

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Appliquée

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master dans le cadre de

L'arrêté ministériel 1275

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Bio-informatique

Intitulé :

**Plate-forme de suivi des malades par un programme  
nutritionnel personnalisé**

Présenté par :

- ❖ SEGHIRI RANIA
- ❖ BECHTATOU RAYANE
- ❖ MOUNIB HIBA-T ALLAH

Jury d'évaluation :

- ❖ Président : BELIL Inès (Pr)
- ❖ Encadrant : BOUCHEHAM Anouar (MCA)
- ❖ Examineur : CHEHILI Hamza (MCA)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## *Remerciement*



*Nous rendons tout d'abord grâce à **DIEU** de nous avoir accordé la force, la patience, le courage et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Ensuite, nous adressons nos sincères remerciements à monsieur **BOUCHEHAM Anouar** pour son encadrement rigoureux, ses conseils éclairés et sa disponibilité tout au long de ce travail. Sa patience, son professionnalisme et son expertise ont grandement contribué à la qualité et à l'aboutissement de ce mémoire.*

*Nous remercions également les membres du jury, **Pr. BELLIL Inès** et **Dr. CHEHILI Hamza**, pour leur temps, leurs remarques constructives et leurs suggestions pertinentes qui ont permis d'améliorer la qualité de ce mémoire.*

*Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif des membres de notre famille, surtout nos parents qu'ils nous ont toujours encouragé moralement et matériellement et à qui on tient à les remercier.*

*Sans oublier, nous tenons à remercier toute l'équipe pédagogique de l'université de Constantine 1, en particulier les professeurs de bio-informatique qui nous ont aidés*

*Tout au long de nos études.*

*Enfin on tient à exprimer vivement nos remerciements avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, car un projet ne peut pas être le fruit d'une seule personne.*



## *Dédicace*



*Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute la gratitude que je ressens aujourd'hui. Tout d'abord, je tiens à remercier **DIEU** de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*A mon chère **père**, à celui qui m'a dit un jour que j'étais la prunelle de ses yeux, à cet homme qui voyait dans chacun de mes petits succès une grande victoire, à celui qui par sa force, son amour et sa sagesse, a façonné celle que je suis aujourd'hui. Dans ton regard, je lis la fierté, le respect et la tendresse infinie d'un père. Je n'ai jamais oublié ta phrase : 'ce moment finira par passé', et aujourd'hui, je te dis avec le cœur rempli d'émotion : ce temps est passé, merci papa pour votre amour inconditionnel, vos encouragements silencieux et vos sacrifices que je mesure un peu plus chaque jour.*

*À ma merveilleuse **mère**, celle qui a toujours cru en moi, m'a soutenue dans chaque étape et n'a cessé de m'encourager à poursuivre mes rêves. Par tes prières, tes mots doux et ton amour inconditionnel, tu m'as donné la force, la patience et la résilience nécessaires pour arriver jusqu'ici. Ton soutien, tes douaaas et ta présence bienveillante ont été ma lumière tout au long de cette période. Je t'aime maman, et j'implore le Tout-Puissant de t'accorder une santé parfaite, une vie longue, paisible et pleine de bonheur. Merci pour tout.*

*A mes frères **Salah, Khalil et Ihab** pour l'amour qu'il me réserve.*

*A mon adorable sœur **Aya**, qui sait toujours comment procurer la joie pour toute la famille, et qui n'a pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.*

*À mon binôme **Rayane**, ma meilleure partenaire de route, merci pour ton inspiration, ton énergie contagieuse et ta présence lumineuse tout au long de ce parcours.*

*Qu'Allah te garde et t'accorde réussite et sérénité dans tout ce que tu entreprends*

*A mes chères amies **Noussaiba, Aya, Amani et Dorssaf** pour son soutien et son encouragement et à qui je souhaite plus de succès.*

*Sans oublier mon petit champignon chat **BICHOU** pour sa présence réconfortante, sa tendresse silencieuse et tout l'amour discret qu'il m'a offert tout au long de cette aventure.*

**SEGHIRI RANIA**



*Je rends grâce à **Allah** le tout puissant, le très miséricordieux, pour m'avoir donné la chance et la force nécessaire, pour réaliser cet humble et modeste travail.*

*A mes chers parents **Aissa & warda** autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Vous avez su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu, le tout puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et vous protège de tout mal.*

*A mes chers frères **Taki, Imed, Wassim & mon Fiancé Alla** merci d'être toujours à côté de moi, par votre présence, par votre amour dévoué et votre tendresse, pour donner du goût et du sens à ma vie. En témoignage de mon amour et ma grande affection, je vous prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement.*

*À Mon cher binôme et ma **sœur Rania**, merci pour vos précieux encouragements et votre soutien. Nous demandons à Dieu de renforcer les liens sacrés qui nous unissent. Ce travail est le fruit de votre précieux soutien.*

***À mes grands-parents et mon cher oncle Djellal***

*Pour ton soutien constant et tes précieux conseils tout au long de mon parcours.*

*A toutes personnes qui a contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin...*

**BECHTATOU Rayane**



## *Dédicace*



*Je remercie **Dieu**, le Tout-Puissant, pour la force, la patience et le succès qu'Il m'a accordés pour mener à bien ce travail. Sans Sa volonté, rien de tout cela n'aurait été possible.*

*À **mon père**, que le Tout-Puissant a rappelé à Lui, mais dont la présence continue d'habiter chacun de mes pas. À qui j'adresse humblement cette dédicace, en signe d'amour et de reconnaissance éternelle. À chaque instant de doute, je sentais son souvenir me soulever, comme une force invisible me poussant à ne pas abandonner. Cette œuvre, si modeste soit-elle, est le fruit de ce qu'il a semé en moi. Que Dieu lui fasse miséricorde et lui accorde la plus haute place au Paradis.*

*À toi, **ma mère**, mon pilier, ma lumière, mon refuge. Par ta foi, tu m'as appris à faire confiance à Dieu. Tu m'as appris la persévérance. Durant tout ce travail, j'ai senti ton soutien, et je n'ai jamais cessé de me dire à quel point ta présence est précieuse. Qu'Allah vous récompense pour ce que vous avez fait et vous remplisse de Sa lumière, de Sa paix et de Sa miséricorde dans ce monde et dans l'au-delà. Je t'aime, et je te dois tant.*

*À mon **grand-père** et à ma **grand-mère**, que Dieu leur accorde sa miséricorde. Vos prières passées me reviennent comme des bénédictions silencieuses. Cette œuvre est le fruit de votre héritage d'amour et de sagesse. Que Dieu vous accorde sa miséricorde infinie.*

*À **mes grands-parents**, je sais combien vous accordez de l'importance à l'éducation, combien vous êtes heureux de me voir progresser. Cette réussite est aussi la vôtre.*

*À mon frère **Yassin**, je te remercie du fond du cœur pour ton soutien continu et ta présence rassurante lorsque j'avais le plus besoin de toi.*

*À ma chère sœur **Marwa**, ta gentillesse et ta sensibilité sont un trésor dans ma vie. Je demande à Dieu de t'élever vers la sagesse et le bonheur.*

*À ma petite sœur **Malak**, ton énergie positive m'a toujours remonté le moral, je suis fière de toi et de ta détermination. Je prie Dieu de t'accorder la réussite dans tous tes projets.*

***Tamtam, Iman** et **Nardjes**, que Dieu vous protège et vous remplisse de joie comme vous l'avez planté dans ma vie.*

**MOUNIB Hibat Allah**

## Résumé

Ce mémoire examine le développement de "**My Healthy Partner**", une **plateforme numérique** novatrice destinée à soutenir les patients souffrant de diabète et d'obésité grâce à des **régimes alimentaires personnalisés**. Cette solution, fondée sur le Framework **Django**, permet aux utilisateurs, qu'ils soient patients ou médecins, de créer des comptes, d'évaluer des profils nutritionnels et de concevoir des plans alimentaires adaptés. L'objectif principal est d'optimiser la gestion des maladies chroniques en intégrant des fonctionnalités telles que le calcul de l'Indice de Masse Corporelle (**IMC**), la possibilité pour les patients de soumettre des demandes de régimes, et la validation de ces demandes par des professionnels de santé via une interface dédiée. Les résultats de cette plate-forme indiquent que cette approche, alliant technologie et expertise médicale, peut considérablement améliorer la qualité de vie des patients tout en diminuant les complications associées au **diabète** et à **l'obésité**.

Mot clés : My Healthy Partner, Diabète, Obésité, Régime alimentaire personnalisé, Plateforme numérique, Django, IMC.

## **Abstract**

This thesis explores the development of "My Healthy Partner," an innovative digital platform designed to support patients suffering from diabetes and obesity through personalized dietary plans. This solution, built on the Django Framework, allows users—whether patients or doctors—to create accounts, evaluate nutritional profiles, and design tailored meal plans. The primary objective is to optimize the management of chronic diseases by integrating features such as Body Mass Index (BMI) calculation, the ability for patients to submit diet requests, and the validation of these requests by healthcare professionals via a dedicated interface. The results from this platform indicate that this approach, combining technology and medical expertise, can significantly improve patients' quality of life while reducing complications associated with diabetes and obesity.

**Keywords:** My Healthy Partner, Diabetes, Obesity, Personalized Diet Plan, Digital Platform, Django, BMI.

## المخلص

تنص هذه المذكرة على تطوير منصة تسمى «شريكى الصحى» وهى منصة رقمية مبتكرة تهدف إلى دعم المرضى المصابين بالسكري والسمنة من خلال اتباع أنظمة غذائية مخصصة. تعتمد هذه الحلول على إطار عمل جانغو، وتمكن المستخدمين، سواء كانوا مرضى أو أطباء، من إنشاء حسابات، وتقييم الملفات الغذائية، وتصميم خطط غذائية مناسبة. يكمن الهدف الرئيسى في تحسين إدارة الأمراض المزمنة من خلال دمج خصائص مثل حساب مؤشر كتلة الجسم، وإمكانية تقديم المرضى لطلبات الأنظمة الغذائية، بالإضافة إلى مصادقة هذه الطلبات من قبل مهنيين الصحة عبر واجهة خاصة. وقد أظهرت نتائج هذه المنصة أن الجمع بين التكنولوجيا والخبرة الطبية يمكن أن يسهم بشكل كبير في تحسين جودة حياة المرضى مع تقليل المضاعفات المرتبطة بالسكري والبدانة.

**الكلمات المفتاحية:** شريكى الصحى، مرض السكري، السمنة، أنظمة غذائية مخصصة، المنصة الرقمية، جانجو، مؤشر كتلة الجسم.

## **Liste des figures**

<b>Figure 1 :</b> Les causes d'obésité .....	26
<b>Figure 2 :</b> Le schéma d'obésité androïde et gynoïde [14] .....	29
<b>Figure 3 :</b> Le résultat de mesure la taille d'un garçon de 8 ans plusieurs fois par an [16] .....	30
<b>Figure 4 :</b> Le pourcentage des personnes obèses et diabétiques et les personnes obèses et non diabétiques [34] .....	41
<b>Figure 5 :</b> Les matières grasses ont des effets plus ou moins favorables sur la santé, en particulier sur le cholestérol sanguin et l'état des artères [38] .....	50
<b>Figure 6 :</b> Les glucides simples et les glucides complexes [40] .....	52
<b>Figure 7 :</b> L'index glycémiques d'aliments courants [40] .....	53
<b>Figure 8 :</b> La pyramide alimentaire pour personne diabétique .....	56
<b>Figure 9:</b> Les types d'apprentissage automatique [66] .....	51
<b>Figure 10 :</b> L'apprentissage supervisé [67] .....	51
<b>Figure 11 :</b> Les types d'algorithmes de l'apprentissage supervisé [68] .....	52
<b>Figure 12 :</b> Les algorithmes d'apprentissage automatique non supervisés [69] .....	54
<b>Figure 21:</b> La Formule de l'IMC et ses différentes catégories [80] .....	79
<b>Figure 22 :</b> Un tableau de correspondance entre l'HbA1c et la glycémie moyenne publier par l'association Américaine du diabète [84] .....	83
<b>Figure 23:</b> Le taux normal du le cholestérol total [85] .....	86
<b>Figure 24 :</b> La source du LDL- cholestérol et du HDL- cholestérol [90] .....	87
<b>Figure 25 :</b> Le taux normal des triglycérides chez les femmes et les hommes [92] .....	87
<b>Figure 26 :</b> Le taux normal du bilan lipidique [92] .....	88
<b>Figure 27 :</b> Un exemple d'un fichier HTML de notre projet .....	95
<b>Figure 28 :</b> Un exemple d'un fichier JavaScript de notre projet .....	96
<b>Figure 29 :</b> Un exemple d'un fichier CSS de notre projet .....	96
<b>Figure 30 :</b> Une partie du fichier settings.py .....	97
<b>Figure 31:</b> Le fichier urls.py .....	98
<b>Figure 32 :</b> Une partie du fichier views.py .....	98
<b>Figure 33 :</b> Le mécanisme de sécurité lors de l'inscription des utilisateurs avec validation par email .....	99
<b>Figure 34 :</b> La relation entre les tables de la base de données du projet (Complexité) .....	102
<b>Figure 35 :</b> Schéma relationnel des tables auth_user et user_auth_userprofile .....	103
<b>Figure 36 :</b> La page d'accueil .....	104

<b>Figure 37 :</b> Le chat rebot de l'application .....	105
<b>Figure 38 :</b> Les informations de l'application.....	105
<b>Figure 39 :</b> Les services de l'application .....	106
<b>Figure 40 :</b> Le contact avec l'admin .....	106
<b>Figure 41 :</b> L'interface de connexion des utilisateurs .....	107
<b>Figure 42 :</b> Le formulaire d'inscription.....	108
<b>Figure 43 :</b> La suite du formulaire à remplir par le médecin .....	109
<b>Figure 44 :</b> Interface de réinitialisation du mot de passe .....	109
<b>Figure 45 :</b> Le Dashboard de l'admin.....	110
<b>Figure 46 :</b> Les inscrits dans MHP .....	110
<b>Figure 47 :</b> Affichage du profil utilisateur par l'administrateur avec indication du statut de confirmation (médecin) .....	111
<b>Figure 48 :</b> L'email de confirmation .....	111
<b>Figure 49 :</b> La confirmation après l'activation du compte .....	112
<b>Figure 50 :</b> Page d'accueil interactive pour la demande de régime personnalisé .....	112
<b>Figure 51 :</b> La calculatrice de l'indice de masse corporelle .....	113
<b>Figure 52 :</b> Les choix des maladies .....	113
<b>Figure 53 :</b> Le questionnaire sur le mode de vie du patient.....	114
<b>Figure 54 :</b> Le choix de réponse pour le patient.....	115
<b>Figure 55 :</b> La représentation de l'attente du patient en vue d'une réponse personnalisée ....	115
<b>Figure 56 :</b> Le régime proposé par l'IA .....	116
<b>Figure 57 :</b> Exemple de régime journalier attribué à un utilisateur.....	117
<b>Figure 58 :</b> Contenus vidéo pour améliorer les habitudes alimentaires.....	117
<b>Figure 59 :</b> Reçue par le médecin au moment de l'inscription, en attente l'approbation de l'administrateur .....	118
<b>Figure 60 :</b> L'email de la confirmation d'activation du compte médecin .....	119
<b>Figure 61 :</b> L'approbation du médecin par l'administrateur via u message email .....	120
<b>Figure 62 :</b> Le Dashboard du médecin .....	120
<b>Figure 63 :</b> L'espace à remplir par le médecin pour le régime .....	121
<b>Figure 64 :</b> Les détails de la demande du patient .....	121

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1 :</b> Les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète (type 01)-----	4
<b>Tableau 2 :</b> Les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète (type 02) -----	5
<b>Tableau 3 :</b> Les Symptômes du diabète de type 1 et type 2 -----	5
<b>Tableau 4 :</b> La classification du risque des maladies cardio-vasculaires, diabète et d'hypertension en fonction du tour de taille -----	28
<b>Tableau 5 :</b> Les médicaments pouvant favoriser une prise de poids -----	39
<b>Tableau 6 :</b> Explication pour la photo précédente-----	54
<b>Tableau 7 :</b> La différence entre IA et AA -----	49
<b>Tableau 8 :</b> La classification du l'indice de masse (IMC) selon OMS-----	<b>80</b>
<b>Tableau 9 :</b> Les causes et les symptômes de l'hypoglycémie et l'hyperglycémie -----	82
<b>Tableau 10 :</b> L'intervalle de la quantité du la vitamine D dans le corps -----	89

