipe sportive connaissent également les mesures à appliquer. Il veille à ce que le patient comprenne parfaitement la procédure et, en parallèle, l'aide à anticiper les situations à risque en adaptant les doses d'insuline ou les apports glucidiques avant l'effort, en lien avec le professionnel de santé. Ce rôle s'inscrit dans son devoir d'information, de conseil et de vérification de la bonne compréhension du patient.

II.3.2. Détection de l'hyperglycémie et contrôle de la cétonurie

Le pharmacien doit aussi être également vigilant quant au risque d'hyperglycémie et d'acidocétose. Il a le devoir de rappeler cette complication potentiellement grave, encore trop méconnue et souvent prise à la légère, en particulier par les sportifs. En effet, certains ajustent volontairement à la baisse leurs doses d'insuline par peur de l'hypoglycémie, ce qui les expose à des hyperglycémies prolongées, parfois sans s'en rendre compte. Cette diminution volontaire peut être plus dangereuse que bénéfique, car elle favorise la cétogenèse et le risque d'acidocétose. La prévention de l'hyperglycémie et de l'acidocétose

constitue un axe majeur de la sécurisation thérapeutique. Le pharmacien insiste sur la nécessité de contrôler régulièrement la glycémie et la cétonurie, avant, pendant et après l'effort, et rappelle que l'hyperglycémie prolongée peut provoquer fatigue, baisse des performances sportives et, si elle persiste, favoriser le développement d'une acidocétose diabétique. Il souligne que le respect des doses d'insuline prescrites est crucial et que les ajustements ne doivent jamais être faits de manière volontaire pour éviter l'hypoglycémie, afin de limiter les risques graves d'acidocétose.

Outre l'importance de contrôler régulièrement la glycémie et la cétonurie, soit par bandelettes urinaires, soit par dosages sanguins, le pharmacien rappelle l'utilité d'identifier tout facteur déclenchant (infection, stress, infarctus). Il conseille d'assurer une hydratation suffisante et de surveiller les signes précoces de décompensation.

En cas d'acidocétose, le traitement comporte une réhydratation IV rapide suivie d'une perfusion plus lente, l'administration d'insuline IV à dose adaptée, et la prévention de l'hypokaliémie. L'ajout de bicarbonate n'est indiqué qu'en cas d'acidose sévère persistante (pH < 7). Le pharmacien insiste sur l'importance de poursuivre l'insuline IV jusqu'à ce que la kaliémie soit ≥ 3,3 mEq/L et que l'acidose soit corrigée, puis de réintroduire progressivement l'insuline sous-cutanée.

Enfin, le pharmacien peut fournir un protocole écrit rappelant les informations essentielles et la marche à suivre en cas de suspicion d'acidocétose ou d'hyperglycémie sévère. (78)

II.3.3. Conduite à tenir en cas de problème technique

II.3.3.1. Pompe à insuline

Dans le cadre de l'utilisation d'une pompe à insuline, en cas de problème technique, l'hyperglycémie se manifeste généralement de manière franche, au-dessus de 250 mg/dL, et persiste malgré les bolus d'insuline administrés. Si cette situation dure quatre à six heures ou plus, il est essentiel de vérifier la pompe et le dispositif de perfusion. Le patient doit contrôler l'état de la pile et s'assurer que la pompe n'a pas affiché de message d'erreur ni cessé de fonctionner. Il est également important de vérifier le réservoir, pour s'assurer qu'il n'est ni vide ni rempli de bulles d'air, ainsi que la tubulure, afin de confirmer qu'elle n'est ni pliée ni obstruée et que l'insuline s'écoule correctement. Le site d'insertion du cathéter doit être examiné : la canule doit être bien en place, le pansement sec, et il ne doit y avoir ni douleur ni rougeur. La vérification de l'écoulement de l'insuline au niveau du cathéter permet d'écarter tout problème mécanique, tandis que le contrôle des corps cétoniques, par bandelette ou dosage sanguin, aide à détecter un risque d'acidocétose. Si aucune cause n'est identifiée, le patient doit administrer une injection d'insuline au stylo selon le schéma prescrit par son équipe de diabétologie et remplacer le cathéter et le réservoir dès que possible. Ces mesures permettent de gérer rapidement l'hyperglycémie persistante liée à un problème technique et de prévenir des complications graves. Le pharmacien recommande donc de toujours conserver un kit de secours complet, comprenant un stylo d'insuline rapide, des aiguilles, des bandelettes et une pile ou batterie de rechange. (79)

II.3.3.2. CGM

Si le patient utilise un CGM, le pharmacien prépare le patient à anticiper les incidents techniques. Il est important de savoir que chaque capteur a une durée d'utilisation limitée, indiquée dans sa notice. Il est conseillé de toujours avoir un capteur de remplacement à portée de main avant que le précédent n'expire, afin de ne pas interrompre la surveillance glycémique. Si le capteur cesse de fonctionner et qu'aucun autre n'est disponible, le patient doit utiliser une autre méthode de mesure de glycémie pour continuer à gérer son traitement. L'application associée peut détecter un dysfonctionnement du capteur et l'éteindre automatiquement, en invitant l'utilisateur à le remplacer. Ce signal peut apparaître si le capteur se détache de la peau ou rencontre un problème technique. Certaines personnes peuvent présenter une irritation cutanée due à l'adhésif du capteur : si une irritation importante apparaît, il faut retirer le capteur et consulter un professionnel de santé avant de continuer à utiliser le système.
L'activité physique intense peut provoquer le desserrement ou le détachement du capteur en raison de la transpiration ou des mouvements corporels. Si le capteur se détache partiellement ou complètement, il est possible que les mesures soient absentes ou inexactes. Dans ce cas, le capteur doit être retiré et remplacé par un nouveau. Il ne faut jamais tenter de réutiliser un capteur ancien. Pour limiter le risque de détachement, des adhésifs, bandes ou patchs spécifiques peuvent être utilisés afin de maintenir le capteur en place, notamment lors d'activités physiques, de sports ou de baignades. Le capteur et son applicateur sont conçus pour un usage unique et ne doivent pas être réutilisés, car cela peut entraîner des mesures incorrectes et un risque d'infection. Si le capteur se brise dans le corps, le patient doit immédiatement contacter son professionnel de santé. (80)

II.4. Suivi éducatif et adaptation

L'éducation thérapeutique ne se limite pas à l'initiation aux dispositifs et à la technique : elle s'inscrit dans la durée et évolue avec le patient. Le pharmacien assure un suivi régulier par des rendez-vous individuels ou en groupe, permettant de vérifier la bonne utilisation des dispositifs, de rappeler les consignes d'entretien et de sécurité, et de répondre à toutes les questions liées à la gestion du diabète. Il accompagne le patient dans l'interprétation des données glycémiques, l'analyse des tendances et la prise de décisions adaptées à l'intensité des entraînements, aux déplacements ou aux variations de l'activité physique. Pour renforcer la continuité éducative, le pharmacien peut délivrer documents explicatifs, fiches pratiques, guides visuels et accès à des ressources pédagogiques numériques. Il forme également l'entourage du patient, qu'il s'agisse de la famille, du staff sportif ou des coéquipiers, afin de créer un environnement sécurisant et réactif face aux situations à risque. Le suivi est personnalisé et dynamique : il tient compte de l'évolution de la pratique sportive, des changements dans le traitement, et des nouvelles technologies (pompes intelligentes, capteurs CGM). Le pharmacien fournit un retour d'information sur les résultats, identifie les éventuelles difficultés ou erreurs, et adapte les conseils en collaboration avec le médecin du sport et le diabétologue.

Former à l'utilisation des dispositifs médicaux, c'est également sensibiliser à la responsabilité qui en découle : celle d'une gestion sécurisée et appropriée des déchets.

III. Gestion des déchets

La gestion des déchets issus des dispositifs médicaux est un aspect essentiel de l'accompagnement du patient diabétique, tant pour des raisons de sécurité sanitaire que de prévention environnementale. Le pharmacien d'officine joue un rôle central dans la sensibilisation et l'éducation du patient à la bonne élimination des déchets liés à la surveillance glycémique et à l'administration de l'insuline, notamment les aiguilles, seringues, cathéters, capteurs CGM et les réservoirs de pompe à insuline.

III.1. Catégorisation des déchets

Les déchets produits par le patient diabétique se répartissent principalement en deux catégories :

- Les déchets dangereux pour la santé : il s'agit principalement des objets tranchants ou perforants, tels que les aiguilles, lancettes, cathéters ou réservoirs de pompe. Ces déchets sont susceptibles de transmettre des agents infectieux et doivent être manipulés avec précaution. Leur élimination est strictement réglementée par la législation en vigueur, qui impose l'usage de collecteurs rigides homologués (boîtes à aiguilles) et des filières spécialisées pour le traitement des déchets d'activité de soins à risque infectieux (DASRI).
- Les déchets non dangereux pour la santé mais polluants : cela comprend les emballages plastiques, les bandes réactives, les capteurs utilisés ou tout autre composant électronique ou plastique issu des dispositifs CGM ou des pompes à insuline. Bien qu'ils ne présentent pas de risque infectieux direct, leur élimination inappropriée contribue à la pollution et au gaspillage des ressources. Le pharmacien informe le patient des filières de recyclage ou d'élimination adaptées, conformément à la réglementation environnementale et aux recommandations locales des collectivités ou des fabricants.