### *Liste des abréviations*

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>ADN</b>	Acide Désoxyribonucléique
<b>AGPI</b>	Acides Gras Polyinsaturés
<b>AA</b>	Apprentissage automatique
<b>ANN</b>	Artificial Neural Network
<b>BMI</b>	Body Mass Index
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>CNN</b>	Convolutionnel Neural Network
<b>CRUD</b>	Create, Read, Update, Delete
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets
<b>DT1</b>	Diabète de type 1
<b>DT2</b>	Diabète de type 2
<b>DA</b>	Dinar Algérien
<b>DI</b>	Décilitre
<b>DPP</b>	Diabetes Prevention Program
<b>DM2</b>	Myotonic dystrophy type 2
<b>EAL</b>	Exploration d'une Anomalie Lipidique
<b>EDTA</b>	Ethylènediaminetétraacétique
<b>Mmol/L</b>	Millimole / litre
<b>ENV</b>	Environnement virtuel
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration
<b>Glycémie AC</b>	Glycémie à jeun
<b>GAN</b>	Generative Adversial Network

<b>HbA1c ou A1c</b>	Hémoglobine glyquée
<b>HGPO</b>	hyperglycémie provoquée par voie orale
<b>HDL</b>	High-Density Lipoprotein (bon cholestérol)
<b>Hb</b>	Hémoglobine
<b>HTML</b>	Hyper Text Markup Language
<b>IA</b>	Intelligence Artificielle
<b>IRM</b>	Imagerie par résonance magnétique
<b>IMC</b>	Indice de Masse Corporelle
<b>IBM</b>	Internatinnal Business Machines corporation
<b>IRS</b>	récepteur de l'insuline
<b>kcal</b>	Kilocalorie
<b>kg</b>	kilogramme
<b>LLM</b>	Large Language Models
<b>LDL</b>	Low-Density Lipoprotein (mauvais cholestérol)
<b>Mg</b>	Milligramme
<b>Mm Hg</b>	Millimètre de mercure
<b>m²</b>	Mètre carré
<b>MHP</b>	My Healthy Partner
<b>MOE</b>	Mixture of Expert
<b>ML</b>	Machine Learning
<b>Ng</b>	Nano gramme
<b>N (N-3)</b>	Nomenclature
<b>NWCR</b>	National Weight Control Registry
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé

<b>OH</b>	groupe hydroxyle
<b>RTH</b>	Rapport Taille/Hanche
<b>ReLu</b>	Reactified Linear unit
<b>RNN</b>	Réseaux de neurones récurrents
<b>SVM</b>	Support Vector Machine
<b>TCII</b>	trans-cobalamine II
<b>TCA</b>	Trouble du Comportement Alimentaire
<b>TLN</b>	Traitement du Langage Naturel
<b>TIBCO</b>	TIBCO The Information Bus Company
<b>UVB</b>	ultraviolets B
<b>URL</b>	Uniform Ressource Locator
<b>vitamine D2</b>	ergocalciférol
<b>vitamine D3</b>	cholécalficérol
<b>VDR</b>	vitamin D receptor.
<b>VLCD</b>	Very Low-Calorie Diet

# Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Chapitre 01: Les différents types de maladies à traiter .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Le diabète.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Les principaux types de diabète .....	3
1.1.2 Les causes du diabète de type 1 et type 2 .....	4
1.1.3 Les diagnostics du diabète de type 1 et type 2 .....	4
1.1.4 Symptômes du diabète de type 1 et type 2 .....	5
1.1.5 Objectifs de la thérapie nutritionnelle médicale pour le diabète.....	6
1.1.6 Thérapie nutritionnelle médicale pour le diabète de type 1 et de type 2: .....	7
1.1.7 Micronutriments et diabète .....	14
1.1.8 Considérations spéciales pour le diabète de type 1 .....	15
1.1.9 Considérations spéciales pour le diabète de type 2 .....	16
1.1.10 Thérapie nutritionnelle médicale pour populations spéciales .....	16
1.1.11 Thérapie nutritionnelle médicale pour le traitement /prévention des complications aiguë du diabète .....	19
1.1.12 Obésité et résistance à l'insuline dans le développement du dysfonctionnement des cellules bêta.....	20
<b>1.2 Obésité .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 La définition de l'obésité .....	21
1.2.2 Surpoids et obésité .....	22
1.2.3 Les symptômes de l'obésité.....	22
1.2.4 Le diagnostic du l'obésité .....	23
1.2.5 Les causes de l'obésité .....	24
1.2.6 Conséquences de l'obésité .....	26
1.2.7 La Classification des différents types d'obésités .....	27
1.2.8 Les facteurs de risque .....	29

1.2.9	La prévention de l'obésité .....	32
1.2.10	Relation entre les régimes alimentaires et l'obésité .....	33
1.2.11	Traitement de l'obésité .....	34
1.2.12	Obésité et diabète .....	40
<b>2</b>	<b>Chapitre 02 : La relation entre les maladies et l'alimentation.....</b>	<b>47</b>
<b>2.1</b>	<b>Le diabète et la nutrition .....</b>	<b>48</b>
2.1.1	L'alimentation équilibré on cas du diabète.....	48
2.1.2	Le diabète et les lipides dans l'alimentation .....	49
2.1.3	Diabète et glucides (ou sucres) dans l'alimentation .....	51
2.1.4	Les bienfaits des fibres alimentaires chez le diabétique.....	54
2.1.5	Le sel : prudence en cas de diabète .....	55
2.1.6	Conseils de base générale .....	55
<b>2.2</b>	<b>Le surpoids ou l'obésité et nutrition .....</b>	<b>56</b>
2.2.1	Les aliments à privilégier en cas d'obésité.....	57
2.2.2	Les aliments à éviter en cas d'obésité .....	59
<b>2.3</b>	<b>Conseils pour chaque famille d'aliments .....</b>	<b>60</b>
2.3.1	Les boissons .....	60
2.3.2	Les légumes .....	60
2.3.3	Les féculents .....	61
2.3.4	Les produits laitiers et les alternatives végétales enrichies en calcium.....	61
2.3.5	Les viandes, volailles, poissons et œufs .....	61
<b>3</b>	<b>Chapitre 03 : L'apprentissage automatique .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>L'intelligence artificielle (IA).....</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>L'apprentissage automatique.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>La différence entre IA et AA.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3</b>	<b>Importance de l'apprentissage automatique .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4</b>	<b>Certaines applications de l'apprentissage automatique.....</b>	<b>50</b>

<b>3.5</b>	<b>Types d'apprentissage automatique .....</b>	<b>51</b>
3.5.1	Apprentissage supervisé .....	51
3.5.2	Apprentissage non supervisé .....	54
3.5.3	Apprentissage semi-supervisé.....	54
3.5.4	Apprentissage par renforcement .....	55
<b>4</b>	<b>Chapitre 04 : Les critères de base pour donner un régime alimentaire en fonction de la maladie .....</b>	<b>78</b>
<b>4.1</b>	<b>Les principales données pour diagnostiquer l'état du corps: .....</b>	<b>78</b>
4.1.1	Le poids : .....	78
4.1.2	La taille .....	78
4.1.3	L'indice de masse corporelle (IMC) .....	78
<b>4.2</b>	<b>Les analyses sanguines essentielles pour les deux maladies précédentes.....</b>	<b>81</b>
4.2.1	La glycémie à jeun .....	81
4.2.2	L'hémoglobine glyquée HbA1c.....	82
4.2.3	Le bilan lipidique .....	85
4.2.4	Micronutriments et hormones .....	88
<b>5</b>	<b>Chapitre 05 : Développement de la Plate-forme .....</b>	<b>92</b>
<b>5.1</b>	<b>Développement back-end de la plateforme.....</b>	<b>92</b>
5.1.1	Création de l'environnement virtuel et installation de Django .....	92
5.1.2	Création du projet et des applications .....	92
5.1.3	Intégration de HTML, CSS et JavaScript .....	95
5.1.4	Configuration et routage .....	97
5.1.5	Gestion des utilisateurs et authentification .....	98
5.1.6	L'intégration du modèle intelligent (AI) dans l'interface de la plate-forme .....	99
5.1.7	Conception et gestion de la base de données .....	101
<b>5.2</b>	<b>Conception et fonctionnement de la plateforme .....</b>	<b>103</b>
5.2.1	Page d'accueil .....	104

5.2.2	Création de compte.....	106
5.2.3	Interface de données.....	109
5.2.4	Interface d'expert .....	118
5.2.5	Système de notification pour le patient et le médecin.....	122
<b>Conclusion .....</b>		<b>123</b>
<b>6</b>	<b>Chapitre 06 : Plan de financement .....</b>	<b>114</b>
<b>6.1</b>	<b>Les couts et charges.....</b>	<b>114</b>
6.1.1	Matériels requis.....	114
<b>6.2</b>	<b>Calcul prévisionnel du coût de revient du produit.....</b>	<b>115</b>
<b>6.3</b>	<b>Tarifs des ventes .....</b>	<b>116</b>
<b>6.4</b>	<b>Calcule prévisionnel du chiffre d'affaires de la 1' ère année .....</b>	<b>116</b>
<b>BMC.....</b>		<b>117</b>
<b>Les références .....</b>		<b>120</b>

# *Introduction*

### *Introduction*

Lorsqu'on évoque le terme "régime alimentaire", on pense souvent à des régimes amaigrissants ou à des choix alimentaires spécifiques comme le véganisme. Toutefois, l'idée de régime alimentaire est considérablement plus large et complexe. Il englobe l'ensemble des habitudes et comportements nutritionnels adoptés par un individu ou une communauté, qu'il s'agisse d'un mode de vie culturel, écologique, thérapeutique ou simplement personnel. Contrairement aux idées reçues, le régime alimentaire ne se limite pas à la perte de poids : ses motivations peuvent être multiples, allant de la prévention des maladies chroniques à la réduction de l'empreinte environnementale [1].

Un régime alimentaire désigne donc l'ensemble des substances consommées régulièrement, y compris l'eau, et constitue un pilier essentiel du mode de vie humain. Néanmoins, une alimentation peu saine demeure l'un des facteurs de risque majeurs pour plusieurs pathologies chroniques, comme les maladies cardiovasculaires, le diabète et l'obésité. Pour prévenir ces pathologies, des recommandations claires ont été établies : privilégier les fruits, légumes, légumineuses, noix et céréales complètes ; limiter la consommation de sel, de sucre et de consommer des graisses saturées ; et de privilégier les acides gras insaturés. Ces principes simples mais fondamentaux sont au cœur d'une alimentation saine.

Dans ce contexte, notre mémoire se concentre sur deux maladies chroniques particulièrement répandues dans notre société : le diabète et l'obésité. Le diabète est une affection caractérisée par une production insuffisante d'insuline ou une résistance à cette hormone, entraînant des complications graves si elle n'est pas correctement gérée. L'obésité, quant à elle, résulte d'un déséquilibre entre les apports caloriques et la dépense énergétique, conduisant à une accumulation excessive de masse grasseuse. Reconnue comme maladie chronique par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) depuis 1997, l'obésité est également un facteur de risque majeur pour de nombreuses autres affections, notamment le diabète de type 2.

La prise en charge de ces deux pathologies nécessite une approche multidisciplinaire, où l'alimentation joue un rôle central. Cependant, malgré l'existence de nombreuses solutions – applications mobiles, programmes de coaching, etc. –, les patients rencontrent souvent des difficultés à suivre un régime alimentaire adapté à leurs besoins spécifiques et à maintenir leur motivation à long terme. Cette problématique soulève des défis importants pour la santé publique et appelle à des innovations qui répondent aux attentes des patients.

C'est dans cet objectif que nous avons conçu « My Healthy Partner », une plateforme numérique innovante dédiée aux patients atteints de diabète et d'obésité. Cette solution propose des régimes alimentaires personnalisés, élaborés sous contrôle médical par des spécialistes de la santé. Notre ambition est double : d'une part, offrir un accompagnement individualisé et des conseils pratiques pour aider les patients à mieux gérer leur condition ; d'autre part, contribuer à leur bien-être global en leur permettant de retrouver une qualité de vie optimale et de s'intégrer pleinement dans la société.

En somme, "**My Healthy Partner**" a pour objectif de révolutionner la prise en charge des maladies chroniques en adoptant une perspective axée sur le patient, alliant compétence médicale, innovation technologique et personnalisation. Ce projet s'inscrit ainsi dans une démarche proactive visant à minimiser les séquelles liées au diabète et à l'obésité, tout en promouvant un mode de vie sain et équilibré.

# *Chapitre 01*

## **1. Chapitre 01: Les différents types de maladies à traiter**

Parmi les maladies chroniques qui connaissent une forte progression à l'échelle mondiale, le diabète et l'obésité figurent parmi les plus préoccupantes. Étroitement liés, ces deux troubles ont des origines multiples et des conséquences graves sur la santé. Comprendre les différents types de diabète ainsi que les mécanismes associés à l'obésité est aujourd'hui indispensable pour mettre en place des stratégies de prévention et de prise en charge efficaces

### **1.1 Le diabète**

Le diabète est en augmentation dans le monde, avec une prévalence plus rapide dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Plus de la moitié des personnes atteintes de diabète n'ont pas accès à un traitement adéquat, ce qui souligne la nécessité d'améliorer l'accès aux soins et aux traitements pour cette maladie chronique.

Le diabète est une maladie qui perturbe l'assimilation, l'utilisation et le stockage des sucres issus de l'alimentation. Il se manifeste par un taux de glucose anormalement élevé dans le sang, appelé hyperglycémie. Chez une personne non diabétique la glycémie est de 0,70 à 1,10 g/L. Lors des repas contenant des glucides, la glycémie augmente, ce qui stimule la production d'insuline, une hormone sécrétée par le pancréas. L'un des rôles de l'insuline consiste à agir tel un moyen permettant au glucose d'entrer dans les cellules et de s'y convertir en source d'énergie. Une partie du glucose peut être également stockée sous forme de glycogène dans le foie et les muscles.

#### **1.1.1 Les principaux types de diabète**

##### **1.1.1.1 Le diabète de type 1**

Le diabète dit de type 1 (DT1) est habituellement diagnostiqué chez l'enfant et le jeune, en règle générale âgé de moins de 20 ans, mais il peut survenir à tout âge. Il résulte de la destruction progressive des îlots de Langerhans, qui renferment la cellule bêta pancréatique responsable de la production d'insuline. Cette destruction, causée par des auto-anticorps, fait du DT1 Une maladie auto-immune.

Avec le temps, l'insuline devient totalement absente, empêchant le glucose de pénétrer dans les cellules. Celui-ci s'accumule alors dans le sang, entraînant une hyperglycémie.

##### **1.1.1.2 Diabète de type 2**

Le diabète de type 2 il est caractérisée par une insuffisance d'insuline. Qui est, une hormone sécrétée par le pancréas, qui joue le rôle de régulateur du taux de sucre dans le sang.

Le risque de développer cette maladie augmente avec l'âge, bien qu'elle touche également les enfants et les adolescents, principalement en raison de la hausse de l'obésité infantile. Généralement le diabète de type 2 est le plus courant des types de diabète.

### 1.1.2 Les causes du diabète de type 1 et type 2

Les causes exactes de l'apparition du **diabète de type 1** demeurent inconnues. Dans la majorité des cas, les cellules qui produisent l'insuline (cellules bêta), situées dans le pancréas, sont détruites par le système immunitaire. Le processus de destruction évolue habituellement sur plusieurs années. Il débute bien avant l'apparition des premiers symptômes de la maladie.

On ne sait pas ce qui déclenche cette attaque ni pourquoi elle débute. Les chercheurs pensent qu'une prédisposition génétique et certains facteurs liés à l'environnement contribuent au développement du diabète de type 1 [2].

Pour Les causes du **diabète de type 2** sont nombreuses et, dans bien des cas, c'est la combinaison de plusieurs facteurs qui entraîne l'apparition de la maladie :

- ❖ Le surplus de poids
- ❖ Les mauvaises habitudes alimentaires;
- ❖ L'hypertension artérielle;
- ❖ L'hérédité;

### 1.1.3 Les diagnostics du diabète de type 1 et type 2

Pour diagnostiquer le diabète de type 1, il est nécessaire de réaliser une analyse sanguine en laboratoire. Cette analyse permet de mesurer le taux de sucre dans le sang, appelé glycémie.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète qui proviennent des **Lignes directrices de pratique clinique 2018 pour la prévention et le traitement du diabète au Canada de Diabète Canada**:

**Tableau 1** : Les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète (type 01)

<b>Glycémie à jeun</b>	<b>7 mol/L et plus</b>
<b>Glycémie a tout moment de la journée</b>	<b>11,1 mmol/L et plus</b> <b>Avec les <u>symptômes</u> du diabète</b>

Le diagnostic du diabète de type 2 ne peut être établi que grâce à une analyse sanguine réalisée en laboratoire [2].

Le tableau ci-dessous indique les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète qui proviennent des **Lignes directrices de pratique clinique 2018 pour la prévention et le traitement du diabète au Canada de Diabète Canada**:

**Tableau 2** : Les valeurs diagnostiques pour le pré diabète et le diabète (type 02)

	pré diabète	diabète de type 2
<b>Glycémie à jeun (glycémie AC</b>	Entre 6,1 et 6,9 mmol/L (anomalie de la glycémie à jeun)	7,0 mmol/L et plus
<b>Hémoglobine glyquée (HbA1c ou A1c)</b>	Entre 6,0 et 6,4 %	6,5 % et plus
<b>Glycémie 2 heures après avoir bu un liquide contenant 75 g de glucose (hyperglycémie provoquée par voie orale ou HGPO)</b>	Entre 7,8 et 11,0 mmol/L (intolérance au glucose)	11,1 mmol/L et plus
<b>Glycémie mesurée à tout moment de la journée</b>	-	11,1 mmol/L et plus, avec les <u>symptômes</u> classiques

### 1.1.4 Symptômes du diabète de type 1 et type 2

Les symptômes suivants sont associés au diabète. Ils sont le reflet d'une hyperglycémie, c'est-à-dire un taux de sucre dans le sang au-dessus des valeurs normales.

**Tableau 3** : Les Symptômes du diabète de type 1 et type 2

les symptômes du diabète de type 1	les symptômes du diabète de type 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une soif intense</li> <li>• De la fatigue</li> <li>• Des urines fréquentes</li> <li>• Une perte de poids</li> <li>• Une vision embrouillée.</li> <li>• Mictions fréquente et abondantes (polyurie), pouvant entraîner une énurésie (pipi au lit)</li> <li>• Déshydratation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soif intense <b>et</b> envie fréquente d'uriner</li> <li>• Faim accrue, <b>même après avoir mangé</b></li> <li>• Fatigue persistante <b>et</b> manque d'énergie</li> <li>• Peau sèche <b>et</b> démangeaisons</li> <li>• Cicatrisation lente <b>des plaies et des coupures</b></li> <li>• Infections fréquentes, <b>notamment des gencives, de la vessie, des organes</b></li> <li>• Picotements <b>ou</b> engourdissements <b>dans les mains et les pieds</b></li> <li>• Troubles de la vision,</li> </ul>

Le traitement médical du diabète à lui seul n'est pas suffisant pour maintenir le corps stable sans un régime alimentaire strict. La nutrition médicale est une composante essentielle de la prise en charge du diabète et de l'éducation à l'autogestion du diabète. Pourtant, de nombreuses idées fausses existent concernant la nutrition et le diabète. De plus, dans la pratique clinique, des recommandations nutritionnelles peu ou pas étayées par des preuves ont été et sont encore données aux personnes atteintes de diabète. En conséquence, cette déclaration de position fournit des principes et des recommandations fondés sur des preuves pour la thérapie nutritionnelle médicale du diabète. La justification de cette déclaration de position est discutée dans la revue technique de l'American Diabetes Association « Evidence-Based Nutrition Principles and Recommendations for the Treatment and Prevention of Diabetes and Related Complications », qui examine en détail les recherches publiées pour chaque principe et recommandation [3].

### 1.1.5 Objectifs de la thérapie nutritionnelle médicale pour le diabète

#### 1.1.5.1 Les objectifs de la thérapie nutritionnelle médicale qui s'appliquent à toutes les personnes diabétiques sont les suivants

- ❖ Atteindre et maintenir des résultats métaboliques optimaux, notamment :

- Des taux de glycémie dans la plage normale ou aussi proches de la normale que possible en toute sécurité pour prévenir ou réduire le risque de complications du diabète.
  - Un profil lipidique et lipoprotéique qui réduit le risque de maladie macro vasculaire.
  - Niveaux de pression artérielle qui réduisent le risque de maladie vasculaire.
- ❖ Prévenir et traiter les complications à long terme du diabète. il est nécessaire d'ajuster l'alimentation et le style de vie appropriés pour prévenir et gérer des affections telles que l'obésité, la dyslipidémie, les maladies cardiaques, l'hypertension et la néphropathie.
- ❖ Améliorez votre santé grâce à des choix alimentaires sains et à l'activité physique.

#### **1.1.5.2 Les objectifs de la thérapie nutritionnelle médicale qui s'appliquent à des situations spécifiques sont les suivants**

- ❖ Pour les jeunes diagnostiqués avec le diabète de type 1, il est essentiel d'incorporer les traitements à l'insuline dans leur routine alimentaire et physique afin de garantir une croissance et un développement normaux, et pour les jeunes qu'atteints de diabète de type 2, pour faciliter les changements dans les habitudes alimentaires et d'activité physique qui réduisent la résistance à l'insuline et améliorent l'état métabolique.
- ❖ Pour les femmes enceintes et allaitantes, pour fournir l'énergie et les nutriments adéquats nécessaires à des résultats optimaux.
- ❖ Pour les personnes âgées, pour répondre aux besoins nutritionnels et psychosociaux d'une personne vieillissante.
- ❖ Pour les individus sous insulinothérapie ou utilisant des sécrétagogues d'insuline, une formation en autogestion est dispensée pour le traitement de l'hypoglycémie, des maladies aiguës et des problèmes glycémiques associés à l'activité physique.

#### **1.1.6 Thérapie nutritionnelle médicale pour le diabète de type 1 et de type 2:**

##### **1.1.6.1 Glucides et diabète**

Lorsqu'on parle de glucides alimentaires courants, on préfère les termes suivants : sucres, amidon et fibres. Les termes tels que sucres simples, glucides complexes et glucides à action rapide ne sont pas bien définis et doivent être évités.

Des études menées sur des sujets sains et sur des personnes à risque de diabète de type 2 confirment l'importance d'inclure des aliments contenant des glucides, notamment des céréales complètes, des fruits, des légumes et du lait écrémé dans l'alimentation des personnes diabétiques.

Plusieurs facteurs influencent la réponse glycémique aux aliments, notamment la quantité de glucides, le type de sucre (glucose, fructose, saccharose, lactose), la nature de l'amidon (amylose, amylopectine, amidon résistant), la cuisson et la transformation des aliments (degré de gélatinisation de l'amidon, taille des particules, forme cellulaire), la forme des aliments, ainsi que d'autres composants alimentaires (matières grasses et substances naturelles qui ralentissent la digestion, comme les lectines, les phytates, les tannins et les combinaisons amidon-protéine et amidon-lipide). Les concentrations de glucose à jeun et préprandiales, la gravité de l'intolérance au glucose et l'effet du deuxième repas ou de la lenteur des glucides sont d'autres facteurs qui affectent la réponse glycémique aux aliments. Cependant, chez les personnes atteintes de diabète de type 1 ou de type 2, l'ingestion de divers amidons ou de saccharose, à la fois de manière aiguë et pendant une période allant jusqu'à 6 semaines, n'a produit aucune différence significative dans la réponse glycémique si la quantité de glucides était similaire. Les études en milieu contrôlé et les études sur des sujets libres ont produit des résultats similaires. Par conséquent, la quantité totale de glucides dans les repas et les collations sera plus importante que la source ou le type. Des études menées sur des sujets atteints de diabète de type 1 montrent une forte corrélation entre la dose d'insuline préprandiale et la réponse postprandiale à la teneur totale en glucides du repas. Par conséquent, les doses d'insuline préprandiales doivent être ajustées en fonction de la teneur en glucides du repas. Pour les personnes recevant des doses fixes d'insuline, il est important de maintenir la quantité de glucides au quotidien.

Chez les personnes atteintes de diabète de type 2 qui suivent un régime amaigrissant, le remplacement des glucides par des graisses monoinsaturées réduit la glycémie et la triglycéridémie postprandiales. Cependant, on craint qu'une consommation accrue de graisses dans le cadre de régimes ad libitum puisse favoriser la prise de poids. Par conséquent, les contributions des glucides et des graisses monoinsaturées à l'apport énergétique doivent être individualisées en fonction de l'évaluation nutritionnelle, des profils métaboliques et des objectifs thérapeutiques.

### 1.1.6.2 Index glycémique

Les régimes à faible indice glycémique peuvent faire diminuer le taux de sucre dans le sang après les repas, il n'a pas été prouvé que les personnes parviennent à suivre ces régimes sur une longue période (et donc à bénéficier d'un effet sur la glycémie). Les recherches menées sur des individus atteints de diabète de type 1, où les régimes à faible indice glycémique ont été mis en comparaison avec ceux à indice glycémique élevé (étude d'une durée allant de 12 jours à 6 semaines), ne montrent pas de preuve probante d'avantage.

Des recherches de 2 à 12 semaines, menées chez des personnes atteintes de diabète de type 2, n'ont pas démontré d'amélioration stable des niveaux d'HbA1c, de fructosamine ou d'insuline en comparant les régimes alimentaires à faible et à haut indice glycémique. L'impact des régimes à faible indice glycémique sur les lipides, comparé aux régimes à indice glycémique élevé, est mitigé.

Bien qu'il soit clair que les glucides ont des réponses glycémiques différentes, les données ne révèlent aucune tendance claire en termes de bénéfices. S'il existe des effets à long terme sur la glycémie et les lipides, ces effets semblent modestes. De plus, le nombre d'études est limité et la conception et la mise en œuvre de plusieurs de ces études sont sujettes à critique.

### 1.1.6.3 Les fibres alimentaires

Pour la population générale, il est recommandé aux personnes atteintes de diabète de privilégier une alimentation riche en fibres, comprenant des produits à base de céréales complètes, des fruits et des légumes. Ces aliments sont essentiels pour leur apport en vitamines, minéraux, fibres et autres éléments indispensables à une bonne santé. Les premières recherches à court terme, qui ont impliqué une grande quantité de fibres chez un échantillon restreint de patients atteints de diabète de type 1, ont laissé entrevoir un impact bénéfique sur la glycémie. Les recherches récentes ont signalé des effets contradictoires sur la glycémie et les lipides.

Il paraît que chez les patients atteints de diabète de type 2, la consommation de quantités importantes de fibres est indispensable pour apporter des bénéfices métaboliques en ce qui concerne la régulation du glucose, l'excès d'insuline et les lipides dans le plasma. On ignore si la quantité de fibres, malgré ses avantages, ne provoquerait pas des effets secondaires gastro-intestinaux insupportables pour la majorité des personnes.

#### 1.1.6.4 Édulcorants

Des données tirées de recherches cliniques montrent que le saccharose alimentaire ne provoque pas une augmentation plus importante de la glycémie par rapport aux quantités d'amidon isocaloriques. Par conséquent, les personnes atteintes de diabète n'ont pas à limiter leur consommation de saccharose ou d'aliments riches en saccharose par peur d'accentuer l'hyperglycémie. Le saccharose devrait substituer d'autres types de glucides dans le régime alimentaire ou, s'il est intégré à l'alimentation, être adéquatement compensé par de l'insuline ou un autre médicament hypoglycémiant. En outre, il faut considérer l'apport d'autres nutriments consommés avec le saccharose, tels que les lipides.

Dans le cas des personnes diabétiques, l'utilisation du fructose à la place du saccharose ou de l'amidon dans leur régime alimentaire entraîne une réaction postprandiale moins forte. Toutefois, cet avantage est nuancé par la peur que le fructose puisse influencer défavorablement les lipides dans le plasma. Ainsi, il n'est pas conseillé d'utiliser le fructose ajouté comme édulcorant. Toutefois, il n'y a pas de justification pour conseiller aux personnes atteintes de diabète d'éviter le fructose qui se trouve naturellement dans les fruits, les légumes et divers autres aliments.

Les alcools de sucre entraînent une réaction glycémique post-repas moins intense que le fructose, le saccharose ou le glucose et possèdent des valeurs énergétiques accessibles plus faibles. Toutefois, il n'existe aucune preuve que les volumes potentiellement ingérés durant un repas ou une journée provoquent une diminution substantielle de l'apport énergétique global quotidien ou une amélioration de la glycémie sur le long terme. Le recours aux alcools de sucre paraît sûr ; néanmoins, ils peuvent entraîner des diarrhées, surtout chez les enfants.

Aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) a donné son approbation pour l'emploi de quatre édulcorants sans calories : la saccharine, l'aspartame, l'acésulfame potassium et le sucralose. Avant d'être mis sur le marché, chacun de ces édulcorants a subi une évaluation minutieuse et s'est avéré sûr pour le public en général, y compris pour les diabétiques et les femmes enceintes.

#### 1.1.6.5 Amidon résistant

On a proposé que les aliments riches en amidon résistant d'origine naturelle (comme l'amidon de maïs) ou les aliments transformés pour avoir une plus grande quantité d'amidon résistant (comme l'amidon de maïs à haute teneur en amylose) pourraient influencer la réponse glycémique après le repas, empêcher l'hypoglycémie, atténuer l'hyperglycémie et clarifier les

variations d'indice glycémique de certains aliments. Toutefois, aucune recherche à long terme publiée sur des patients diabétiques ne démontre les avantages de l'emploi d'amidon résistant.

#### **1.1.6.6 Les protéines**

Dans le contexte américain, la contribution des protéines à l'apport énergétique moyen oscille entre 15 et 20%, demeurant relativement stable à travers les différentes tranches d'âge, de l'enfance à la vieillesse, et paraît comparable chez les individus atteints de diabète. On a présumé que chez les individus diabétiques, les dysfonctionnements du métabolisme des protéines étaient moins influencés par le déficit en insuline et la résistance à l'insuline que ceux du métabolisme glucidique. Toutefois, chez les individus atteints de diabète de type 2, une hyperglycémie modérée a été prouvée comme favorisant un renouvellement accru des protéines, ce qui indique un besoin renforcé en protéines. Des recherches à court terme menées sur des patients diabétiques de type 1 sous insulinothérapie conventionnelle ont révélé une hausse du catabolisme protéique, indiquant qu'un taux de glucose proche de la normale et un apport suffisant en protéines sont indispensables. Comme la majorité des adultes consomment au moins 50 % de protéines supplémentaires par rapport à leurs besoins, il semble que les individus souffrant de diabète soient préservés de la malnutrition protéique lorsqu'ils respectent une alimentation classique.

De nombreuses recherches effectuées sur des individus en bonne santé et sur des personnes diabétiques de type 2 maîtrisé ont prouvé que le glucose issu des protéines consommées ne se manifeste pas dans la circulation générale. Il en découle que les protéines ne provoquent pas une élévation du taux de glucose plasmatique. De surcroît, le pic glycémique maximal provoqué uniquement par les glucides est comparable à celui des glucides et des protéines, ce qui indique que les protéines ne freinent pas l'assimilation des glucides. Pour les patients atteints de diabète de type 1, la vitesse de retour à l'eu glycémie suite à une hypoglycémie, le temps requis pour atteindre le taux maximal de sucre dans le sang et la vitesse à laquelle le niveau de sucre dans le sang diminue étaient comparables après un traitement basé uniquement sur les glucides ou sur les glucides combinés avec des protéines.

La recherche sur l'impact des protéines en matière de régulation de l'apport calorique, de la sensation de satiété et du maintien d'un poids stable sur le long terme reste encore insuffisante. On ne connaît pas encore l'efficacité et la sécurité à long terme des régimes qui sont riches en protéines et faibles en glucides.

### 1.1.6.7 Les graisses alimentaires

#### 1.1.6.7.1 Acides gras et cholestérol alimentaire

La préoccupation majeure des individus atteints de diabète en ce qui concerne les lipides alimentaires est de réduire leur apport en graisses saturées et en cholestérol alimentaire. Les acides gras saturés sont le facteur alimentaire prépondérant influençant le taux de cholestérol LDL dans le plasma. En outre, les individus atteints de diabète semblent être plus réceptifs au cholestérol alimentaire que la population générale.