III.2. Réglementation et gestion pratique

Le pharmacien informe le patient des pratiques recommandées pour chaque type de déchet lié au traitement du diabète et insiste sur le respect des obligations réglementaires en matière de déchets issus des soins. Les DASRI doivent être collectés dans un récipient rigide, étanche et imputrescible, généralement fourni par le fabricant ou disponible en officine. Ces contenants permettent d'éviter les blessures accidentelles et de limiter le risque de contamination. Une fois le récipient rempli, il doit être remis à l'officine ou déposé dans les points de collecte agréés, qui assurent leur traitement selon les prescriptions réglementaires, soit par incinération contrôlée, soit par un prétraitement par désinfection. En

France, cette gestion est encadrée par le Code de la santé publique et les arrêtés relatifs aux DASRI.
Les capteurs CGM usagés, réservoirs de pompe et emballages plastiques sont classés comme déchets médicaux non infectieux, mais potentiellement polluants. Le pharmacien conseille de les trier selon les consignes locales de recyclage et d'élimination, en séparant les composants électroniques des plastiques simples, et de respecter les filières spécifiques mises en place par certains fabricants. Par exemple, les capteurs Freestyle Libre 2 peuvent être renvoyés directement au fabricant dans une enveloppe prévue à cet effet pour être recyclés. Ces pratiques sont conformes aux recommandations réglementaires sur la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) et aux règles locales de traitement des déchets ménagers spéciaux. Le pharmacien peut fournir au patient des fiches explicatives ou guides pratiques afin de garantir la bonne mise en œuvre de ces consignes à domicile ou en déplacement et d'assurer une gestion responsable et sécurisée des déchets liés au traitement du diabète.

En France, 1,8 million de personnes en auto-traitement génèrent chaque année environ 900 tonnes de DASRI. Les boîtes jaunes pour les DASRI et violettes pour les e-DASRI sont disponibles gratuitement dans les pharmacies.
Dans la boîte violette, il est possible de déposer certains dispositifs électroniques, tels que les pompes patch Insulet, les applicateurs et transmetteurs Dexcom, après désinfection, en séparant les piles, composants électroniques, plastiques et métaux.

Ces boîtes doivent être utilisées conformément aux recommandations : ne pas les remplir au-delà du trait supérieur, les fermer définitivement avant élimination, les stocker hors de portée des enfants et ne jamais les jeter aux ordures ménagères ou dans la poubelle de tri classique. Les contenants non normalisés sont interdits en raison du risque de piqûres accidentelles pour les agents de tri, un accident qui concerne environ 1 500 personnes par an. Les professionnels de santé intervenant à domicile doivent gérer leurs propres DASRI et ne peuvent pas utiliser les boîtes des patients. (81)

Qu'il accompagne le patient dans ses traitements, dans l'usage de ses dispositifs médicaux ou dans l'élimination de leurs déchets, le pharmacien doit être constamment vigilant : une vigilance matérialisée par la pharmacovigilance et la matériovigilance.

IV. Pharmacovigilance et matériovigilance

La pharmacovigilance correspond à l'ensemble des activités visant à surveiller, détecter et prévenir les effets indésirables liés aux médicaments. Dans le cadre du DT1, elle concerne particulièrement l'insuline et les dispositifs médicaux associés (matériovigilance), tels que les pompes à insuline et les capteurs de glucose. Le pharmacien d'officine joue un rôle clé dans la détection précoce des événements indésirables, la prévention des complications et la communication avec l'équipe médicale.

IV.1. Suivi des effets indésirables liés à l'insuline

L'utilisation d'insuline peut être associée à des effets indésirables, parmi lesquels :

- hypoglycémies sévères, fréquentes chez les athlètes ou patients ayant une activité physique intense ou imprévisible.
- réactions locales ou allergiques aux sites d'injection ou au cathéter de pompe.
- lipodystrophies dues à une mauvaise rotation des sites, pouvant altérer l'absorption de l'insuline.
- hyperglycémies ou cétonuries en cas d'erreur de dosage ou de défaillance du dispositif.
- autres effets plus rares, tels que des fluctuations pondérales ou des réactions systémiques liées à l'insuline.

Le pharmacien joue un rôle clé pour sensibiliser le patient à reconnaître ces effets et à adapter la prise en charge. Il consigne également les observations pour le suivi à long terme et la traçabilité des événements indésirables auprès des autorités compétentes.

Des données américaines publiées en 2008 ont montré qu'en milieu hospitalier, l'insuline était le médicament le plus fréquemment impliqué dans les erreurs médicamenteuses avec effet indésirable grave, représentant 16 % de ces signalements. En France, l'ANSM a analysé les signalements d'erreurs médicamenteuses impliquant l'insuline reçus entre 1985 et 2014 : sur 129 signalements, 114 étaient des erreurs avérées (médicament administré au patient). Parmi elles, 73 % ont entraîné un effet indésirable, souvent grave. Un tiers des signalements concernaient des situations en ville, montrant que ces erreurs ne se limitent pas aux établissements de santé. Ces données soulignent également l'importante sous-notification, compte tenu de la fréquence d'utilisation de l'insuline.

Parmi les principales erreurs identifiées :

- Erreur de médicament : confusion entre différentes spécialités ou types d'insuline (ultra-rapide, rapide, lente, semi-lente, mélanges) ou similitude des noms et des conditionnements
- Dosage inadéquat : ambiguïtés dans les prescriptions manuscrites (abréviation « UI » mal interprétée), mauvaise utilisation des dispositifs (seringue à tuberculine au lieu de seringue à insuline graduée)
- Omission de doses
- Surveillance incorrecte du patient, par exemple erreur d'interprétation de la glycémie (mg/dL vs mmol/L).

Le risque est accru avec les insulines concentrées. En 2000, l'OMS a recommandé l'uniformisation de la concentration des insulines commercialisées en flacon à 100 UI/mL afin de diminuer les risques de confusion avec les flacons d'insuline 40 UI/mL co-existants à l'époque. Depuis 2013, trois insulines concentrées ont été commercialisées en France sous forme de stylos : TRESIBA® 200 UI/mL, HUMALOG® 200 UI/mL, TOUJEO® 300 UI/mL, avec des erreurs liées à des tentatives de conversion non justifiées, des prélèvements incorrects ou des erreurs de prescription.

La prévention des erreurs médicamenteuses liées à l'insuline repose sur une sensibilisation à la déclaration et à l'analyse de ces erreurs, permettant d'en comprendre les causes, qu'il

s'agisse d'erreurs de pratique, d'utilisation, de défaut d'information ou de similitude des conditionnements, et de mettre en place des mesures correctives adaptées. Les OMEDIT proposent des outils spécifiques, tels que des modules e-learning sur la prévention des erreurs liées aux insulines ou des plaquettes synthétisant les spécialités selon la DCI, le type d'action, la forme pharmaceutique et les règles de bon usage. La pharmacovigilance joue un rôle majeur dans ce dispositif : la remontée des erreurs via le réseau des CRPV contribue à sécuriser l'utilisation de l'insuline au niveau national en identifiant les problèmes liés à la dénomination, au conditionnement, à l'étiquetage ou à la notice. Compte tenu du potentiel iatrogène élevé de l'insuline, avec des conséquences souvent sévères et parfois fatales, la réglementation impose aux établissements de santé de mettre en œuvre des actions préventives prioritaires. Cependant, les erreurs surviennent également en soins primaires, ce qui rend essentielle la sensibilisation de l'ensemble des professionnels de santé et des patients à la déclaration des erreurs, afin de réduire les risques et prévenir leur récidive. (82)

IV.2. Suivi des dispositifs médicaux

Les pompes à insuline, les CGM et les stylos injecteurs peuvent être à l'origine de pannes techniques, d'alertes ou de lectures erronées du glucose interstitiel, ainsi que de réactions cutanées locales au niveau des capteurs ou des cathéters. Le pharmacien veille à ce que le patient sache réagir correctement face à ces incidents et consigne tout événement, alimentant ainsi la base de pharmacovigilance et contribuant à l'amélioration de la sécurité des dispositifs.
À ce titre, l'ANSM suit attentivement les signalements liés au dispositif FreeStyle Libre (Abbott), un CGM largement utilisé depuis son remboursement par l'Assurance Maladie en juin 2017. La majorité des signalements concernent des réactions cutanées (environ 70 %), dont certaines nécessitent une prise en charge médicale, ainsi que des valeurs de glucose discordantes dans des situations spécifiques telles que des fluctuations rapides du glucose après un repas, une injection d'insuline ou une activité physique intense, ou encore en présence de substances interférentes comme la vitamine C ou l'acide salicylique. L'ANSM rappelle l'importance de suivre les préconisations du fabricant, d'utiliser un lecteur de glycémie capillaire pour vérifier les résultats discordants, et de consulter un professionnel de santé en cas de réactions cutanées ou d'allergie. En raison de l'augmentation du nombre de signalements, un rapport de sécurité semestriel a été mis en place par le fabricant afin d'identifier et d'évaluer globalement les principales réclamations. (83)

IV.3. Rôle du pharmacien dans la déclaration

Le pharmacien d'officine assure la déclaration des effets indésirables, conformément à la réglementation nationale et européenne. Cette démarche comprend :

- La sensibilisation du patient à signaler tout effet indésirable ou incident lié à un dispositif ou à un médicament, dès son apparition.
- L'enregistrement précis des événements, incluant la date, le dispositif ou médicament concerné, les circonstances, la gravité et l'évolution de l'effet.