Pour les individus non atteints de diabète, une alimentation faible en graisses saturées et en cholestérol réduit le taux global de cholestérol plasma, ainsi que le cholestérol LDL et les triglycérides, tout en ayant des impacts variés sur le taux de HDL. Des corrélations positives ont été notées entre les graisses totales et saturées dans l'alimentation et les fluctuations du taux de cholestérol total dans le plasma ainsi que celui du cholestérol LDL et HDL. L'incorporation de l'exercice physique provoque une réduction plus marquée du taux de cholestérol total dans le plasma, du cholestérol LDL et des triglycérides tout en empêchant la baisse du cholestérol HDL liée aux régimes à faible teneur en graisses. Toutefois, il n'y a pas de recherches sur les individus diabétiques qui attestent les effets de taux précis d'acides gras saturés alimentaires et de quantités déterminées de cholestérol alimentaire. Ainsi, l'objectif pour les individus atteints de diabète est identique à celui de la population en général.

Dans les régimes alimentaires étudiés sur le plan métabolique, où l'apport calorique et le poids corporel sont préservés, les diètes pauvres en graisses saturées et riches en glucides ou enrichies en acides gras cis-monoinsaturées (graisses monoinsaturées) diminuent de façon similaire le taux de LDL cholestérol dans le plasma. Les régimes alimentaires faibles en graisses saturées (soit 10% de l'énergie) et riches en glucides favorisent une élévation des niveaux postprandiaux de glucose dans le plasma, d'insuline, de triglycérides et, selon certaines recherches, réduisent le taux du HDL cholestérol plasmatique comparativement aux diètes isocaloriques à forte teneur en graisses monoinsaturées. Toutefois, il n'a pas été prouvé que les régimes riches en graisses monoinsaturées améliorent les niveaux de glycémie à jeun ou l'HbA1c. On redoute que la consommation de ces régimes à forte teneur en graisses monoinsaturées, sans contrôle, puisse conduire à un surplus calorique et une prise de poids. Ainsi, le profil métabolique et le besoin de maigrir orienteront les suggestions de traitement nutritionnel. Par ailleurs, les inclinations ethniques ou culturelles peuvent influencer le choix de substituer les graisses saturées par des glucides ou des graisses monoinsaturées.

On n'a pas beaucoup étudié les acides gras polyinsaturés chez les individus atteints de diabète. En comparaison avec les graisses saturées, il semble que les graisses polyinsaturées contribuent à diminuer le cholestérol total dans le plasma et le cholestérol LDL, mais leur efficacité est moindre par rapport aux graisses monoinsaturées.

Des études ont prouvé que les compléments d'acides gras polyinsaturés N-3 diminuent les niveaux de triglycérides dans le plasma chez les individus souffrant de diabète de type 2. Même si l'élévation simultanée du cholestérol LDL dans le plasma est inquiétante, il semble peu plausible que leur consommation ait des conséquences néfastes sur le métabolisme du glucose. Il se peut que les compléments d'acides gras N-3 soient spécialement utiles pour traiter l'hypertriglycéridémie grave. Même si la recherche sur les acides gras N-3 chez les diabétiques s'est majoritairement appuyée sur des compléments, des données provenant de la population générale indiquent que les aliments riches en acides gras N-3 possèdent des propriétés cardioprotectrices. Il est conseillé de consommer deux à trois portions de poisson par semaine, car cela fournit des acides gras polyinsaturés N-3 nutritifs.

Dans l'alimentation, les produits à base d'huiles partiellement hydrogénées sont la source principale d'acides gras trans. Cela inclut des aliments tels que les produits de boulangerie (y compris craquelins et autres en-cas), les biscuits, les beignets, le pain ainsi que des aliments comme les frites ou le poulet frit cuit dans de l'huile végétale hydrogénée. Les produits d'origine animale, notamment les produits laitiers, contiennent de moindres quantités d'acides gras trans. L'impact des acides gras trans est comparable à celui des graisses saturées sur l'augmentation du taux de cholestérol LDL dans le plasma. En outre, les acides gras trans diminuent le taux de cholestérol HDL dans le plasma. Ainsi, il est essentiel de restreindre l'apport en acides gras trans.

Les esters de stanols et de stérols d'origine végétale inhibent l'absorption intestinale du cholestérol issu de l'alimentation et de la bile. Il a été prouvé que les stérols/stanols d'origine végétale, lorsqu'ils sont consommés en doses approximatives de 2 g par jour, diminuent le taux de cholestérol total et celui du LDL.

#### **1.1.6.7.2 Régimes à faible teneur en matières grasses**

Les recherches qui examinent l'impact de la consommation énergétique à volonté selon le contenu en graisses alimentaires, indiquent que les régimes faibles en graisses et élevés en glucides sont liés à une réduction provisoire de l'apport énergétique et à une légère perte de poids jusqu'à atteindre un nouveau poids stable. Cette légère réduction de poids est associée à

une baisse du cholestérol total et des triglycérides dans le plasma, ainsi qu'à une élévation du cholestérol HDL. Dans ce contexte, les régimes faibles en graisses et élevés en glucides sur une durée prolongée n'ont pas démontré d'augmentation des triglycérides plasmatiques. De plus, lorsqu'une telle hausse a été observée, elle était accompagnée d'une perte de poids modeste.

### **1.1.6.7.3 Substituts de graisse**

On peut diminuer la consommation de graisses alimentaires en réduisant la portion d'aliments gras dans le régime, en suggérant des alternatives alimentaires et boissons à faible teneur en graisses ou sans graisses, ou en employant des substituts de graisses (des ingrédients qui imitent les caractéristiques des graisses tout en étant beaucoup moins caloriques) dans les composés alimentaires. La Food and Drug Administration (FDA) assure que l'utilisation des substituts de graisses actuels dans les produits alimentaires est sans danger. L'ingestion fréquente de nourritures contenant des alternatives aux graisses peut aider à diminuer la consommation de graisses alimentaires (saturées et cholestérol inclus), sans pour autant diminuer l'apport total en énergie ou le poids corporel. Il est nécessaire de réaliser des recherches sur le long terme pour déterminer l'impact des aliments qui contiennent des substituts de graisses sur la consommation d'énergie et la composition en macronutriments des régimes alimentaires destinés aux individus atteints de diabète.

### **1.1.7 Micronutriments et diabète**

Chez les personnes atteintes de diabète, il est essentiel d'avoir une alimentation équilibrée, riche en vitamines et minéraux d'origine naturelle. La supplémentation peut être bénéfique en cas de carences, notamment pour les personnes âgées, les femmes enceintes, les végétariens stricts ou ceux suivant un régime très pauvre en calories.

Les antioxydants (comme les vitamines C et E, le sélénium ou le bêta-carotène) suscitent un intérêt en raison du stress oxydatif lié au diabète, mais les études cliniques n'ont pas démontré de bénéfices clairs. Dans certains cas, des effets secondaires ont même été observés.

Des carences en minéraux tels que le potassium, le magnésium, le zinc ou le chrome peuvent aggraver l'intolérance aux glucides. Toutefois, les preuves scientifiques sur l'efficacité de la supplémentation en chrome dans le contrôle de la glycémie restent limitées et contradictoires.

Un apport en calcium de 1000 à 1500 mg par jour est recommandé chez les sujets âgés diabétiques pour prévenir l'ostéoporose. L'intérêt d'une telle supplémentation chez les plus

jeunes est encore incertain. Quant aux sels de vanadium et aux produits phytothérapeutiques, leur efficacité n'est pas prouvée et ils peuvent présenter des risques ou interagir avec les traitements.

La supplémentation en vitamines ou minéraux n'est donc généralement pas nécessaire chez les personnes diabétiques sans carences identifiées, à l'exception de cas spécifiques comme l'acide folique pour prévenir les malformations congénitales et le calcium pour protéger la santé osseuse.

### **1.1.8 Considérations spéciales pour le diabète de type 1**

Les conseils diététiques pour une vie saine destinés au public général conviennent aussi aux individus diagnostiqués avec le diabète de type 1. Pour les individus qui nécessitent de l'insuline, ce qui varie, c'est l'incorporation d'un régime à base d'insuline dans leur quotidien. Avec l'éventail croissant d'insulines actuellement accessible, il est généralement possible de concevoir un programme d'insuline adapté tout en respectant les routines alimentaires et les sélections de repas préférées d'un individu. Pour ceux qui suivent une insulinothérapie intensive, le contenu global en glucides des repas (et des en-cas) est le facteur clé qui influence la quantité d'insuline à administrer avant les repas et la réaction glycémique après les repas. Pour celles qui suivent des traitements d'insuline à dose fixe et ne modifient pas les quantités d'insuline avant les repas, il est conseillé d'assurer une régularité dans la consommation de glucides.

Il est courant d'observer une prise de poids associée à l'amélioration du contrôle de la glycémie par le biais de la thérapie insulinaire. Il est recommandé d'éviter la prise de poids en raison du risque qu'elle pose pour la glycémie, les lipides, la pression artérielle et le bien-être général. Même si la quantité de glucides dans le repas influe sur la quantité d'insuline à administrer avant le repas, il est tout aussi important de considérer l'apport calorique global issu des protéines et des graisses.

En cas d'exercice planifié, la réduction de la dose d'insuline peut être le choix privilégié pour prévenir l'hypoglycémie. Un apport supplémentaire en glucides peut être nécessaire en cas d'exercice non planifié. L'exercice d'intensité modérée augmente l'absorption du glucose de 2 à 3 mg · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> au-dessus des besoins habituels. Ainsi, une personne de 70 kg aurait besoin de 8,4 à 12,6 g (10 à 15) de glucides par heure d'activité physique modérée. Une plus grande quantité de glucides serait nécessaire pour une activité intense [4].

### **1.1.9 Considérations spéciales pour le diabète de type 2**

Les recommandations nutritionnelles destinées au grand public conviennent aussi aux personnes atteintes de diabète de type 2. La prise en charge nutritionnelle doit se concentrer sur des changements de mode de vie, visant à réduire l'apport énergétique et à augmenter l'activité physique, en particulier chez les personnes en surpoids ou résistantes à l'insuline. Il est également important de limiter les graisses saturées, le cholestérol et le sodium, en raison de la fréquence élevée de dyslipidémie et d'hypertension. Ces mesures doivent être mises en place dès le diagnostic, afin de contrôler la glycémie, les lipides sanguins et la tension artérielle.

L'augmentation de l'activité physique améliore la glycémie, réduit la résistance à l'insuline et diminue les risques cardiovasculaires. La répartition des repas doit s'adapter aux préférences de chacun, mais un traitement par insuline ou sécrétagogues nécessite une régularité dans les horaires et la quantité de glucides consommés. Les schémas d'insulinothérapie intensifs offrent plus de flexibilité alimentaire et de mode de vie aux personnes atteintes de diabète de type 2.

### **1.1.10 Thérapie nutritionnelle médicale pour populations spéciales**

#### **1.1.10.1 Enfants et adolescents diabétiques**

Chez les enfants et adolescents atteints de diabète de type 1, l'alimentation doit viser un bon contrôle glycémique tout en assurant une croissance normale et en évitant les hypoglycémies. Cela passe par une planification personnalisée des repas, un ajustement des doses d'insuline, une surveillance de la glycémie et des décisions adaptées. Leurs besoins nutritionnels sont comparables à ceux des autres jeunes du même âge. L'estimation des besoins énergétiques doit se baser sur l'appétit, les apports alimentaires habituels et l'évolution de la croissance, évaluée à l'aide de courbes de croissance pédiatriques.

Il ne faut pas forcer un enfant sans appétit à manger dans le but de contrôler sa glycémie. L'alimentation doit être adaptée de manière individuelle, en tenant compte des objectifs glycémiques, des lipides sanguins, de la croissance et du développement. Chez les jeunes atteints de diabète de type 2, les recommandations visent principalement à normaliser la glycémie et à encourager un mode de vie sain.[5]. Un traitement efficace par la nutrition et l'activité physique se traduit par une croissance normale sans prise de poids excessive et un bon contrôle glycémique. Les recommandations doivent aussi cibler les risques cardiovasculaires

comme l'hypertension et la dyslipidémie. Il est essentiel d'adopter des stratégies comportementales pour limiter les aliments riches en énergie et en graisses, tout en favorisant de saines habitudes alimentaires et l'activité physique au sein de toute la famille.

Des plans alimentaires/repas individualisés et des régimes intensifs d'insuline peuvent offrir aux enfants et aux adolescents diabétiques une certaine flexibilité pour s'adapter à des horaires et des heures de repas irréguliers, à un appétit variable et à des niveaux d'activité variés.

### **1.1.10.2 Grossesse et allaitement avec diabète**

La thérapie nutritionnelle pendant la grossesse vise à garantir une alimentation adéquate pour la mère et le fœtus, une prise de poids appropriée, ainsi qu'un apport suffisant en vitamines et minéraux. En cas de diabète, elle est essentielle pour maintenir un bon contrôle glycémique. Les besoins énergétiques restent stables au premier trimestre, puis augmentent d'environ 300 kcal/jour au deuxième et troisième trimestre pour soutenir les changements physiologiques et le développement du fœtus, bien que des apports moindres puissent parfois suffire.

Les femmes enceintes ont besoin d'une alimentation équilibrée, suffisamment énergétique et riche en protéines, avec un apport supplémentaire de 10 g par jour. Les besoins nutritionnels sont similaires pour les femmes diabétiques et non diabétiques. Un apport quotidien de 400 µg d'acide folique est recommandé pour prévenir les malformations congénitales. En général, une alimentation adaptée suffit à couvrir les besoins en vitamines et minéraux, mais des suppléments sont souvent prescrits par précaution. Une évaluation des habitudes alimentaires permet d'identifier les besoins spécifiques de chaque femme.

#### **1.1.10.2.1 Grossesse avec diabète de type 1 ou de type 2 d'apparition antérieure**

Le programme de thérapie nutritionnelle avant la grossesse inclut un régime alimentaire personnalisé pour la grossesse afin d'optimiser le contrôle du taux de sucre dans le sang. Durant la grossesse, l'organisation de l'apport calorique et des glucides dans le régime alimentaire doit se faire en fonction des pratiques alimentaires de la femme, des mesures de glycémie et des réponses physiologiques anticipées de son corps pendant cette période. Il est essentiel de prendre des repas et des encas régulièrement afin d'éviter une hypoglycémie causée par le tirage constant de glucose du fœtus à la mère. Il est généralement indispensable de prendre une collation le soir pour minimiser le risque d'hypoglycémie durant la nuit et de cétose à jeun. Le

contrôle du taux de sucre dans le sang et les bilans alimentaires journaliers apportent des renseignements essentiels pour la modulation de l'insuline et du régime alimentaire.

### **1.1.10.2.2 Diabète sucré gestationnel**

La thérapie nutritionnelle du diabète gestationnel vise à assurer une alimentation équilibrée, un gain de poids adéquat, un bon contrôle glycémique et l'absence de cétones. Les glucides sont répartis sur trois repas et plusieurs collations, dont une le soir pour éviter la cétose nocturne. Une restriction calorique modérée peut améliorer la glycémie sans effets indésirables, contrairement aux régimes trop faibles en calories. Le suivi du poids, des apports alimentaires et des cétones permet d'adapter les recommandations et d'éviter un traitement par insuline.

L'exercice physique, notamment l'aérobie, aide à réduire la glycémie, bien qu'aucune forme spécifique ne soit recommandée. Le suivi glycémique est essentiel pour évaluer l'efficacité du régime, de l'activité physique et la nécessité d'un traitement médicamenteux. Si une insulinothérapie est mise en place, une régularité dans la consommation de glucides est cruciale.

Bien que la tolérance au glucose revienne souvent à la normale après l'accouchement, les femmes ayant eu un diabète gestationnel restent à risque de rechute lors de grossesses futures ou de développer un diabète de type 2. Adopter un mode de vie sain après l'accouchement peut réduire ce risque.

### **1.1.10.3 Personnes âgées atteintes de diabète**

Les besoins nutritionnels des personnes âgées diabétiques sont encore mal documentés, donc les recommandations s'appuient sur celles de la population générale. Une variation de poids importante signale un risque nutritionnel nécessitant une évaluation. La perte de poids chez les personnes âgées doit être envisagée avec prudence, car le sous-poids est associé à une mortalité plus élevée.