- La transmission aux autorités compétentes (en France, l'ANSM via le portail de pharmacovigilance ou le formulaire de déclaration en ligne) et, si nécessaire, au fabricant pour analyse et prévention.

Le pharmacien peut déclarer à tout moment, dès qu'un effet indésirable ou un incident est identifié, que ce soit lors d'une consultation en officine, après un contact téléphonique avec le patient, ou à la suite d'une observation clinique. Ces déclarations contribuent à la mise à jour des informations de sécurité, à l'alerte rapide en cas de risque élevé et à l'optimisation des traitements pour tous les patients. (84)

Chaque hypoglycémie évitée, chaque erreur de dispositif corrigée, chaque effet indésirable signalé contribue à un objectif majeur : prévenir les complications du diabète et protéger la santé du patient

V. Prévention des complications chroniques

La prévention des complications chroniques du diabète est un volet essentiel de la prise en charge des patients. Le pharmacien d'officine occupe un rôle majeur en sensibilisant le patient aux situations à risque, en éduquant sur les gestes de prévention et en définissant les conduites à tenir en cas d'urgence.

Cette prévention repose sur un suivi médical régulier, des bilans annuels pluridisciplinaires, un contrôle rigoureux de l'équilibre glycémique et une coordination des soins impliquant l'ensemble des professionnels de santé, y compris le pharmacien. (85)

V.1. Suivi médical régulier

Dès la confirmation du diagnostic, le patient est orienté vers un service spécialisé en diabétologie ou diabétologie pédiatrique, où il bénéficie d'une prise en charge adaptée. Les consultations avec le diabétologue, généralement trimestrielles, permettent de suivre l'efficacité du traitement à l'insuline et de prévenir l'apparition de complications.

Lors de ces consultations, le médecin :

- Analyse le carnet de suivi et les résultats des contrôles précédents (HbA1c, tension artérielle, poids, taille)
- Évalue la survenue éventuelle d'hypoglycémies ou d'hyperglycémies et le respect du régime alimentaire
- Vérifie l'état cutané, notamment la présence de lipodystrophies liées à de mauvaises injections d'insuline, ainsi que l'intégrité des pieds et des extrémités
- Ausculte le patient et répond aux questions ou inquiétudes afin de renforcer la compréhension et l'adhésion au traitement.

Le patient peut également être orienté vers une diététicienne ou bénéficier de séances d'éducation thérapeutique en diabétologie pour améliorer la gestion quotidienne de la maladie. (85)

V.2. Rôle central du pharmacien

Le pharmacien joue un rôle clé dans le suivi du patient diabétique. Avec le patient, il vérifie que ce dernier comprend parfaitement les différents examens et suivis à réaliser, s'assure que les prescriptions et traitements sont correctement appliqués et respectés et coordonne les informations entre les différents professionnels de santé, garantissant ainsi la cohérence et la continuité des soins.
Grâce à cette coordination, le pharmacien contribue à réduire les risques de complications et à renforcer l'adhésion du patient à son traitement et à ses suivis médicaux.

V.3. Contrôle de l'hémoglobine glyquée (HbA1c)

Le dosage de l'HbA1c, idéalement tous les trois mois, reflète l'équilibre glycémique des deux à trois mois précédents et permet de détecter une hyperglycémie persistante, indicatrice d'un risque accru de complications.
Chez les adultes diabétiques, un taux d'HbA1c compris entre 6 et 7 % est considéré comme un bon équilibre, proche de celui des sujets non diabétiques. Des valeurs élevées peuvent résulter d'un non-respect du traitement, d'un régime inadapté, du stress ou d'infections, et nécessitent un ajustement du suivi thérapeutique. (85)

V.4. Bilan annuel pluridisciplinaire

Les complications liées au diabète se développent souvent de manière silencieuse. Un bilan annuel complet permet de les prévenir ou de les détecter précocement. Il inclut :

- Contrôle oculaire : rétinographie pour dépister les atteintes de la rétine
- Contrôle rénal : créatininémie, microalbuminurie et débit de filtration glomérulaire pour évaluer la fonction des reins
- Contrôle cardiovasculaire : électrocardiogramme et, si nécessaire, épreuve d'effort pour vérifier le fonctionnement du cœur
- Bilan sanguin : glycémie et profil lipidique (cholestérol et triglycérides) pour évaluer le risque cardiovasculaire
- Examen neurologique et podologique : dépistage de neuropathies périphériques et examen des pieds (test de sensibilité, état cutané, lésions éventuelles)
- Contrôle bucco-dentaire : dépistage de gingivites et parodontites.

La réalisation régulière de ces examens, en complément du suivi trimestriel, contribue à réduire significativement le risque de complications chroniques. (85)

V.5. Cas des sportifs de haut niveau

Chez les sportifs de haut niveau, notamment dans le tennis, le suivi médical et biologique revêt une importance particulière. Le tennis est un sport très exigeant physiquement, caractérisé par des appuis répétés, des déplacements rapides, des

changements de direction brusques et une forte friction dans les chaussures. Ces contraintes en font un sport particulièrement traumatique pour les pieds.
Les joueurs présentent fréquemment : des cloques et ampoules, des zones de frottement récurrentes, un épaississement cutané, des ongles abîmés ou traumatisés, des irritations ou micro-lésions.

Chez une personne diabétique, ces atteintes podologiques, même minimes, doivent être surveillées avec une vigilance accrue car elles peuvent évoluer plus facilement vers des infections, retarder la cicatrisation ou conduire à des complications plus graves.

Ainsi, pour les tennismen diabétiques, la prévention passe par un suivi rigoureux et régulier de l'état des pieds, en complément du suivi médical classique (neuropathie, sensibilité, examen dermatologique, etc.).

Le pharmacien occupe une place centrale dans l'accompagnement du sportif diabétique. En plus de vérifier la bonne compréhension des suivis médicaux et leur réalisation, il peut proposer des mesures concrètes pour prévenir et traiter les traumatismes podologiques fréquents chez les joueurs de tennis :

- recommandation de chaussettes techniques limitant les frottements,
- choix de chaussures adaptées et correctement amorties,
- utilisation de semelles, coussinets ou pansements anti-ampoules pour limiter les zones de pression.
- prise en charge des ampoules, frottements et micro-lésions : délivrance de pansements hydrocolloïdes adaptés, choix d'antiseptiques compatibles avec la peau fragilisée, crèmes cicatrisantes et apaisantes sécurisées pour les patients diabétiques.
- soins quotidiens du pied diabétique : conseils d'inspection quotidienne des pieds, hydratation régulière avec des crèmes podologiques adaptées, repérage rapide des zones à risque ou d'éventuelles anomalies.
- orientation vers un professionnel spécialisé : vers un podologue en cas de lésion, de douleur persistante ou de déformation, alerte au médecin si les lésions sont récurrentes ou ne cicatrisent pas normalement.

L'Assurance Maladie rembourse les soins prescrits par le médecin et réalisés par le podologue lorsqu'ils concernent des lésions du pied liées au diabète, ce qui permet une meilleure prise en charge, notamment chez les sportifs exposés à de multiples traumatismes. (86)

VI. Collaboration avec l'équipe médicale et sportive

La prise en charge d'un sportif, qu'il soit amateur, en compétition ou engagé dans une pratique intensive, mobilise une collaboration d'acteurs aux compétences complémentaires. Le pharmacien occupe une place souvent sous-estimée mais pourtant centrale dans ce réseau. Une importance grandissante de son rôle auprès du sportif et de son encadrement, que ce soit en termes de prévention, d'éducation, de conseil thérapeutique, d'accompagnement nutritionnel ou encore de lutte contre le dopage est observée.

VI.1. Un professionnel accessible et intégré aux besoins quotidiens du sportif

VI.1.1. Point d'entrée dans le parcours de soins du sportif

Un des constats les plus fréquemment rapportés est l'importance de l'accessibilité du pharmacien dans la démarche du sportif comme dans celle de son entraîneur. L'entraîneur, qui occupe souvent un rôle d'accompagnateur et de médiateur pour les sportifs qu'il encadre, identifie spontanément le pharmacien comme un professionnel disponible, réactif et de confiance, vers lequel il est naturel de se tourner lorsque surgissent des questions concernant les médicaments, les douleurs, les traitements symptomatiques ou les compléments nutritionnels destinés à soutenir l'entraînement ou la récupération. (87)

L'officine est également décrite comme un véritable « lieu de premier recours » pour les sportifs de tous niveaux. L'adaptabilité du pharmacien, l'absence de rendez-vous et la possibilité d'un échange direct et immédiat lui confèrent une place centrale dans la prise en charge initiale, qu'il s'agisse d'une douleur musculaire, d'une gêne articulaire, d'un problème cutané ou d'un simple besoin d'information sur un produit utilisé dans le cadre de la pratique sportive. (88)

Dans le cadre du tennisman diabétique, cette accessibilité revêt une importance encore plus grande. Le diabète impose une surveillance quotidienne, parfois complexe à ajuster en fonction de la charge d'entraînement, des conditions climatiques ou de l'intensité des efforts. Le pharmacien joue alors un rôle clé dans la gestion des hypoglycémies, le choix des collations adaptées, l'ajustement des apports glucidiques, ainsi que dans le conseil sur le matériel d'autosurveillance. Il constitue un soutien fiable et immédiatement mobilisable lors d'un déséquilibre glycémique ou d'une interrogation concernant un traitement associé à l'effort.

VI.1.2. Un lien déjà existant et reconnu par les entraîneurs

Au-delà du simple conseil ponctuel, les entraîneurs entretiennent d'ores et déjà un lien fonctionnel régulier avec les pharmaciens. Ils se tournent vers eux pour obtenir des informations sur des produits courants (anti-inflammatoires, antalgiques, gels ou crèmes de récupération, compléments alimentaires), ou pour confirmer la pertinence de certaines pratiques usuelles. Les pharmaciens représentent ainsi un repère fiable face aux doutes et questions soulevés par la gestion quotidienne de leurs athlètes.

Il est d'ailleurs notable que de nombreux entraîneurs expriment le souhait d'un rôle encore plus développé du pharmacien dans leur propre formation professionnelle. Leur participation aux cursus fédéraux serait, selon eux, un atout majeur pour mieux comprendre la physiologie de l'effort, les blessures, la conduite de soin et les différentes substances consommées par les sportifs. (87)

Pour le tennisman diabétique, l'intérêt de cette collaboration est évident. Beaucoup d'entraîneurs ne maîtrisent pas les subtilités du diabète à l'effort : variations glycémiques en fonction du stress compétitif, impact de la chaleur, gestion des pauses hydriques, risques d'hypoglycémie tardive après un match intense. Le pharmacien apporte alors des connaissances essentielles permettant à l'entraîneur de réagir de manière appropriée.

VI.2. Acteur essentiel de la prévention et de la sécurité sportive

VI.2.1. Une implication forte dans la prévention des blessures

La prévention des blessures constitue un champ d'intervention privilégié pour le pharmacien. Son rôle s'articule autour de plusieurs axes : la détection précoce des signes avant-coureurs de blessure (douleurs persistantes, inflammations répétées, raideurs inhabituelles), la sensibilisation aux facteurs de risque propres à la discipline (par exemple les tendinopathies du poignet, de l'épaule ou du coude dans le tennis), la promotion de bonnes pratiques de récupération incluant les soins locaux, l'hydratation, les étirements ou l'adaptation de la charge d'entraînement, et enfin l'orientation vers un médecin ou un kinésithérapeute en cas de doute sur la gravité d'un symptôme. (88)
Cette implication fait du pharmacien un acteur du continuum de prévention au même titre que les professionnels de santé habituellement impliqués dans la prise en charge des sportifs.

Chez le tennisman diabétique, cette prévention prend une dimension supplémentaire. Certaines complications du diabète, comme les neuropathies périphériques, peuvent diminuer la perception de la douleur et conduire à la méconnaissance d'une blessure débutante. Une surveillance rapprochée et des conseils adaptés du pharmacien sont alors indispensables pour prévenir les lésions non détectées, gérer une cicatrisation parfois plus lente, ou encore maintenir une hydratation optimale afin de prévenir les déséquilibres glycémiques.

VI.2.2. Education thérapeutique du sportif et de son encadrement

Un point essentiel concerne la prévention de l'automédication inadaptée, particulièrement courante dans les milieux sportifs. L'usage répété d'AINS ou d'antalgiques dans l'objectif de « tenir l'entraînement » malgré la douleur constitue une pratique risquée pouvant masquer des blessures évolutives ou induire des effets secondaires importants. Les entraîneurs reconnaissent l'importance du rôle du pharmacien pour rappeler les risques, limiter les mauvaises pratiques, sécuriser les choix thérapeutiques et protéger le sportif à long terme. (87)
La présence du pharmacien permet ainsi de rééquilibrer la décision thérapeutique, d'éviter des conduites impulsives ou mal informées, et de favoriser une meilleure compréhension des limites des traitements symptomatiques.

Pour le sportif diabétique, cette éducation est déterminante : certains AINS peuvent déstabiliser la glycémie, l'usage de corticoïdes peut entraîner des hyperglycémies importantes, et certaines douleurs peuvent conduire à de fausses adaptations du traitement insulinique. Le pharmacien a donc un rôle majeur pour éviter ces dérives et garantir une gestion sécurisée du diabète lors de la pratique du tennis.

VI.3. Gestion des compléments alimentaires et prévention du dopage

VI.3.1. Expertise sur les compléments alimentaires et prévention du dopage

Les compléments alimentaires occupent une part importante des demandes des sportifs et des entraîneurs. Ce domaine, souvent complexe et mal maîtrisé, expose à des risques d'utilisation inadaptée ou excessive. Les entraîneurs se reposent sur le pharmacien pour obtenir un avis éclairé sur les bénéfices réels des produits, tandis que les sportifs attendent qu'il vérifie leur qualité, leur sécurité et leur pertinence.
Le pharmacien est particulièrement bien placé pour repérer les situations dans lesquelles un complément est mal utilisé, mal dosé, ou n'a pas d'intérêt réel. Il accompagne le sportif vers des pratiques plus raisonnées et sécurisées. Le recours conjoint au pharmacien et au diététicien-nutritionniste constitue d'ailleurs une stratégie optimale pour garantir un conseil nutritionnel complet et ajusté aux besoins du sportif. (87)(88)

D'autant plus que chez le tennisman diabétique, cette expertise est indispensable. Certains compléments glucidiques peuvent provoquer des hyperglycémies importantes, les boissons énergisantes sont souvent inadaptées, et des compléments comme la créatine peuvent être contre-indiqués en cas de fragilité rénale. Le pharmacien joue un rôle clé pour sécuriser l'alimentation fonctionnelle du sportif diabétique et éviter les déséquilibres glycémiques induits par une supplémentation non maîtrisée.

VI.3.2. Prévention du dopage involontaire

Le dopage involontaire est notamment lié à la consommation de compléments alimentaires mal contrôlés ou de médicaments comportant des substances interdites. Les entraîneurs voient dans le pharmacien un acteur essentiel pour décrypter les étiquettes, alerter sur les substances dopantes potentiellement présentes, et sécuriser les choix des sportifs. Ce rôle de filtre est fondamental pour éviter des sanctions disciplinaires ou des dommages pour la santé. Cette vigilance confère au pharmacien un rôle stratégique dans un environnement où la frontière entre produit autorisé et substance interdite peut être complexe à comprendre pour les non-spécialistes. (87)

VI.4. Collaboration structurée avec les professionnels de santé

VI.4.1. Un membre complémentaire de l'équipe médicale

Le pharmacien collabore étroitement avec les médecins, les kinésithérapeutes, les préparateurs physiques et l'ensemble des acteurs du suivi sportif. Cette coordination permet d'assurer la cohérence des traitements, d'éviter les interactions médicamenteuses, d'ajuster les stratégies de récupération, d'accompagner le retour à l'entraînement après une blessure et d'orienter rapidement vers un spécialiste en cas de besoin. (88)

Pour le sportif diabétique pratiquant le tennis, cette collaboration est capitale :

- Le médecin ajuste le traitement du diabète,
- Le kinésithérapeute prévient et prend en charge les blessures
- Le préparateur physique adapte la charge d'entraînement en fonction des risques métaboliques
- Le pharmacien sécurise l'ensemble du traitement, veille à la prévention des complications et optimise l'usage du matériel d'autosurveillance.

VI.4.2. Formation croisée et enrichissement mutuel

Les entraîneurs eux-mêmes souhaitent voir les pharmaciens intervenir dans leurs formations pour développer leurs compétences en matière de prévention, de connaissances des médicaments, de gestion des blessures et de risques liés aux substances dopantes. Cette attente témoigne d'une reconnaissance forte du rôle du pharmacien dans la santé sportive.