L'activité physique est essentielle : elle améliore la condition cardiovasculaire, préserve la masse musculaire et augmente la sensibilité à l'insuline. Un apport quotidien de 1 200 mg de calcium et, dans certains cas, un multivitaminé peuvent être bénéfiques.

En soins de longue durée, des régimes trop restrictifs peuvent nuire à l'état nutritionnel. Les régimes standards avec une répartition régulière des glucides sont souvent suffisants. Il est

préférable d'adapter les traitements médicamenteux plutôt que d'imposer des restrictions alimentaires strictes. Une approche souple et individualisée est donc recommandée.

### **1.1.11 Thérapie nutritionnelle médicale pour le traitement /prévention des complications aiguë du diabète**

#### **1.1.11.1 Hypoglycémie**

Les modifications alimentaires, l'activité physique et la prise de médicaments peuvent contribuer à l'apparition de l'hypoglycémie, qui nécessite une intervention rapide par l'ingestion de glucose ou d'aliments riches en glucides. Contrairement aux idées reçues, la réaction glycémique immédiate dépend davantage du niveau de glucose que de la quantité de glucides ingérés. Par exemple, 10 g de glucose peuvent augmenter la glycémie d'environ 40 mg/dl (2,2 mmol/l) en 30 minutes, tandis que 20 g de glucose provoquent une augmentation d'environ 60 mg/dl (3,3 mmol/l) en 45 minutes, avant qu'une baisse ne se produise environ une heure après ingestion [6]. Bien que le glucose pur soit préféré pour traiter l'hypoglycémie, tout type de glucide contenant du glucose est efficace. L'ajout de protéines n'a aucun impact sur la réaction glycémique ni sur la prévention d'une hypoglycémie ultérieure, mais les graisses peuvent ralentir l'effet immédiat. De plus, lors d'une hypoglycémie, les taux de vidange gastrique sont accélérés, quel que soit le type d'aliment consommé (liquide ou solide).

#### **1.1.11.2 Hypertension**

La gestion nutritionnelle de l'hypertension repose sur la perte de poids, la réduction du sodium et l'amélioration globale de l'alimentation. Un régime pauvre en graisses, riche en fruits, légumes et produits laitiers allégés, fournit des minéraux essentiels (potassium, calcium, magnésium) favorisant une baisse modeste de la tension artérielle. Les personnes diabétiques peuvent être plus sensibles au sel, bien qu'aucun test ne permette de l'identifier avec certitude. Une réduction modérée du sodium peut faire baisser la pression systolique de 5 mmHg chez les hypertendus. [7]. Une réduction stricte du sodium, combinée à un régime équilibré riche en fruits, légumes et produits laitiers faibles en gras, permet une baisse encore plus significative de la tension artérielle.

Chez les personnes diabétiques, même une perte de poids modeste peut faire baisser la tension artérielle, bien que l'effet varie selon les individus. Une consommation excessive d'alcool augmente la pression artérielle, tandis que le potassium semble avoir un effet

bénéfique, contrairement au calcium et au magnésium, dont les effets sont moins établis. Cela souligne l'importance d'une approche nutritionnelle individualisée et équilibrée pour gérer l'hypertension.

### **1.1.11.3 Dyslipidémie**

La dyslipidémie est fréquente chez les personnes atteintes de diabète de type 1 et 2. Chez les femmes diabétiques de type 1, un bon traitement à l'insuline aide à normaliser les lipides. Cependant, chez les personnes obèses ou atteintes de diabète de type 2, une dyslipidémie peut persister malgré un bon contrôle glycémique, souvent liée à l'obésité abdominale.

Les recommandations incluent : réduire les graisses saturées (<7 % de l'apport énergétique), limiter le cholestérol (<200 mg/jour), augmenter les fibres solubles et les stérols végétaux, pratiquer une activité physique régulière et viser une perte de poids modérée. Remplacer les graisses saturées par des glucides ou des graisses monoinsaturées peut améliorer le profil lipidique, mais un excès de graisses peut entraîner une prise de poids.

Chez les patients ayant des triglycérides élevés malgré un traitement, l'huile de poisson (acides gras n-3) peut être utile, bien qu'elle puisse augmenter le cholestérol LDL. Si les triglycérides dépassent 1 000 mg/dl, un risque de pancréatite apparaît, nécessitant une restriction sévère des graisses et un traitement adapté.

### **1.1.12 Obésité et résistance à l'insuline dans le développement du dysfonctionnement des cellules bêta**

L'augmentation spectaculaire de l'incidence du diabète sucré de type 2 (DM2) au cours des dernières décennies est principalement attribuée à la hausse alarmante des taux d'obésité. Les complications à long terme du diabète constituent les causes majeures de morbidité et de mortalité à l'échelle mondiale. La résistance à l'insuline et le dysfonctionnement des cellules  $\beta$ , qui sont à la fois le résultat d'une altération fonctionnelle des cellules  $\beta$  et d'une diminution de leur quantité, constituent les principaux éléments en jeu dans la physiopathologie du DM2. Les processus en jeu sont pluridimensionnels et englobent des éléments génétiques et environnementaux associés à l'obésité. L'homéostasie du glucose repose de façon essentielle sur un équilibre soigneusement contrôlé entre la sensibilité à l'insuline et la sécrétion d'insuline par le pancréas. En effet, si une résistance à l'insuline se manifeste, il est nécessaire d'augmenter la production d'insuline pour assurer une glycémie stable. Toutefois, cette compensation est

absente chez les personnes prédisposées au DM2, ce qui conduit à une hyperglycémie manifeste. Par ailleurs, la résistance à l'insuline associée à un excès de tissu adipeux est liée à diverses anomalies affectant la fonctionnalité et la pérennité des cellules  $\beta$ . Cela inclut la glucotoxicité, la lipotoxicité, l'intensification du stress oxydatif ainsi que l'inflammation. Par ailleurs, la signalisation de l'insuline au sein de la cellule  $\beta$  est cruciale pour son bon fonctionnement et sa survie. On sait que les dérèglements de cette signalisation liés à l'obésité peuvent provoquer une défaillance dans la sécrétion d'insuline et une hyperglycémie. Le dysfonctionnement de la résistance à l'insuline dans la cellule  $\beta$  découle des anomalies de phosphorylation/activation des protéines substrats du récepteur de l'insuline (IRS), conduisant à une perturbation de la détection du glucose, une sécrétion d'insuline stimulée par le glucose et aussi une diminution amplifiée des cellules  $\beta$ . Cette revue a pour objectif de présenter une actualisation des principales caractéristiques et processus qui unissent l'obésité et la résistance à l'insuline au dysfonctionnement des cellules  $\beta$  dans le contexte pathologique du DM2 [8].

## **1.2 Obésité**

L'obésité est reconnue comme une maladie chronique depuis 1997 par l'Organisation mondiale de la Santé. L'obésité est un problème de santé publique important dans de nombreux pays. Elle a des conséquences très lourdes pour la santé, puisqu'elle est à l'origine de diabète, de maladies cardiovasculaires, de la réduction de l'espérance de vie, etc. D'ici à 2025, les estimations prédisent que l'obésité affectera la moitié des hommes et un tiers des femmes.

### **1.2.1 La définition de l'obésité**

L'obésité se définit comme une accumulation de masse graisseuse anormale et excessive dans l'organisme. C'est une maladie causée par un déséquilibre alimentaire associé à un manque d'activité. Ces deux facteurs associés détériorent l'état de santé des personnes atteintes.

Lorsque le nombre de calories consommées dans une journée est nettement plus élevé que le nombre de calories dépensées, le corps humain emmagasine un surplus de masse grasse. C'est ce déséquilibre qui définit en partie l'obésité. Cette définition est ensuite complétée par les nombreux facteurs de risque qui accentuent la prise de poids, tels que la malbouffe, la sédentarité, l'hérédité, le déséquilibre hormonal, l'arrêt du tabac ; elle dépend aussi de l'IMC (Indice de Masse Corporelle) d'un individu. Il existe en outre différents types (généralisée, androïde, gynoïde) et différents stades d'obésité telle que : le surpoids c'est un cas ayant un IMC compris entre 25 et 29,5 ; obésité est un cas avec un indice de masse corporelle compris

entre 30 et 39,5 ET aussi l'obésité morbide appelée aussi sévère ou externe c'est le cas quand l'IMC de 40 ou plus.

Pour La définition de l'obésité infantile est la même que chez l'adulte : elle consiste en un déséquilibre entre le nombre de calories consommées et dépensées en une journée. Avant son premier anniversaire et ses premiers pas, l'enfant est majoritairement inactif et prend beaucoup de poids. Entre 1 et 6 ans, il se dépense énormément et s'affine. À partir de 7 ans, il recommence à prendre du poids : cette phase est appelée « rebond d'adiposité ». Si le rebond d'adiposité est constaté chez l'enfant de moins de 6 ans, il peut s'agir d'une prédisposition à l'obésité. Par prévention, un dépistage peut être effectué chez les enfants à partir de 2 ans [9].

### **1.2.2 Surpoids et obésité**

Selon l'OMS, « le surpoids et l'obésité se définissent comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé. L'indice de masse corporelle (IMC) est une mesure simple du poids par rapport à la taille couramment utilisée pour estimer le surpoids et l'obésité chez l'adulte. Il correspond au poids divisé par le carré de la taille, exprimé en  $\text{kg/m}^2$  ». Une personne est ainsi considérée en surpoids lorsque son IMC est égal ou supérieur à 25, et on parle d'obésité lorsque son IMC est égal ou supérieur à 30. Pour combattre l'obésité, il faut comprendre l'origine de sa prise de poids. Pour cela, consulter un médecin est essentiel pour mettre en place un régime personnalisé et bénéficier de conseils adaptés. Cependant, d'une manière générale, un régime pour lutter ou diminuer l'obésité repose sur des principes alimentaires de base : une alimentation équilibrée (poissons, viandes, laitages, légumes, fruits, etc.) et une hygiène de vie saine (activité sportive régulière, pas de grignotage) [10].

### **1.2.3 Les symptômes de l'obésité**

Les symptômes les plus visibles de l'obésité sont une augmentation du poids corporel ainsi qu'une accumulation de graisse localisé dans diverses zones de corps, telle que L'abdomen, les hanches, les cuisses. Parmi les symptômes associés figurent également :

- ✧ Trouble du sommeil : l'obésité est associée à l'apnée du sommeil, qui provoque de la somnolence pendant la journée et un sommeil insuffisant la nuit.
- ✧ Douleurs dorsales et articulaire,
- ✧ Transpiration excessive,
- ✧ Intolérance de chaleur,

- ✧ Infection des plis de la peau,
- ✧ Dépression et la fatigue.

## **1.2.4 Le diagnostic du l'obésité**

Il existe plusieurs outils pour diagnostiquer l'obésité. On ne peut pas se fier uniquement au poids d'une personne afin de savoir si elle souffre de surpoids ou si elle est obèse. Pour cela on utilise divers outils pour apporter des renseignements complémentaires et prédire l'impact de l'obésité sur la santé

Reconnue principalement par des observations visuelle, L'augmentation de poids et l'accumulation de graisses sont évidentes chez les individus concernés. Toutefois, d'autres méthodes peuvent être employées pour établir le diagnostic d'obésité, notamment :

### **1.2.4.1 L'analyse des antécédents médicaux**

Le médecin examinera votre poids, vos tentatives antérieures de perte de poids, votre niveau d'activités physiques, vos habitudes alimentaires ainsi votre capacité à contrôler votre appétit. Il peut aussi demander la liste des médicaments que vous prenez, ainsi que votre niveau de stress et d'autres problèmes de santé. Il est probable qu'il examine également les antécédents familiaux pour savoir si vous risquez certaines maladies.

### **1.2.4.2 Examen physique général**

Il comprend la taille, le rythme cardiaque, la tension artérielle, la température, les poumons et le ventre.

### **1.2.4.3 Calcul de l'indice de masse corporelle**

Il faut examinera votre indice de masse corporelle (IMC) parce-que Il est a signaler que ce dernier doit être contrôlé au moins une fois par an, pour prévenir les risques potentiels pour votre sante en générale et aussi prescrire les traitements appropriés.

### **1.2.4.4 Mesure du tour de La taille**

Les graisses accumulées autour de la taille, appelée aussi graisses viscérales ou graisses du ventre, peuvent augmenter le risque de diabète et de maladies cardiaques. Le tour de taille, supérieur à 89 cm chez les femmes et 102 cm chez les hommes, peut révéler des risques de problèmes de santé. Comme pour l'IMC, le tour de taille doit être mesure au moins une fois par an.

#### **1.2.4.5 Examens pour d'autres problèmes de sante**

Le médecin évaluera si vous avez des problèmes de sante tels que [l'hypertension artérielle, hypercholestérolémie, La thyroïde hypotrophique, les problèmes de foie et de diabète.

#### **1.2.5 Les causes de l'obésité**

L'obésité résulte de multiples facteurs, incluant l'alimentation, des comportements peu sains, certaines pathologies et des prédispositions génétiques. Elle peut être également causée par plusieurs facteurs, à la fois. L'obésité survient lorsque L'apport calorique dépasse la dépense énergétique de l'organisme. Cette différence est stockée sous forme de graisses.

Les facteurs prédisposant à l'obésité comprennent :

##### **1.2.5.1 L'alimentation malsaine et manque d'activité physique**

Les mauvaises habitudes alimentaires et le mode de vie peu actif constituent les principales raisons de l'obésité. En effet, une alimentation riche en calories, une insuffisance de légumes et de fruits, ainsi qu'une consommation excessive de nourriture rapide sont des facteurs déterminants. Pour prévenir l'obésité, il est essentiel de se détourner de ces comportements.

De plus, les liquides ingérés chaque jour renferment également des calories, notamment les jus de fruits, les sodas et les boissons sucrées, sans oublier l'alcool qui entrave le processus de combustion.

L'insuffisance d'exercice physique aggrave la situation, obligeant le corps à brûler moins de graisses stockées. Par conséquent, cela dépasse les limites habituelles, entraînant ainsi un gain de poids.

##### **1.2.5.2 Certaines maladies**

L'obésité peut résulter, également de maladies provoquant la prise de poids. Tels que:

- ✧ Hypothyroïdie,
- ✧ Syndrome de Prader Willi,
- ✧ Syndrome de Cushing,
- ✧ Résistance à l'insuline,

Syndrome des ovaires poly-kystiques.

### 1.2.5.3 La génétique

Un grand nombre d'individus souffrant d'obésité présentent une prédisposition génétique à cette condition. Il est très probable qu'une personne dont l'un ou les deux parents sont obèses le devienne également. Les gènes que vous héritez de vos parents impactent le stockage de graisse dans votre corps. La leptine, par exemple, joue un rôle crucial en diminuant l'appétit lorsque les réserves de graisse sont suffisantes. Si l'organisme ne parvient pas à produire cette hormone, il ne pourra pas contrôler le poids, ce qui peut conduire à l'obésité.

### 1.2.5.4 Les facteurs psychologiques

Il y a plusieurs facteurs psychologiques qui peuvent contribuer à l'obésité :

- ✧ **Le stress** : Certains individus se tournent vers la nourriture afin de rechercher un apaisement émotionnel.
- ✧ **Le désordre alimentaire** : Appelé aussi « binge eating disorder », où la personne dévore de grandes quantités de nourriture en un très peu de temps.
- ✧ **L'arrêt du tabac peut également conduire à une prise de poids** : Il est donc essentiel de surveiller son alimentation et de s'engager dans une activité physique, en particulier durant la période qui suit le sevrage.
- ✧ **La dépression** : Elle augmente le risque de l'obésité.
- ✧ **La prise de certains antidépresseurs** : Elle peut la provoquer aussi.