Cependant, le pharmacien ne bénéficie pas systématiquement d'une formation spécifique en santé du sportif, et encore moins sur les problématiques particulières du sportif diabétique, dont la prise en charge nécessite des connaissances précises en physiologie de l'effort, en adaptation glycémique et en nutrition.

Ainsi, bien que le pharmacien soit identifié comme un acteur légitime et compétent, il apparaît indispensable qu'il s'instruise, actualise et approfondisse régulièrement ses connaissances dans le domaine du sport, de la nutrition sportive, et des pathologies chroniques impliquées dans la pratique physique, notamment le diabète. Cette montée en compétence lui permet non seulement d'accompagner au mieux les sportifs dans leur pratique, mais aussi de contribuer de manière éclairée à la formation de l'équipe sportive et à la sécurisation globale de l'environnement d'entraînement.

Dans le contexte particulier du tennisman diabétique, cette nécessité est encore plus marquée : comprendre les variations glycémiques induites par l'effort, les risques d'hypoglycémie, les interactions possibles entre traitements et activité sportive, ainsi que les stratégies nutritionnelles adaptées est indispensable pour garantir une pratique sécurisée et performante. Le pharmacien doit donc s'approprier ces connaissances afin d'intervenir efficacement auprès du sportif diabétique, de son entraîneur et de l'ensemble de l'équipe qui l'entoure.

En parallèle de l'optimisation du traitement médicamenteux, le pharmacien intervient dans la planification et le suivi des déplacements liés aux compétitions à l'étranger.

VII. Rôle dans la gestion des voyages et des compétitions internationales

La participation à des compétitions internationales implique des contraintes particulières liées notamment à la variation des fuseaux horaires, aux conditions climatiques, à l'alimentation et à l'accès aux dispositifs et aux médicaments. Le pharmacien d'officine joue un rôle stratégique dans la préparation, l'accompagnement et la sécurisation du traitement lors de ces déplacements, toujours en collaboration avec l'équipe médicale et sportive.

VII.1. Gestion avant et pendant le voyage

Avant le départ, le pharmacien vérifie les stocks de médicaments et dispositifs médicaux, incluant l'insuline, les stylos ou seringues de secours, les pompes et capteurs CGM, les aiguilles, bandelettes, réactifs et batteries de rechange. Il conseille d'emporter un supplément suffisant pour plusieurs jours, afin de prévenir tout retard ou perte de matériel. Selon la durée du voyage, notamment pour un séjour de plusieurs mois, il peut être utile de se renseigner sur la disponibilité de l'insuline dans les pays de destination afin de prévoir l'approvisionnement nécessaire. Si le traitement n'est pas facilement disponible, il faudra soit revoir le stock avant le départ, soit envisager l'envoi de doses supplémentaires.

Il aide également à adapter le traitement aux fuseaux horaires. Pour les voyages avec un décalage horaire inférieur à 3 heures, il n'est généralement pas nécessaire de modifier les horaires d'injection : les bolus ou injections rapides se font selon les repas et collations servis à bord, et l'insuline lente est administrée à l'heure habituelle. Pour les décalages supérieurs à 3 heures, la règle est de raisonner pendant le vol selon l'heure de départ et de changer l'heure de la montre et du matériel seulement après l'arrivée. Les bolus rapides ou injections rapides sont réalisés au moment des repas ou collations servis, et la modification temporaire du débit basal de pompe peut être envisagée pour limiter le risque d'hypoglycémie ou corriger une hyperglycémie.

Pour les voyages vers l'Est (journée raccourcie), le patient peut soit décaler progressivement l'injection lente d'une heure par jour pour retrouver l'heure habituelle, soit remplacer la première injection d'insuline lente par une injection rapide et reprendre l'injection lente à l'heure locale d'arrivée. Pour les voyages vers l'Ouest (journée prolongée), si plus de 24 heures séparent deux injections lentes, il est recommandé d'ajuster temporairement avec une injection rapide puis de reprendre le rythme habituel selon l'heure locale (tableau 10). (89)

Situation	Décalage horaire	Gestion des bolus/insulines rapides	Gestion de l'insuline lente/basale
Petit décalage	< 3h	Injection rapides selon les repas/collations	Insuline lente à l'heure habituelle
Grand décalage	> 3h	Injection rapides selon les repas/collations	Ajustement temporaire du débit basal de la pompe si nécessaire ; changer l'heure de la montre et du matériel après l'arrivée
Voyage vers l'Est (journée raccourcie)	> 3h	Injection rapides selon les repas/collations	Option 1 : Décaler progressivement l'injection lente d'1 heure par jour jusqu'à l'heure locale Option 2 : Remplacer la première injection lente par une injection rapide, puis reprendre l'injection lente à l'heure locale d'arrivée
Voyage vers l'Ouest (journée prolongée)	> 3h	Injection rapides selon les repas/collations	Si > 24 h entre deux injections lentes : injection rapide temporaire, puis reprise du rythme habituel à l'heure locale

Tableau 10 : Gestion des injections d'insuline lors d'une compétition à l'étranger

Un joueur sous pompe devra quant à lui continuer son débit basal habituel avant le vol, prendre ses bolus rapides aux repas et collations à bord, et ajuster temporairement le débit basal si nécessaire. L'heure de la pompe sera changée à l'arrivée pour correspondre à l'heure locale, et le débit basal ainsi que les bolus rapides seront ensuite adaptés selon les repas, l'activité physique et le rythme local pendant tout le séjour.

Le pharmacien informe également sur les exigences réglementaires et logistiques :

- Ordonnances : Tout passager diabétique doit avoir sur lui une ordonnance lisible, en cours de validité, en français et à son nom, détaillant tous les éléments du traitement (insuline, aiguilles, stylos injecteurs, lecteur, etc.). Il n'est pas nécessaire de traduire l'ordonnance en plusieurs langues, les termes « insuline » et les noms commerciaux étant universels.
- Transport en cabine : Les médicaments sont considérés comme des « liquides essentiels à la personne » et peuvent être transportés en bagage à main. Il est recommandé de séparer le traitement, une partie dans le bagage à main et une partie en soute pour prévenir les risques liés à la perte ou au retard de bagages.
- Transport en soute : L'insuline doit être conservée entre 4 et 8 °C. Pour éviter tout risque de variation de température, il est conseillé d'utiliser un dispositif isotherme.
- Matériel de surveillance : Aiguilles, lancettes, lecteurs et bandelettes peuvent être rangés dans tout support adapté, permettant confidentialité et sécurité lors des contrôles de sûreté. Pour les pompes, la palpation peut être demandée, mais peut être effectuée dans un local fermé si nécessaire. Un certificat médical est demandé pour les dispositifs implantés notamment les pompes.

- Certificat spécifique ou déclaration aux agences de voyage : Aucun certificat particulier n'est obligatoire, et il n'est pas nécessaire d'informer les voyagistes de son diabète, sauf exigence spécifique non réglementaire. (90)

Enfin, pendant le déplacement, il est recommandé de maintenir une surveillance glycémique renforcée, surtout lors des vols longs ou en cas de décalage horaire. La trousse de secours doit rester facilement accessible et contenir du glucose rapide, de l'insuline de secours, les stylos injecteurs ainsi que tous les dispositifs nécessaires pour la pompe ou le CGM. Il convient également de vérifier régulièrement la température des insulines et du matériel, et d'adapter les habitudes alimentaires afin de stabiliser la glycémie.

Exemple pratique *Un tennisman professionnel prend habituellement une injection d'insuline basale le soir et des bolus rapides aux repas. Il doit se rendre à Los Angeles pour un séjour de 3 semaines et son vol décolle de Paris à 11h00. Le décalage horaire entre Paris et Los Angeles est de -9 heures, ce qui représente un grand décalage horaire*	
Avant le vol	● La veille du départ, il prend sa basale habituelle à 19h, correspondant à son horaire habituel en France. ● Le matin du départ, il prend un petit-déjeuner léger avec un bolus rapide, comme d'habitude.
Pendant le vol	● Les bolus rapides sont pris selon les repas et collations servis à bord. ● Aucun ajustement de la basale n'est nécessaire pendant le vol, mais il doit surveiller sa glycémie pour éviter les variations
A l'arrivée à Los Angeles	● L'arrivée est prévue vers 22h00 heure locale. Comme l'écart depuis sa dernière injection basale (la veille à 19h00 Paris) sera supérieur à 24 heures, Lucas peut envisager une injection rapide temporaire pour ajuster son traitement et limiter le risque d'hypoglycémie. ● Il s'aligne progressivement sur l'heure locale pour ses repas et collations.
Pendant le séjour	● Il reprend ensuite sa basale quotidienne à 19h heure locale pour le reste du séjour. ● Les bolus rapides continuent à être administrés au moment des repas et collations, adaptés à ses entraînements et ses matchs

Tableau 11 : Cas pratique d'ajustement des injections d'insuline lors d'une compétition à l'étranger

VII.2. Gestion lors des compétitions

La gestion du DT1 pendant une compétition chez un joueur ou une joueuse de tennis de haut niveau repose sur des aspects pratiques et réglementaires essentiels.