### 1.2.5.5 Les médicaments

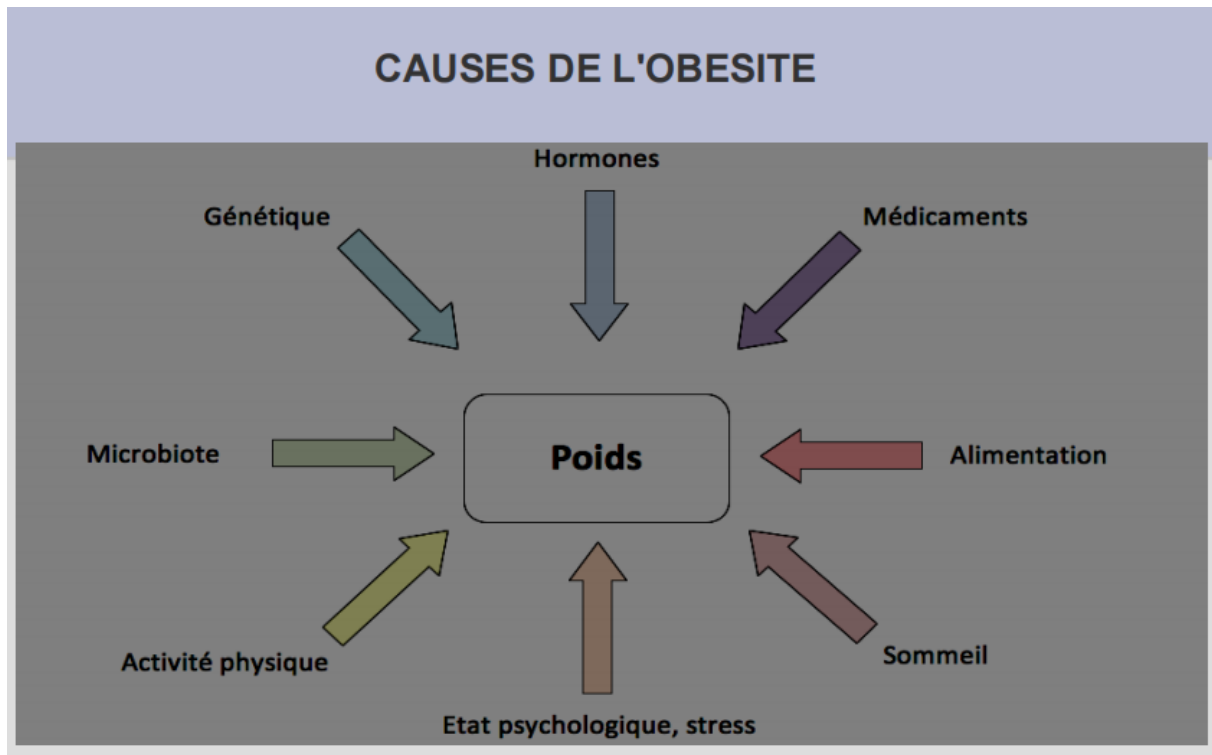
Il est évident que l'obésité n'est pas systématiquement causée par la consommation de médicaments. Le médecin vous informera si l'un d'eux peut en être la cause ou, du moins, il en portera une part de responsabilité [11].

### 1.2.5.6 Le marketing alimentaire

Le marketing alimentaire et la publicité ont une influence considérable sur les choix de consommation, en particulier chez les jeunes. Les campagnes promotionnelles pour les fast-foods, les sodas et les en-cas industriels encouragent la consommation de produits à forte densité calorique et à faible valeur nutritive. Cette exposition constante à des messages incitatifs, couplée à un accès facile à ces aliments, contribue à la prévalence croissante de l'obésité dans de nombreuses sociétés modernes.

### 1.2.5.7 L'environnement social et économique

L'environnement social et économique a un impact significatif sur le risque d'obésité. Un revenu faible peut limiter l'accès à des aliments sains et frais, incitant les ménages à se tourner vers des produits transformés moins coûteux mais plus riches en calories.



**Figure 1 :** Les causes d'obésité

### 1.2.6 Conséquences de l'obésité

- ✧ Les patients obèses sont exposés à un large éventail de maladies. Les plus graves sont citées ci-dessous :
- ✧ Les maladies cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux,
- ✧ La tension artérielle élevée, et le diabète avec les 2 types (diabète de type 2, qui résulte d'une résistance accrue à l'insuline).
- ✧ L'essoufflement et les maladies pulmonaires telles que l'asthme,
- ✧ L'artériosclérose et hypercholestérolémie,
- ✧ Le diabète de type 2,
- ✧ Divers types de cancers tels que le cancer de l'intestin, du sein et de l'utérus,
- ✧ Les brûlures d'estomac,
- ✧ La maladie du foie et des calculs biliaires,
- ✧ La maladie des reins,

- ✧ L'arthrose, (L'arthrose est également l'une des conséquences de l'obésité. C'est une maladie chronique qui se manifeste par des douleurs articulaires. Celles-ci sont causées par une usure anormale des articulations. L'excès de poids dû à l'obésité est responsable d'arthrose, voire, dans les cas les plus graves, d'arthrose invalidante. Elle touche la partie inférieure du corps.)
- ✧ Les troubles de La reproduction et de La sexualité,

D'une part, il existe **des conséquences physiques**, mais l'obésité a également des répercussions psychologiques significatives, tant chez les adultes que chez les adolescents. L'excès de poids peut conduire à une baisse de l'estime de soi, à des troubles anxieux et à un risque accru de dépression, souvent amplifiés par la stigmatisation sociale et les difficultés d'intégration. Cette souffrance psychologique peut à son tour aggraver des comportements alimentaires inappropriés, formant ainsi un cercle vicieux difficile à rompre.

Permis ces **Conséquences psychologiques**, on a La dépression constitue à la fois un facteur déclencheur et une conséquence de l'obésité. Il s'agit d'une pathologie complexe à traiter, engendrant des séquelles tant visibles qu'invisibles. De plus, la dépression chez les individus obèses peut résulter du rejet de leur apparence physique, de l'incompréhension de leur condition par leur entourage et par eux-mêmes, ainsi que des limitations physiques dues à l'excès de poids, de la douleur et de la stigmatisation.

Il y a aussi La discrimination est également l'une des conséquences de l'obésité. En effet, une personne obèse est souvent mal considérée par son entourage et perçue comme malade, fainéante et avec une hygiène générale qui laisse à désirer. La discrimination des obèses est aussi bien présente dans le cercle familial que dans l'environnement professionnel.

L'obésité est également nocive dans la mesure où elle provoque plusieurs problèmes chez les femmes enceintes, comme le diabète gestationnel et la pré-éclampsie.

## 1.2.7 La Classification des différents types d'obésités

Il existe trois formes reconnues d'obésité : l'obésité androïde, gynoïde et généralisée.

### 1.2.7.1 Obésité androïde

L'obésité androïde se caractérise par un stockage excessif de la masse grasseuse dans la partie supérieure du corps. Par exemple, l'obésité abdominale se définit par un surplus de graisse au niveau de l'abdomen.

Les graisses accumulées dans la zone abdominale représentent un risque considérable pour la santé, notamment celle située au plus proche des organes : la graisse viscérale. Mais les risques sont jugés réels lorsque d'autres troubles sont liés, tels que du cholestérol, du diabète ou encore de l'hypertension. Le surpoids abdominal est décelé grâce à une simple mesure du tour de taille, à l'aide d'un mètre ruban. Il est généralement évalué en associant mesure du tour de taille et IMC. Ce dernier permet de savoir si la personne se situe dans la fourchette du surpoids ; il est complété par le rapport entre le tour de taille et le tour de hanches, appelé « RTH ».

Ce type d'obésité est particulièrement inquiétant, car il est responsable de nombreuses pathologies telles que l'hypertension, le diabète, les maladies cardiovasculaires ou cardiaques [12].

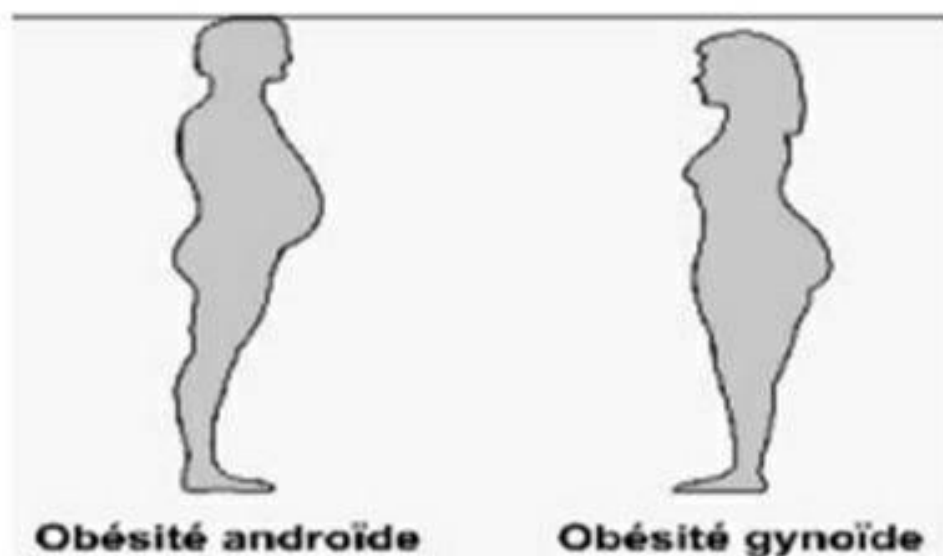
**Tableau 4 :** La classification du risque des maladies cardio-vasculaires, diabète et d'hypertension en fonction du tour de taille [13]

Classification du risque de maladies cardio-vasculaires, diabète et d'hypertension	Homme	Femme
	Centimètres	Centimètres
<b>Faible</b>	<b>&lt;94</b>	<b>&lt;80</b>
<b>Accru</b>	<b>&gt;94</b>	<b>&gt;80</b>
<b>Considérablement accru</b>	<b>&gt;102</b>	<b>&gt;88</b>

### 1.2.7.2 Obésité gynoïde

L'obésité gynoïde lorsque le corps stocke l'excédent de masse grasseuse dans la partie inférieure; principalement au niveau des cuisses, ce que l'on retrouve généralement chez la femme et qu'on appelle « culotte de cheval ». On dit alors que la graisse est répartie en forme de poire. Pour savoir si on est atteint d'obésité gynoïde, il faut calculer son rapport taille/hanche et avoir un score supérieur à 0,80.

Les risques pour la santé ne sont pas aussi importants que dans le cas d'une obésité androïde, mais des problèmes articulaires et une perte d'autonomie peuvent être remarqués chez les personnes les plus sévèrement touchées [14].



**Figure 2 :** Le schéma d'obésité androïde et gynoïde [14]

### 1.2.7.3 Obésité généralisée

L'obésité généralisée se manifeste lorsque le corps accumule un excès de masse grasse tant dans la partie supérieure que dans la partie inférieure. Cela entraîne une multiplication des risques pour la santé.

### 1.2.8 Les facteurs de risque

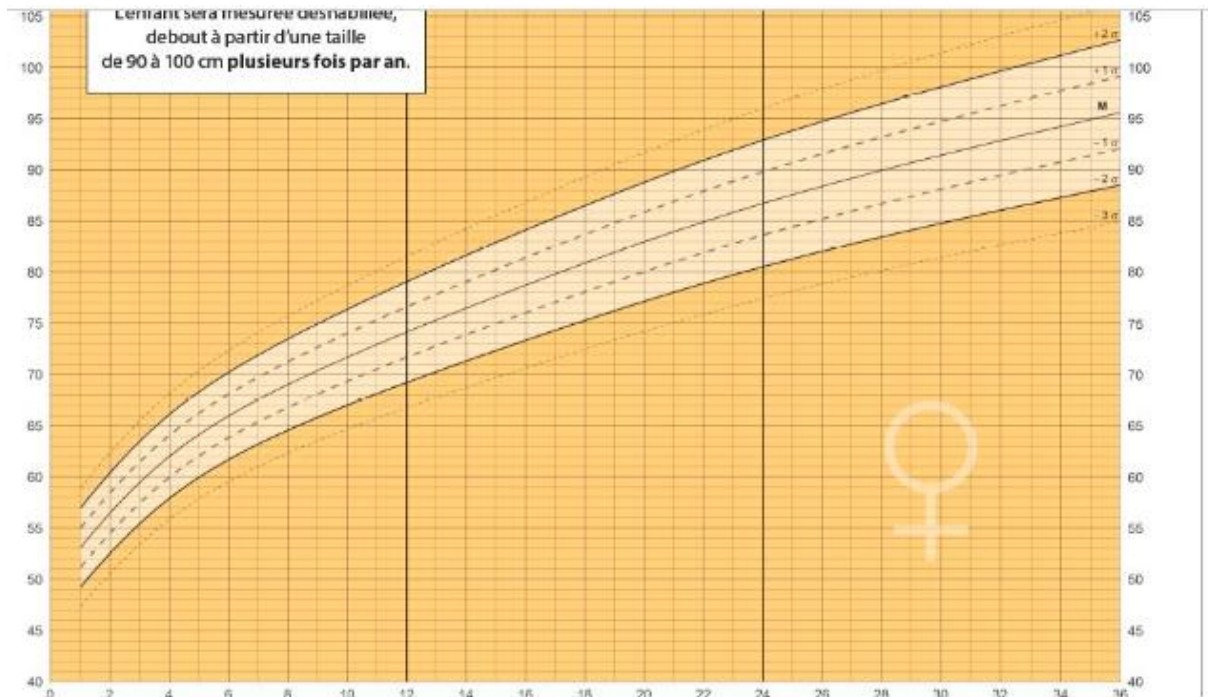
Il est essentiel d'établir, dès l'enfance, le degré d'obésité afin de pouvoir intervenir le plus rapidement possible.

#### 1.2.8.1 Obésité infantile

L'obésité chez les enfants connaît une augmentation significative dans l'ensemble des pays développés ainsi que dans ceux en développement. Cependant, l'indice de masse corporelle (IMC) ne constitue pas toujours un indicateur fiable, car la composition corporelle d'un enfant varie au cours de sa croissance. Pour évaluer si un enfant présente un excès de poids ou une obésité, il est donc nécessaire de se référer aux courbes de croissance figurant dans le carnet de santé, lesquelles diffèrent selon le sexe de l'enfant [15] [16].

Pour identifier l'obésité infantile, les médecins et pédiatres déterminent le percentile de l'enfant, c'est-à-dire sa position par rapport à d'autres enfants du même âge et du même sexe :

- ✧ Si un enfant se situe en deçà du 5e percentile, il est en sous-poids.
- ✧ Si un enfant se situe entre le 5e et le 85e percentile, il a un poids de forme.
- ✧ Si un enfant se situe entre le 85e et le 95e percentile, il est en surpoids.
- ✧ Si un enfant se situe au-delà du 95e percentile, on parle d'obésité infantile.



**Figure 3 :** Le résultat de mesure la taille d'un garçon de 0 à 16 ans plusieurs fois par an [16]

### 1.2.8.1.1 Le choix alimentaire des enfants et adolescents

Les choix alimentaires jouent un rôle essentiel dans la prévention de l'obésité. Selon un rapport de l'OMS (2004), ces choix sont influencés à plusieurs niveaux : les politiques publiques agissent sur l'accessibilité, l'éducation et l'information nutritionnelle, tandis que les choix individuels dépendent des croyances culturelles, de la structure familiale et des préférences personnelles, influençant à leur tour les habitudes alimentaires du foyer.

Comportements de santé chez l'enfant et l'adolescent : Dans le cas de l'enfant et de l'adolescent, la « personne » est représentée par une dynamique complexe parents-enfant. L'enfant s'approprie, adopte et modifie ses comportements de santé tout au long de sa vie mais sous l'influence de nombreux facteurs :

- ❖ Facteurs personnels de l'enfant : ses caractéristiques sociales, psychologiques et socioculturelles, mais aussi ses connaissances et ses attitudes et croyances
- ❖ Facteurs personnels des parents,
- ❖ Facteurs environnementaux : disponibilité et accessibilité,
- ❖ Facteurs liés aux intervenants (professionnels de santé, enseignants, pairs, population générale...),
- ❖ Le modèle adapté du Pr Deccache (1994) met l'accent sur les interactions entre l'enfant et ses parents, ainsi qu'avec les intervenants. Il considère l'enfant et ses parents comme deux entités liées, dont les interactions évoluent selon l'âge et le développement de l'enfant.

### **1.2.8.2 Obésité chez l'homme**

Pour évaluer l'obésité chez l'homme, on calcule l'indice de masse corporelle afin d'établir le degré de surpoids ou d'obésité. Le surpoids abdominal est également un facteur à considérer. Un homme est classé comme obèse si son périmètre abdominal atteint ou dépasse 94 cm, ou si son IMC est supérieur à 30. On qualifie de surpoids ou de pré-obésité un IMC se situant entre 25 et 30.

Il est désormais établi qu'un homme souffrant d'obésité est à risque accru de développer des maladies cardiovasculaires, du diabète de type 2, ainsi que des troubles musculo-squelettiques graves, tels que l'arthrose, sans oublier les problèmes psychologiques.

Ainsi, la réduction du poids est essentielle pour diminuer le risque de ces pathologies et pour abaisser les niveaux de cholestérol, d'hypertension artérielle et de triglycérides.

Des recherches récentes indiquent également que l'obésité masculine pourrait être un facteur contribuant à l'infertilité : une prise de poids de 10 kg pourrait accroître le taux d'infertilité de 10 %. Il est déjà reconnu que l'obésité chez la femme peut diminuer les chances de conception, et il apparaît que l'obésité chez l'homme s'ajoute à cette problématique.

Pour atténuer les risques sanitaires associés à un excès de poids, il est crucial qu'un homme obèse bénéficie d'un suivi médical approprié. La perte de poids doit être réalisée dans le cadre d'un protocole impliquant des médecins généralistes et spécialistes, des nutritionnistes ainsi que des psychothérapeutes.

### **1.2.8.3 Grossesse et surpoids**

Une femme en surpoids ou obèse présente un risque accru de connaître une grossesse à complications par rapport à une femme ayant un poids normal. En effet, le surpoids durant la

grossesse peut entraîner des problèmes tels que l'hypertension, le diabète gestationnel, les fausses couches, les accouchements prématurés, la macrosomie (poids excessif du nouveau-né), les césariennes et, de manière plus générale, des complications lors de la naissance.

Pour réduire les risques, il est conseillé aux femmes en surpoids qui envisagent une maternité de perdre du poids afin d'atteindre ou de se rapprocher d'un poids santé. Une femme obèse ou en surpoids qui réussit à diminuer sa masse corporelle de 10 % avant la grossesse augmente ses chances de conception rapide ; elle réduit également de dix fois les risques associés au surpoids ou à l'obésité et garantit un bilan sanguin normal. De plus, la prise de poids durant la grossesse est influencée par l'IMC de la femme enceinte et varie d'une personne à l'autre :

- ✧ Une femme ayant un IMC inférieur à 18 devra prendre entre 15 et 20 kg pendant sa grossesse.
- ✧ Une femme ayant un IMC compris entre 18 et 25 devra prendre entre 8 et 15 kg.
- ✧ Une femme ayant un IMC compris entre 25 et 30 devra limiter sa prise de poids à 8 kg.
- ✧ Une femme obèse ayant un IMC de plus de 30 devra éviter de prendre du poids pendant sa grossesse. Grâce à un plan nutritionnel adapté et conseillé par le médecin, son corps trouvera les ressources nécessaires pour mener à bien sa grossesse.

### **1.2.9 La prévention de l'obésité**

La prévention de l'obésité constitue un défi majeur touchant divers segments de la population, en particulier les adultes ayant connu l'obésité durant leur enfance, ceux dont au moins un parent est obèse, ceux ayant cessé de fumer ou de pratiquer une activité physique, ceux sous traitement médicamenteux à risque, ou encore ceux ayant récemment observé une prise de poids supérieure à 5 % de leur poids habituel. Ce problème concerne également les individus souffrant de boulimie ainsi que les femmes enceintes ou en période de ménopause. Pour les enfants, la prévention est essentielle, surtout pour ceux en surpoids, même modéré, ayant connu un rebond de poids avant l'âge de 6 ans, menant une vie sédentaire ou ayant des antécédents familiaux. Cette prévention s'effectue principalement lors des consultations médicales et implique le suivi de la courbe de croissance. Il est important de préciser qu'en ce qui concerne les femmes enceintes, l'expression « manger pour deux » ne signifie pas doubler les portions, mais plutôt privilégier une alimentation équilibrée, riche en nutriments essentiels tels que les protéines, le calcium, le fer et les vitamines. La surveillance de la prise de poids doit également se faire en tenant compte de l'IMC. Enfin, pour les personnes âgées, la

prévention de l'obésité repose sur une adaptation des habitudes alimentaires, incluant une diminution de la consommation de sucre, de sel, de graisses et d'alcool, tout en augmentant l'apport en protéines, produits laitiers, fruits, légumes, fibres et eau. Cela doit être accompagné d'une continuité de l'activité physique, malgré la baisse naturelle de l'effort liée au vieillissement.

### **1.2.10 Relation entre les régimes alimentaires et l'obésité**

L'obésité est le résultat d'un stockage excessif de graisses par l'organisme pendant plusieurs années. Les causes de l'obésité sont multiples, et ne sont pas toutes connues à l'heure actuelle. Ainsi, l'obésité n'est pas liée uniquement à l'alimentation. Une des causes de l'obésité est un déséquilibre trop important entre l'alimentation et le mode de vie. Ainsi, le corps stocke des réserves sous forme de triglycérides. Quand l'apport calorifique est supérieur aux besoins, comme c'est le cas d'une personne sédentaire, le corps stockera l'excès calorique qui ne peut pas être éliminé par son activité. Le type d'alimentation est aussi en cause : un nombre extrêmement élevé de calories se cache dans les aliments gras, mais aussi dans les aliments sucrés (en particulier les desserts industriels, les barres chocolatées, etc.), ainsi que dans les boissons sucrées (comme les sodas et les boissons alcoolisées).

Plus que les aliments eux-mêmes, ce sont surtout certains mauvais comportements alimentaires qui favorisent la prise de poids : par exemple le grignotage, les régimes trop restrictifs à répétition (privé de nourriture, le corps fait des stocks dès qu'il en a l'occasion), les dîners trop lourds et l'absence de petit-déjeuner, le manque de diversité alimentaire, etc. Ces mauvais comportements sont souvent inconscients, liés à l'inactivité, à l'ennui, ou encore à des problèmes affectifs (besoin de « compenser ») ou psychologiques (en effet, ce n'est pas intentionnellement qu'une personne obèse mange trop).

La sédentarité et l'absence d'exercice physique, associées à des apports alimentaires trop importants, jouent un rôle très important dans l'apparition de l'obésité, puisque toutes les calories ingérées non dépensées sont stockées par l'organisme.

De nombreux facteurs influencent cependant le stockage de graisse par l'organisme : l'obésité peut ainsi avoir des causes héréditaires, être liée à des déséquilibres hormonaux ou encore à la prise de certains médicaments. Il existe aussi des « situations à risque » où le corps ne réagit plus de la même façon : La grossesse, la ménopause, un stress important, l'arrêt total d'une activité sportive intensive... etc.

### 1.2.11 Traitement de l'obésité

Pour combattre l'obésité, il faut comprendre l'origine de sa prise de poids. Pour cela, consulter un médecin ou bien un expert est essentiel pour mettre en place un régime personnalisé et bénéficier de conseils adaptés. Cependant, d'une manière générale, un régime pour lutter ou diminuer l'obésité repose sur des principes alimentaires de base : une alimentation équilibrée (poissons, viandes, laitages, légumes, fruits, etc.) et une hygiène de vie saine (activité sportive régulière, pas de grignotage).

Les méthodes disponibles pour traiter l'obésité sont variées, allant des simples aux chirurgicales.

#### 1.2.11.1 Traitement sans chirurgie

La méthode adoptée par la plupart des personnes se compose essentiellement de deux phases. La première consiste à modifier son alimentation, c'est-à-dire à adopter un régime riche en protéines et faible en calories. Il est conseillé d'augmenter la consommation de légumes et de fruits tout en réduisant celle du pain, qui devrait être préparé à partir de féculents et de céréales complètes. La seconde phase implique la pratique d'activités physiques, telles que la marche régulière et d'autres exercices. Il est également primordial d'éviter le tabac et l'alcool.

##### 1.2.11.1.1 Le régime alimentaire

La base du traitement de l'obésité est le régime alimentaire, avec d'autre façon il est repose sur l'alimentation. De nombreuses stratégies nutritionnelles sont disponibles. Une réduction de l'apport calorique de 500 à 1000 kcal par jour peut conduire à une perte de poids d'environ 0,5 kg par semaine. Un régime plus restrictif, à 1200 kcal ou moins par jour, peut engendrer une perte de poids plus significative, bien que les résultats à moyen terme (cinq ans) demeurent incertains. Le choix de la composition du régime, qu'il soit faible en graisses ou en sucres, suscite également des débats. Toutefois, d'après l'étude du National Weight Control Registry (NWCR), un régime pauvre en graisses a permis aux participants de perdre en moyenne 30 kg et de maintenir ce poids pendant 5,5 ans. Dans une autre étude majeure, le 'Diabetes Prevention Program' (DPP), un régime contenant moins de 25 % de calories sous forme de graisses a permis de conserver une perte moyenne de 4 kg après quatre ans, entraînant une réduction significative de l'incidence du diabète de type 2 de 58 %. En revanche, bien qu'un régime faible en glucides, tel que le régime Atkins, entraîne une perte de poids plus rapide à court terme, sa mise en œuvre est particulièrement complexe en Amérique du Nord en raison des choix alimentaires disponibles. De plus, ses effets à long terme sont moins bien établis.

Selon les auteurs d'une revue systématique récente, la perte de poids associée à un régime pauvre en glucides est principalement liée à une réduction plus importante de l'apport calorique et à une prolongation de la durée du régime, plutôt qu'à une diminution des glucides. Il est donc essentiel de procéder à une évaluation adéquate et d'assurer un suivi nutritionnel pour favoriser la perte de poids et le maintien d'un poids réduit.

Il existe différents types de régimes alimentaires pour diminuer le poids parmi eux :

#### **1.2.11.1.1 Régime pauvre en graisses**

Un régime alimentaire faible en graisses a longtemps été recommandé pour prévenir les maladies cardiovasculaires. Les graisses fournissent 9 kcal par gramme, ce qui a conduit à les considérer comme un macronutriment particulièrement énergétique. On pensait qu'un régime pauvre en graisses offrait des restrictions caloriques favorables à la perte de poids. Ce type de régime se caractérise par une consommation de graisses représentant 20 à 25 % de l'apport énergétique total, tandis qu'un régime très pauvre en graisses en contient entre 10 et 20 % [17]. L'idée initiale des bénéfices cardioprotecteurs associés à un régime faible en graisses incluait également la perte de poids comme un avantage supplémentaire [18]. Une méta-analyse récente comparant l'efficacité d'un régime pauvre en graisses à celle d'un régime pauvre en glucides a révélé que le premier était moins efficace pour atteindre une perte de poids durable à long terme. Dans des études où le régime pauvre en graisses était comparé à un régime habituel sans perte de poids, les résultats ont montré que la perte de poids était similaire entre un régime pauvre en graisses et un régime riche en graisses. Les résultats d'essais contrôlés randomisés indiquent qu'un régime faible en graisses n'est pas plus efficace que d'autres approches diététiques pour lutter contre l'obésité. De plus, un régime très faible en graisses est difficile à maintenir sur le long terme [19].

#### **1.2.11.1.2 Régime pauvre en glucides**

Le régime alimentaire moderne se caractérise par une forte teneur calorique. Il est également particulièrement riche en glucides raffinés, en grande partie en raison des recommandations historiques qui préconisaient une alimentation faible en graisses. Les glucides ont ainsi acquis une image négative en tant que macronutriment peu sain. Les données historiques révèlent qu'à l'époque paléolithique, nos ancêtres obtenaient leur nourriture par la chasse et la cueillette, leur principale source d'énergie étant paradoxalement constituée de glucides. Il est crucial de noter que ces glucides étaient riches en fibres, avaient un faible indice glycémique et étaient d'origine végétale. Les graisses dans leur alimentation provenaient

principalement de la viande et du poisson [20]. Un régime alimentaire américain typique présente un apport en glucides représentant entre 45 et 65 % de l'énergie totale. Ainsi, un régime pauvre en glucides peut être défini comme celui où moins de 45 % de l'énergie alimentaire provient des glucides. Il existe diverses définitions des régimes pauvres en glucides, ce qui souligne la complexité d'étudier les effets d'un tel régime sans une définition claire [21]. En général, un régime pauvre en glucides contient entre 52 et 150 grammes de glucides par jour.

Le mécanisme supposé de la perte de poids associé à un régime faible en glucides repose sur une diminution de la sécrétion d'insuline due à un apport glucidique réduit, ce qui favorise la lipolyse. Dans le cadre d'un régime très pauvre en glucides, avec une restriction entre 20 et 50 grammes, des cétones se forment. Face à un apport limité en glucose, le premier mécanisme d'adaptation est la gluconéogenèse. Une fois que les réserves de gluconéogenèse sont épuisées, le corps commence à décomposer les graisses en acides gras pour les oxydations nécessaires. Ce raisonnement soutient également l'idée d'un régime faible en glucides et riche en graisses. Actuellement, un tel régime, axé sur des graisses saines, connaît une popularité croissante.

Un régime alimentaire faible en glucides favorise la sensibilité à l'insuline et présente des avantages pour les individus souffrant de diabète, de pré-diabète, de syndrome métabolique, de surpoids et d'obésité. Cependant, les preuves concernant la perte de poids durable et les bénéfices pour la santé d'un régime pauvre en glucides et riche en graisses restent insuffisantes. De plus, la viabilité à long terme d'un tel régime est sujette à débat. En revanche, de nombreuses études mettent en avant les bienfaits d'un régime relativement riche en glucides, basé sur des aliments d'origine végétale, à faible indice glycémique et riche en fibres, qui pourrait être soutenable sur le long terme [22]. Un régime riche en glucides raffinés provoque des élévations fréquentes de l'insuline, favorise le stockage des graisses et réduit la sensation de satiété. Par ailleurs, un régime strict à faible teneur en glucides pourrait également manquer de fibres et de micronutriments essentiels. En outre, une consommation accrue de graisses pourrait entraîner une augmentation des graisses saturées, ce qui pourrait avoir des conséquences néfastes sur la santé cardiovasculaire.

Une méta-analyse récente d'essais contrôlés randomisés a révélé que les régimes pauvres en glucides entraînent une réduction plus marquée du poids corporel, des graisses et des triglycérides par rapport aux régimes pauvres en graisses [23]. L'augmentation observée du LDL a été associée à un régime riche en graisses et pauvre en glucides, cependant, les bénéfices globaux pour la santé surpassent les risques liés à cette élévation du LDL [24]. Un régime

pauvre en glucides peut provoquer une hausse du LDL en raison de la taille importante des particules de LDL.

Ces particules de LDL-C de grande taille ne sont pas corrélées à un risque accru de maladies cardiovasculaires. Les bénéfices à court terme d'un régime pauvre en glucides et riche en graisses en matière de perte de poids sont significatifs. À court terme, ce type de régime améliore le contrôle de la glycémie, entraînant une perte de poids favorable chez les personnes atteintes de diabète de type 2, de pré-diabète et de syndrome métabolique. En revanche, une faible teneur en fibres et une forte teneur en graisses dans un régime pauvre en glucides peuvent nuire à la santé intestinale et au micro biome.

#### **1.2.11.1.1.3 Régime méditerranéen**

Le régime méditerranéen repose sur un modèle alimentaire typique des pays de la région méditerranéenne, tels que l'Italie et la Grèce. Ce régime se compose principalement de fruits, de légumes, de noix, de graines, de fruits de mer, de poisson et d'huile d'olive. Il privilégie les sources de nutriments d'origine végétale, qui sont riches en fibres, présentent une faible charge glycémique et sont également riches en antioxydants et en micronutriments. En outre, il contient moins de graisses saturées et d'acides gras polyinsaturés oméga-6 (AGPI n-6), tout en étant plus riche en acides gras monoinsaturés et en acides gras polyinsaturés oméga-3 (AGPI n-3). Ce régime est recommandé pour ses effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, mais plusieurs études ont également mis en évidence ses avantages pour la perte de poids [25]. Une méta-analyse récente a révélé que le régime méditerranéen, lorsqu'il est associé à une restriction calorique et à une activité physique, entraînait une perte de poids significative par rapport à un régime témoin [25]. De plus, une méta-analyse d'essais contrôlés randomisés a montré une amélioration du profil métabolique, réduisant ainsi le risque de développer un diabète de type 2 et un syndrome métabolique en comparaison avec le régime témoin [26]. Après une période de 12 mois, le régime méditerranéen traditionnel a permis une perte de poids moyenne de 8,7 %, tandis que le régime méditerranéen à faible teneur en glucides a conduit à une perte de poids moyenne de 10 % [27] [28].