Sur le plan pratique, l'athlète doit toujours avoir à portée de main son insuline, que ce soit sous forme de stylo ou de pompe, ainsi que tous les consommables nécessaires, son dispositif de mesure de glycémie, et des glucides rapides afin de pouvoir réagir immédiatement en cas d'hypoglycémie. Le stockage de l'insuline doit être adapté aux conditions de compétition, notamment en évitant les températures extrêmes, et peut nécessiter un étui isotherme ou un emplacement protégé, particulièrement lors de matchs en extérieur. Il est crucial de vérifier sur place que les conditions de stockage sont correctes avant le match, afin de garantir l'efficacité du traitement.
Avant le match, l'athlète doit contrôler sa glycémie pour s'assurer que le taux est stable et approprié pour jouer, et pendant le match, il est recommandé de réaliser des contrôles aux changements de côté ou pendant les pauses afin de détecter rapidement toute hypoglycémie ou hyperglycémie. Grâce à un travail préalable avec le pharmacien, le sportif a pu apprendre à reconnaître les symptômes d'hypoglycémie et d'hyperglycémie ce qui lui permet de réagir de manière autonome et sécurisée pendant le match.
Un plan d'urgence est également nécessaire : le sportif doit disposer d'un kit comprenant glucides rapides, glucomètre ou capteur fonctionnel, et éventuellement un contact médical ou un accompagnateur informé. Pour les utilisateurs de pompe à insuline, il faut prévoir la possibilité de retirer temporairement le dispositif en cas de risques liés au jeu, comme les chocs ou contacts, tout en respectant les délais de sécurité et en reconnectant la pompe dès que possible.

Sur le plan réglementaire, il est important de rappeler que l'insuline est classée par l'Agence mondiale antidopage (WADA) parmi les substances interdites en compétition sauf justification médicale. L'usage d'insuline sans autorisation peut donc entraîner des sanctions pour dopage. Le sportif diabétique doit obtenir une autorisation d'usage thérapeutique (TUE) auprès de l'organisme antidopage compétent, qui justifie la nécessité médicale, le diagnostic précis et l'absence d'alternative adéquate. Les fédérations de tennis reconnaissent cette TUE, permettant à l'athlète de concourir légalement tout en utilisant son traitement. Il est recommandé d'informer à l'avance l'organisation du tournoi, les arbitres et le staff médical de la condition médicale et de la présence d'insuline sur le court afin d'éviter toute confusion. L'usage d'insuline dans ce cadre est strictement thérapeutique et ne vise pas à améliorer la performance au-delà de l'état de santé normal. La transparence et la sensibilisation des instances sportives garantissent un traitement juste des athlètes diabétiques, tout en respectant le code antidopage.

VII.3. Suivi post-compétition

Après la compétition ou le voyage, le pharmacien évalue l'impact sur la glycémie, ajuste si nécessaire les traitements en collaboration avec l'équipe médicale pour les jours suivants et analyse les incidents éventuels tels que hypoglycémies, hyperglycémies ou dysfonctionnements des dispositifs. Ces observations servent à améliorer la préparation des déplacements futurs, en optimisant la planification des doses, la gestion des repas et le suivi

glycémique. Tout au long du voyage et de la compétition, l'athlète peut tenir un carnet de suivi, consignant les glycémies, les apports alimentaires, les doses d'insuline, les épisodes d'hypo ou hyperglycémie et tout événement particulier lié à la santé ou à la performance.
Il est essentiel de réaliser un bilan complet post-compétition, permettant de faire le point sur l'ensemble de la gestion du diabète durant l'événement. Pour cela, l'athlète peut organiser des rendez-vous avec son pharmacien, les autres professionnels de santé (diabétologue, médecin du sport, nutritionniste) ainsi que le staff sportif, afin d'évaluer ce qui a fonctionné ou non. Le pharmacien peut également vérifier que tout s'est bien déroulé, que les traitements ont été correctement administrés et que les incidents ont été gérés de manière appropriée. La participation du staff sportif permet d'apporter leurs observations sur la performance, le comportement ou la fatigue de l'athlète, enrichissant le bilan et facilitant l'ajustement du protocole pour les futures compétitions. Ce bilan permet de tirer des enseignements concrets, de corriger les éventuelles erreurs ou oublis, de renforcer la prévention des hypoglycémies ou hyperglycémies, et d'anticiper les besoins spécifiques des prochains matchs ou déplacements internationaux.

CONCLUSION

Le DT1 est une pathologie chronique exigeant une adaptation permanente du traitement et du mode de vie. Chez les athlètes de haut niveau, cette contrainte se superpose aux exigences physiques, cognitives et émotionnelles propres à la compétition. Si l'association entre diabète et sport de haut niveau a longtemps été perçue comme difficilement compatible, l'évolution des connaissances et des moyens thérapeutiques permet aujourd'hui d'envisager une carrière sportive ambitieuse sans compromis sur la sécurité.

Dans le tennis, sport caractérisé par une alternance d'efforts brefs et intenses, de phases d'endurance et par une forte charge émotionnelle, le maintien d'un équilibre glycémique stable constitue un facteur clé de réussite. Les déséquilibres, qu'ils soient hypoglycémiques ou hyperglycémiques, peuvent altérer la coordination, la prise de décision ou encore la récupération.

Les progrès de l'insulinothérapie et l'intégration des nouvelles technologies ont profondément transformé les modalités d'adaptation au sport. Les capteurs de glucose en continu et les pompes à insuline offrent aujourd'hui une meilleure anticipation des variations métaboliques. Toutefois, l'étude des parcours d'Alexander Zverev et de Jordi Aragone souligne que ces avancées ne conduisent pas à une stratégie unique et standardisée. Bien que tous deux atteints de DT1 et évoluant au plus haut niveau, ils ont fait le choix de méthodes de gestion différentes, adaptées à leur profil, à leur ressenti et à leur environnement sportif. Cette diversité de pratiques illustre l'absence de modèle universel et confirme la nécessité d'une approche individualisée, construite sur l'expérience personnelle, la connaissance fine de la maladie et l'accompagnement par des professionnels de santé.

L'adaptation nutritionnelle constitue un autre pilier fondamental de l'équilibre métabolique. L'ajustement des apports glucidiques, le timing des repas et la coordination avec les traitements permettent de limiter les déséquilibres liés à l'effort et de favoriser une récupération optimale. Cette organisation repose sur une planification rigoureuse, particulièrement essentielle lors des compétitions, des entraînements intensifs et des déplacements internationaux.

Dans cette prise en charge globale, le pharmacien d'officine occupe une place centrale et souvent sous-estimée. En tant que professionnel de santé de proximité, il intervient de manière continue auprès du patient, bien au-delà de la simple dispensation des traitements. Son rôle s'étend à l'éducation thérapeutique, à l'accompagnement dans l'utilisation des dispositifs médicaux, à la prévention des erreurs médicamenteuses et à la sécurisation des ajustements thérapeutiques. Chez le sportif de haut niveau, son expertise est particulièrement précieuse pour anticiper les situations à risque, gérer les contraintes liées aux voyages, conseiller sur les compléments alimentaires et prévenir le dopage involontaire. Par sa disponibilité et sa connaissance fine du traitement, le pharmacien contribue également à réduire la charge mentale liée à la maladie, élément déterminant dans un contexte de performance élevée.

Ainsi, la gestion du DT1 chez les athlètes de haut niveau repose sur une approche personnalisée, évolutive et multidisciplinaire. Les avancées thérapeutiques, associées à une coordination étroite entre les différents acteurs de santé, permettent aujourd'hui aux joueurs de tennis diabétiques d'exprimer pleinement leur potentiel. Dans ce cadre, le pharmacien d'officine s'impose comme un acteur essentiel, à la croisée du soin, de la prévention et du

soutien au long cours, contribuant à la fois à la sécurité, à la performance et à la durabilité de la carrière sportive.

BIBLIOGRAPHIE

1. chevalier.n@chu-nice.fr. Diabète de type 1. Société Française d'Endocrinologie. 2022. Disponible sur: https://www.sfendocrino.org/diabete-de-type-1/
2. Insuline : rôle de l'insuline | à quoi sert l'insuline ? Disponible sur: https://www.federationdesdiabetiques.org/information/traitement-diabete/linsuline
3. Mallone R. Le diabète de type 1: une maladie auto-immune et de la cellule bêta. 2017
4. Tenenbaum M, Bonnefond A, Froguel P, Abderrahmani A. Physiopathologie du diabète. Rev Francoph Lab. 1 mai 2018
5. Redondo MJ, Steck AK, Pugliese A. Genetics of type 1 diabetes. Pediatr Diabetes. mai 2018
6. Boitard C. Les diabètes : de la génétique à l'environnement. Bull Académie Natl Médecine. 1 mai 2020
7. Causes - AJD 2023. Disponible sur: https://www.ajd-diabete.fr/le-diabete-de-type-1/les-causes/
8. Nyaga DM, Vickers MH, Jefferies C, Perry JK, O'Sullivan JM. The genetic architecture of type 1 diabetes mellitus. Mol Cell Endocrinol. 5 déc 2018
9. Zajec A, Trebušak Podkrajšek K, Tesovnik T, Šket R, Čugalj Kern B, Jenko Bizjan B, et al. Pathogenesis of Type 1 Diabetes: Established Facts and New Insights. Genes. 16 avr 2022
10. Krogvold L, Edwin B, Buanes T, Frisk G, Skog O, Anagandula M, et al. Detection of a low-grade enteroviral infection in the islets of langerhans of living patients newly diagnosed with type 1 diabetes. Diabetes. mai 2015
11. Mallone R, Bismuth E, Thivolet C, Benhamou PY, Hoffmeister N, Collet F, et al. Dépistage et prise en charge du diabète de type 1 préclinique, stade 1–2. Prise de position d'experts français. Médecine Mal Métaboliques. 1 sept 2024
12. Alexis Dubosq. Le diabète de type 1 et le sportif de haut niveau. Sciences pharmaceutiques. 2020.
13. Kinnard N. Peut-on prédire le risque d'hypoglycémie liée à l'activité physique? hypoglycémie. 2023 Disponible sur: https://type1better.com/fr/peut-on-predire-le-risque-dhypoglycemie-liee-a-lactivite-physique/
14. Kinnard N. Sport de haut niveau : le défi des hyperglycémies. Hyperglycémie. 2023 Disponible sur: https://type1better.com/fr/sport-de-haut-niveau-le-defi-des-hyperglycemies/
15. Kelly D, Hamilton JK, Riddell MC. Blood Glucose Levels and Performance in a Sports Camp for Adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus: A Field Study. Int J Pediatr. 2010
16. HAS. Prescription d'activité physique. Diabète de type 1. juillet 2022
17. www.elsevier.com .Bienfaits de l'Exercice pour les Diabétiques. Disponible sur: https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/diabete-et-activite-physique
18. Shetty VB, Fournier PA, Davey RJ, Retterath AJ, Paramalingam N, Roby HC, et al. Effect of Exercise Intensity on Glucose Requirements to Maintain Euglycemia During Exercise in Type 1 Diabetes. J Clin Endocrinol Metab. mars 2016
19. Shetty VB, Fournier PA, Paramalingam N, Soon W, Roby HC, Jones TW, et al. Effect of Exercise Intensity on Exogenous Glucose Requirements to Maintain Stable Glycemia At High Insulin Levels in Type 1 Diabetes. J Clin Endocrinol Metab. 1 janv 2021
20. McClure RD, Alcántara-Cordero FJ, Weseen E, Maldaner M, Hart S, Nitz C, et al. Systematic Review and Meta-analysis of Blood Glucose Response to High-intensity Interval Exercise in Adults With Type 1 Diabetes. Can J Diabetes. mars 2023
21. Adams OP. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. Diabetes Metab Syndr Obes Targets Ther. 2013
22. Cockcroft EJ, Narendran P, Andrews RC. Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. Exp Physiol. avr 2020
23. Yurkewicz M, Cordas M, Zellers A, Sweger M. Diabetes and Sports. Am J Lifestyle Med. 8 juill 2016
24. Gottlieb D, Abushamat LA, Nadeau KJ, Regensteiner JG, Reusch JEB, Tommerdahl KL, et al. Muscle mitochondrial function is impaired in adults with type 1 diabetes. J Diabetes Complications. août 2024
25. Minnock D, Annibalini G, Valli G, Saltarelli R, Krause M, Barbieri E, et al. Altered muscle mitochondrial, inflammatory and trophic markers, and reduced exercise training adaptations in type 1 diabetes. J Physiol. mars 2022
26. Hypnotized. Association Belge du Diabète. Diabète : une charge mentale omniprésente. Disponible sur: https://www.diabete.be/vivre-le-diabete-3/suivi-au-quotidien-18/la-charge-mentale-729
27. Les complications. Diabète de l'enfant et de l'adolescent HU Robert-Debré. 2013. Disponible sur: https://diabete-robertdebre.aphp.fr/complications-diabete/
28. Diabète de type 1 · Inserm, La science pour la santé. Inserm. Disponible sur: https://www.inserm.fr/dossier/diabete-type-1/
29. Mode d'administration de l'insuline | Percée DT1 Mode d'administration de l'insuline. Percée DT1. Disponible sur: https://perceedt1.ca/gestion-quotidienne/mode-dadministration-de-linsuline/
30. HAS Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/evamed/CEPP-5624_MINIMED%202007D_11_septembre_2018_%285624%29_avis.pdf
31. Donnor T, Sarkar S. Insulin- Pharmacology, Therapeutic Regimens and Principles of Intensive Insulin Therapy. In: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, Blackman MR, Boyce A, Chrousos G, et al., éditeurs.

Endotext. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2023. Disponible sur:
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278938/
32. VIDAL. 2025. Recommandations Diabète de type 1. Disponible sur:
https://www.vidal.fr/maladies/recommandations/diabete-de-type-1-1708.html
33. Agence mondiale antidopage. Liste des interdictions. Disponible sur:
https://www.wada-ama.org/fr/liste-des-interdictions
34. Insuline et dopage Laurie Gheddar, PhD Institut de médecine légale Laboratoire de toxicologie, Strasbourg 23 janvier 2024
35. aut_diabetesucre_version4.1.pdf. Disponible sur:
https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/aut_diabetesucre_version4.1.pdf
36. Les nouvelles technologies dans le diabète de type I : intérêt chez les sportifs – La médecine du sport. Disponible sur:
https://www.lamedecinedusport.com/traumatologie/les-nouvelles-technologies-dans-le-diabete-de-type-interet-chez-les-sportifs/
37. La mesure en continu du glucose | Professionnels de santé | Abbott Disponible sur:
https://pro.freestyle.abbott/fr-fr/mesure-en-continu-du-glucose-capteur.html
38. Yao PY, Ahsun S, Anastasopoulou C, Tadi P. Insulin Pump. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Disponible sur: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555961/
39. Le fonctionnement de la pompe à insuline. La pompe à insuline, parlons-en ! Disponible sur:
https://pompeainsuline.federationdesdiabetiques.org/comment-ca-marche/fonctionnement-pai/
40. Benkhadra K, Alahdab F, Tamhane SU, McCoy RG, Prokop LJ, Murad MH. Continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections in individuals with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Endocrine. janv 2017
41. Faire du sport avec une pompe à insuline. 2025. Disponible sur:
https://www.makingdiabeteseasier.com/be/fr/la-gestion-du-diabete/pompes-a-insuline/faire-du-sport-avec-une-pompe-a-insuline
42. Heinemann L, Sieber J, Kulzer B. Connected Pens or Smart Pens: Technology Needs Context. J Diabetes Sci Technol. 18 août 2024
43. Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Pluim BM. Intensity of tennis match play. Br J Sports Med. mai 2006
44. lentrainement-physique-du-joueur-de-tennis.pdf. Disponible sur:
https://www.sportetformation.fr/wp-content/uploads/2020/12/lentrainement-physique-du-joueur-de-tennis.pdf
45. ap_fiche_diabete_1.pdf. Disponible sur:
https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-11/ap_fiche_diabete_1.pdf
46. Duclos M, Berne C, Tschudnowsky M, Descatoire A, Gautier JF, De Kerdanet M, et al. Prise de position de la Société Francophone du Diabète (SFD) sur l'activité physique chez les patients avec un diabète de type 1. Médecine Mal Métaboliques. oct 2019
47. Duclos DCB Pr Martine. Traitement par pompe à insuline - Comment assurer une pratique adéquate lors d'une activité physique ? Diabète et Obésité. 2021. Disponible sur:
https://diabeteetobesite.fr/traitement-par-pompe-a-insuline-comment-assurer-une-pratique-adequate-lors-dune-activite-physique/
48. [Hypoglycémie ou Hyperglycémie : sport & activité physique] | Fédération Française des Diabétiques. Disponible sur:
https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/activite-physique/activite-physique-pense-bete
49. Buckingham B, Chase HP, Dassau E, Cobry E, Clinton P, Gage V, et al. Prevention of nocturnal hypoglycemia using predictive alarm algorithms and insulin pump suspension. Diabetes Care. mai 2010
50. Horton WB, Subauste JS. Care of the Athlete With Type 1 Diabetes Mellitus: A Clinical Review. Int J Endocrinol Metab. 26 mars 2016
51. Alexis Dubosq. Le diabète de type 1 et le sportif de haut niveau. Sciences pharmaceutiques. 2020. ffdumas-03426541f
52. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. J Int Soc Sports Nutr. 20 juin 2017
53. Hydration and fueling recommendations for tennis players. Disponible sur:
https://www.precisionhydration.com/performance-advice/hydration/tennis-hydration-fueling-recommendations/
54. Claire. Quelle nutrition au tennis ?. Endurance prépa physique. 2025 Disponible sur:
https://endurance.prepa-physique.net/alimentation-tennis/
55. Yaribeygi H, Panahi Y, Sahraei H, Johnston TP, Sahebkar A. The impact of stress on body function: A review. EXCLI J. 21 juill 2017
56. Sharma K, Akre S, Chakole S, Wanjari MB. Stress-Induced Diabetes: A Review. Cureus. 13 sept 2022; Disponible sur: https://www.cureus.com/articles/112924-stress-induced-diabetes-a-review
57. B E. Quels sont les liens entre le diabète de type 1 et le stress. infos-diabete.com. 2023. Disponible sur:
https://infos-diabete.com/quels-sont-les-liens-entre-le-diabete-de-type-1-et-le-stress/
58. Hypoglycémie | Taux dangereux de glycémie Disponible sur:
https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/glycemie/hypoglycemie?utm
59. Hypoglycémie - AJD. 2023. Disponible sur:
https://www.ajd-diabete.fr/vivre-avec-un-diabete-de-type-1/prise-en-charge-du-diabete-de-type-1/lhypoglycemie/

60. Le Quotidien du Médecin. Le service (médical) à Roland-Garros. Disponible sur: http://www.lequotidiendumedecin.fr/specialites/medecine-du-sport/le-service-medical-roland-garros
61. Kayla. PTPA Launches Groundbreaking Medical Network, Underscoring Its Commitment to Protecting Player Health and Safety. Professional Tennis Players Association (PTPA). 2024 Disponible sur: https://ptpaplayers.com/ptpa-announces-medical-network/
62. Scribd. Staff Joueur Tennis | PDF. Disponible sur: https://fr.scribd.com/presentation/870177652/Staff-Joueur-Tennis
63. Alexander Zverev et sa famille sur la gestion du diabète de type 1. 2025 Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=7vESWm4RqNw
64. Tennis.com. Tennis.com. Quote of the Day: Alexander Zverev opens up about diabetes struggles at Roland Garros. Disponible sur: https://www.tennis.com/baseline/articles/quote-alexander-zverev-diabetes-insulin-injections-struggle-at-roland-garros
65. Zverev_interview.pdf. Disponible sur: https://afd44.federationdesdiabetiques.org/public/content/17/doc/Zverev_interview.pdf
66. Alexander Zverev Foundation. Alexander Zverev Foundation. Disponible sur: https://www.alexanderzverevfoundation.com
67. Tennis.com. Tennis.com. Inspiration and motivation: JC Aragone, Type 1 Diabetic and pro tennis player. Disponible sur: https://www.tennis.com/news/articles/inspiration-and-motivation-jc-aragone-type-1-diabetic-and-pro-tennis-player
68. Aragone Discusses Inspirational Journey To 2017 US Open 2017. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=NQfketzEzwo
69. VIDAL 2023. En pratique : voyager si l'on est diabétique. Disponible sur: https://www.vidal.fr/sante/voyage/avant-voyage/preparer-voyager-diabetique/en-pratique.html
70. Breuker C, Abraham O, di Trapanie L, Mura T, Macioce V, Boegner C, et al. Patients with diabetes are at high risk of serious medication errors at hospital: Interest of clinical pharmacist intervention to improve healthcare. Eur J Intern Med. mars 2017
71. Godeau V. Diabète et cyclisme, comment concilier les deux?: Rôle du pharmacien d'officine dans le suivi des patients.
72. Ameilbonne K. Dispositifs médicaux d'accompagnement du diabète: solutions actuelles et à venir. 2023;
73. L'autosurveillance de la glycémie et l'auto-examen. Disponible sur: https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/diabete-adulte/diabete-suivi/autosurveillance-glycemie
74. COMITE REGIONAL DU MEDICAMENT ET DES DISPOSITIFS MEDICAUX_. Disponible sur: https://www.omedit-centre.fr/medias/Capteurs-mesure-continue-glucose.pdf
75. Administration d'insuline - AJD. 2023. Disponible sur: https://www.ajd-diabete.fr/vivre-avec-un-diabete-de-type-1/prise-en-charge-du-diabete-de-type-1/ladministration-dinsuline/
76. Les 6 étapes de l'auto-injection. Disponible sur: https://www.sanofi-diabete.fr/vivre-avec-le-diabete/les-traitements-du-diabete/les-6-etapes-de-l-auto-injection
77. Pompe - AJD. 2023. Disponible sur: https://www.ajd-diabete.fr/vivre-avec-un-diabete-de-type-1/prise-en-charge-du-diabete-de-type-1/la-pompe/
78. Édition professionnelle du Manuel MSD. Acidocétose diabétique - Troubles endocriniens et métaboliques. Disponible sur: https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-endocriniens-et-métaboliques/diabète-sucré-et-troubles-du-métabolisme-glucidique/acidocétose-diabétique
79. Problèmes techniques reliés à la pompe : Pompes à insuline de A à Z Disponible sur: https://www.chusj.org/fr/soins-services/D/Diabete/Pompes-a-insuline-de-A-a-Z/Problemes-techniques-relies-a-la-pompe
80. Important Safety Information | FreeStyle Libre Providers. Disponible sur: https://www.freestyleprovider.abbott/us-en/safety-information.html
81. Gérer ses déchets issus de traitement de diabète. Disponible sur: https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/traitements/dechets-de-soins
82. RFCRPV. Erreurs médicamenteuses liées aux insulines. Disponible sur: https://www.rfcrpv.fr/erreurs-medicamenteuses-liees-aux-insulines/
83. ANSM. Actualité - Point sur les données de matériovigilance du dispositif de mesure du glucose FreeStyle Libre. Disponible sur: https://ansm.sante.fr/actualites/point-sur-les-donnees-de-materiovigilance-du-dispositif-de-mesure-du-glucose-freestyle-libre
84. ANSM. Comment déclarer si vous êtes professionnel de santé ? Disponible sur: https://ansm.sante.fr/documents/reference/declarer-un-effet-indesirable/comment-declarer-si-vous-etes-professionnel-de-sante
85. Martinot-Lagarde P. La m-santé: la place du pharmacien dans la prise en charge du diabète de type 1 à l'officine.
86. Alexis Dubosq. Le diabète de type 1 et le sportif de haut niveau. Sciences pharmaceutiques. 2020. ffdumas-03426541f

87. Pascal J. Rôles et missions du pharmacien d'officine dans la pratique du sport en compétition: point de vue de l'entraîneur.
88. Le rôle du pharmacien dans l'accompagnement de la santé du sportif : lutte contre l'inactivité physique, aspects préventifs et curatifs liés à la pratique sportive. Focus sur la pratique du Crossfit. Disponible sur: https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Pharma/2023/2023ULILE188.pdf
89. willy. Diabète et décalage horaire lors d'un voyage en avion. dbl-diabète. 2021. Disponible sur: https://www.dbl-diabete.fr/tout-sur-le-diabete/lifestyle/voyage/diabete-decalage-horaire
90. PROJET-DIABETE.indd. Disponible sur: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/diabete_aeroport.pdf

Université de Lille
UFR3S-Pharmacie
DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2025/2026

Nom : RENARD
Prénom : Emma

Titre de la thèse : Approches pharmacologiques et gestion du diabète de type 1 chez les athlètes de haut niveau : stratégies d'adaptation et impact sur la performance dans le tennis

Mots-clés : Diabète / Athlète / Tennis / Nutrition / Equilibre / Insuline / Pharmacien / Conseils / Accompagnement / Stratégie / Gestion / Optimisation / Performance

---

Résumé :
Le diabète de type 1 est encore trop souvent perçu comme une limitation majeure, voire comme une barrière insurmontable pour atteindre des performances optimales. Pourtant, avec une prise en charge rigoureuse, personnalisée et multidisciplinaire, ces obstacles peuvent être surmontés, permettant aux patients de concilier diabète et pratique sportive intensive.
La gestion du diabète chez le sportif repose sur plusieurs piliers complémentaires : la nutrition adaptée, la stratégie thérapeutique et l'organisation du mode de vie. Chaque élément doit être modulé en fonction des objectifs personnels, du type et de l'intensité de l'activité sportive, ainsi que des particularités physiologiques et métaboliques de l'athlète.
Dans ce contexte, le rôle du pharmacien dépasse largement la simple dispensation des traitements. En tant que professionnel de santé accessible et compétent, le pharmacien se positionne comme un acteur clé dans la coordination d'une approche globale, physique et psychique, permettant à l'athlète diabétique de performer tout en préservant sa santé.

Membres du jury :

Président : Madame **SEBTI Yasmine**, Professeur des Universités - Biochimie - Faculté de Pharmacie de Lille

Directeur, conseiller de thèse : Madame **DUMONT Julie**, Professeur des Universités - Biologie cellulaire - Faculté de Pharmacie de Lille

Membres extérieurs : Madame **PREVOT Delphine**, Docteur en Pharmacie - Pharmacie Dupire à Famars