#### **1.2.11.1.1.4 Le régime végétarien**

Le régime végétarien connaît une augmentation de sa popularité en tant qu'option favorisant la santé globale. Il existe plusieurs variantes de ce régime. Le régime végétalien se compose exclusivement de nutriments d'origine végétale, excluant ainsi la viande, le poisson, les produits laitiers et les œufs. Le régime lacto-ovo-végétarien inclut des œufs et des produits

laitiers tout en étant principalement basé sur des aliments d'origine végétale. Le régime piscatarien, quant à lui, permet la consommation de poisson en complément d'une alimentation végétale. Une méta-analyse récente portant sur 12 essais cliniques a révélé que les individus suivant un régime végétarien ont perdu davantage de poids que ceux qui suivaient un régime non végétarien. De plus, une analyse de sous-groupes a montré que les participants au régime végétalien avaient perdu plus de poids que ceux suivant un régime lacto-ovo-végétarien. Une perte de poids significativement plus importante a été observée chez les sujets suivant un régime végétarien avec restriction calorique par rapport à ceux sans aucune restriction [29].

#### **1.2.11.1.1.5 Les régimes basés sur le déficit calorique**

On a Régime hypocalorique et régime très hypocalorique. Ces régimes reposent sur le principe du « bilan calorique ». Les mécanismes physiologiques adaptatifs entravent la perte de poids en réduisant les dépenses énergétiques lorsque l'approche diététique se fonde uniquement sur un déficit calorique. Un régime hypocalorique se situe entre 1 000 et 1 500 kcal par jour, tandis qu'un régime très hypocalorique contient moins de 800 kcs par jour. Ces régimes hypocaloriques limitent soit les glucides, soit les graisses afin de générer un déficit énergétique. Il est à noter qu'un régime hypocalorique peut ne pas être durable sur le long terme, et un régime très hypocalorique ne devrait pas être entrepris sans un suivi médical approprié. Une étude récente a révélé qu'un régime très hypocalorique, lorsqu'il est associé à des programmes comportementaux, entraîne une perte de poids plus significative que les programmes comportementaux pris isolément [30]. Une variante de ce régime très hypocalorique est le régime cétogène très hypocalorique (VLCKD), qui consiste en un apport de 600 à 800 kcs par jour, avec une faible quantité de glucides (moins de 30 à 50 grammes par jour) et un apport protéique adéquat (0,8 à 1,2 g par jour et par kilogramme de poids corporel idéal). Ce régime est généralement suivi d'une transition vers un régime hypocalorique. Une méta-analyse récente a montré que le régime cétogène très hypocalorique améliore le poids, l'indice de masse corporelle, l'HbA1c, la pression artérielle, le cholestérol total et les triglycérides sur une période courte. L'effet bénéfique sur la perte de poids du VLCKD a été observé sur une durée de deux ans, sans changement significatif des niveaux de LDL et de HDL.

#### **1.2.11.1.2 L'activité physique**

En ce qui concerne l'exercice physique, son importance réside principalement dans la prévention de l'augmentation du poids. Il est particulièrement recommandé pour aider à maintenir un poids corporel réduit. L'activité physique contribue à la préservation de la masse musculaire, qui est la composante principale de la masse maigre et un facteur clé de la dépense

énergétique au repos. En effet, dans les cohortes américaines du NWCR et du DPP, la majorité des participants ont adopté une stratégie de pratique régulière d'activités physiques, avec trois quarts d'entre eux marchant rapidement pendant une heure à une heure et demie chaque jour, ce qui équivaut à plus de 10 000 pas quotidiens, mesurés à l'aide d'un podomètre. Une étude finlandaise sur la prévention du diabète de type 2 chez des patients présentant une intolérance au glucose et un excès de poids a montré qu'un programme d'exercices comprenant plus de quatre heures d'activités physiques d'intensité modérée à élever par semaine, comme l'entraînement en salle, a entraîné une diminution de l'incidence du diabète de type 2, comparable aux résultats observés dans les études du NWCR et du DPP, lorsqu'il était associé à un régime alimentaire équilibré [31] [32].

### 1.2.11.1.3 Traitement médicamenteux

Lorsque les modifications du régime alimentaire et l'exercice physique ne permettent pas d'atteindre les objectifs de perte de poids, il peut être nécessaire de recourir à des médicaments hypolipidémiants. Ces traitements ont pour but de réduire les lipides dans le sang ou de contrôler l'appétit. Il est important de noter que ces médicaments peuvent provoquer des effets indésirables, d'où la nécessité d'un suivi médical durant le traitement.

Concernant les médicaments et pilules destinés à lutter contre l'obésité, il existe actuellement peu de traitements médicamenteux validés. Parmi eux, le Xénical® est un médicament prescrit aux patients souffrant d'obésité avérée, et son obtention nécessite une ordonnance. Pour qu'il soit efficace et contribue à la perte de poids, il est essentiel que le patient soit suivi par un professionnel de santé, adopte un régime alimentaire approprié et pratique une activité physique régulière.

Les pharmacies et parapharmacies proposent également de nombreuses pilules anti-obésité, dont la plus connue est Alli®. Ces produits sont souvent des anorexigènes, coupe-faims, diurétiques ou laxatifs. Cependant, les professionnels de santé déconseillent leur utilisation en raison des risques associés, notamment la vente à des individus ayant un IMC normal, l'abus de consommation, le non-respect des dosages ou l'accompagnement par un régime alimentaire inadapté. De plus, aucun résultat positif n'est officiellement reconnu pour ces pilules [33].

**Tableau 5 :** Les médicaments pouvant favoriser une prise de poids [33]

Médicaments	Principale pathologies traitées ou autre emplois
Antidépresseurs tricycliques, lithium	Dépression
Sulfamides hypoglycémiants	DNID
Bêtabloquants	Hypertension
Certains contraceptifs stéroïdiens	Contraception
Corticostéroïdes	Diverses maladies
Insuline	DNID
Cyproheptadine	Allergie, rhume de foins
Acide valproïque, neuroleptiques	Epilepsie
Phénothiazine	Psychose
Pizotifène	Migraine

### 1.2.11.1.3.1 L'acupuncture et l'obésité

Il ne s'agit pas d'un régime ou d'un programme de perte de poids, mais plutôt d'un système visant à réguler l'appétit et à moduler la sensation de faim. L'acupuncture contribue ainsi à la perte de poids.

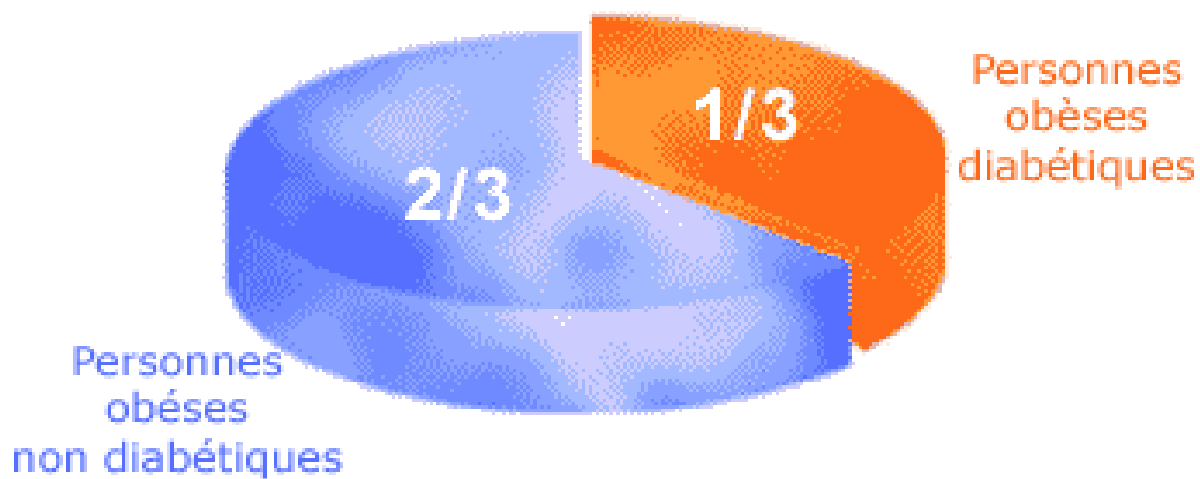
### 1.2.11.2 Traitement avec chirurgie

La chirurgie de l'obésité constitue une option de traitement lorsque les autres approches s'avèrent inefficaces. Divers types de procédures chirurgicales existent, notamment la sleeve gastrique, le bypass gastrique, le ballon gastrique, entre autres.

### 1.2.12 Obésité et diabète

Tout simplement un individu souffrant d'obésité présente un risque élevé de développer un diabète, en raison du lien étroit entre l'excès de tissu adipeux et la régulation de l'insuline. En effet, une quantité accrue de graisse corporelle entraîne une demande plus importante en insuline pour maintenir un équilibre glycémique adéquat. Si le pancréas ne parvient pas à produire la quantité nécessaire d'insuline pour satisfaire cette demande, cela peut conduire à l'apparition d'un diabète. Ainsi, chez les personnes en surpoids ou obèses, le diabète est

directement associé à l'excès de poids. Par conséquent, toute réduction de poids, même modeste, peut avoir un impact significatif, tant pour améliorer le contrôle d'un diabète déjà présent que pour diminuer le risque d'en développer un [34].



**Figure 4 :** Le pourcentage des personnes obèses et diabétiques et les personnes obèses et non diabétiques [34]

# *Chapitre02*

## **2 Chapitre 02 : La relation entre les maladies et l'alimentation**

L'alimentation est essentielle à la vie. Une nutrition adéquate doit apporter à l'organisme les nutriments nécessaires à son bon fonctionnement. Cela constitue l'un des piliers fondamentaux de la santé. À travers le processus de digestion, l'alimentation fournit les éléments de base indispensables à la création des cellules et des organes qui forment notre corps, tels que les muscles, ainsi que l'énergie requise par ces cellules et organes pour opérer. Quotidiennement, le corps a besoin de quatre catégories de produits : l'eau, les aliments de construction, les aliments énergétiques et les aliments fonctionnels [35].

### **A. L'eau**

L'eau est un composant vital du corps humain, représentant environ 70 % de sa composition. Chaque jour, l'organisme perd plus de 2,5 litres d'eau par l'urine, la transpiration et d'autres fonctions, ce qui rend indispensable une hydratation régulière. Une mauvaise compensation de ces pertes peut entraîner une déshydratation, avec des effets néfastes sur la santé.

L'apport hydrique provient à la fois des boissons (eau, thé, etc.) et des aliments solides riches en eau. Les besoins en eau varient selon l'âge, l'état de santé et le mode de vie. Par exemple, une personne pratiquant une activité physique intense aura des besoins hydriques supérieurs à ceux d'un individu sédentaire. Il est donc essentiel d'adapter sa consommation d'eau aux besoins spécifiques de son corps pour maintenir un bon équilibre hydrique[35].

### **B. Les aliments de construction**

Les aliments de construction sont indispensables à la croissance, à la formation des muscles et des os, ainsi qu'au renouvellement cellulaire. Ils sont principalement constitués de protéines, présentes dans la viande, le poisson, les œufs et certaines céréales.

### **C. Les aliments énergétiques**

Les aliments énergétiques sont essentiels pour fournir au corps l'énergie nécessaire, principalement sous forme de glucides et de lipides. Les glucides proviennent des céréales, des pommes de terre, des pâtes et des produits sucrés, tandis que les lipides sont apportés par le beurre, les huiles et les aliments riches en graisses [35].

## D. Les aliments fonctionnels

Les aliments fonctionnels doivent fournir au corps les éléments nécessaires à son bon fonctionnement, notamment les vitamines, les minéraux et les fibres, que l'on trouve principalement dans les fruits et les légumes [35].

## 2.1 Le diabète et la nutrition

Une alimentation équilibrée constitue un élément essentiel dans la gestion du diabète. Elle doit être personnalisée en fonction de vos besoins et inclure une variété d'aliments. Certains de ces aliments doivent être favorisés afin de maintenir un bon contrôle du diabète et de prévenir diverses maladies, en particulier les maladies cardiovasculaires [35].

### 2.1.1 L'alimentation équilibrée en cas de diabète

Il n'est plus question de régime spécifique pour les personnes atteintes de diabète, mais plutôt d'une alimentation équilibrée. Cette approche constitue un élément essentiel du traitement non médicamenteux du diabète, tout comme l'engagement dans une activité physique régulière et appropriée, C'est une alimentation :

- ❖ Cette approche alimentaire est avantageuse pour la santé ; elle est diversifiée et ne comporte pas d'aliments prohibés. Elle met l'accent sur la consommation de fruits, de légumes, de féculents et de poissons, tout en réduisant l'apport en produits sucrés, salés et gras.
- ❖ Il est essentiel de répondre à vos besoins en fournissant des quantités appropriées pour garantir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme. Par conséquent, il est important de prêter attention à la taille des portions. Des portions excessives peuvent contribuer à un excès de poids, tout comme une alimentation trop grasse.

Une alimentation régulière est également essentielle. Éviter de sauter des repas aide à prévenir les fluctuations glycémiques qui incitent au grignotage, tout en permettant de gérer le poids [36] .

Il est essentiel de comprendre la composition des aliments. Ceux-ci se composent principalement de trois grandes catégories de nutriments, qui sont les éléments nutritifs fournis par notre alimentation. Ces catégories incluent :

- ❖ des glucides (sucres et féculents) ;

- ❖ des lipides (graisses) ;
- ❖ des protéines (notamment présentes dans la viande, le poisson, les produits laitiers, etc.)

D'autres nutriments sont indispensables pour satisfaire les apports journaliers recommandés et peuvent être obtenus grâce à une alimentation diversifiée : vitamines, minéraux et oligo-éléments.

### **2.1.2 Le diabète et les lipides dans l'alimentation**

Les lipides ou appelés aussi les graisses, constituent des nutriments essentiels fournissant de l'énergie à l'organisme. Ils jouent un rôle crucial dans la formation et le bon fonctionnement des cellules, ainsi que dans l'absorption des vitamines et la production d'hormones [37].

Toutes les graisses n'ont pas les mêmes effets sur la santé, d'où l'importance de bien les choisir. En effet, une alimentation trop riche en graisses :

- ❖ favorise la prise de poids ;
- ❖ augmente le risque de maladies cardiovasculaire

En réduisant la consommation totale de graisses dans l'alimentation et en favorisant les « bonnes graisses », il est envisageable de prévenir quotidiennement les maladies cardiovasculaires et d'autre maladies ainsi que les complications associées au diabète.

Le diabète est fréquemment lié à la consommation de sucre : pour maintenir un bon niveau de glycémie, il est conseillé de restreindre les aliments sucrés. Cependant, il est également crucial de prêter attention aux graisses lorsque l'on souffre de diabète. Une alimentation excessive en graisses peut entraîner une prise de poids, ce qui risque de perturber durablement la gestion du diabète. De plus, certains aliments riches en graisses peuvent contenir du cholestérol nocif, et une consommation régulière de ceux-ci augmente le risque de complications cardiovasculaires. Il est donc essentiel de distinguer les différentes graisses et d'adopter une alimentation équilibrée pour réduire ces risques.

<p><b>Les « bonnes graisses » = acides gras insaturés</b></p>	<p><b>On les trouve surtout dans :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• certaines viandes, en particulier les volailles ;</li> <li>• certains poissons : saumon, sardine, maquereau ;</li> <li>• les fruits oléagineux : avocat, noix, noisettes ;</li> <li>• certaines huiles : colza, olive, noix.</li> </ul>	<p><b>Leur consommation contribue, dans une certaine mesure, au bon fonctionnement du système cardiovasculaire</b></p>
<p>Même s'il s'agit de « bonnes graisses », je fais attention aux quantités.</p>		
<p><b>Les « mauvaises graisses » = acides gras saturés</b></p>	<p><b>On les trouve surtout dans :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les produits frits ou panés ;</li> <li>• de nombreux plats tout prêts ;</li> <li>• les viennoiseries ;</li> <li>• les biscuits (sucrés et apéritifs) ;</li> <li>• les produits d'origine animale : fromage, beurre, crème fraîche, viandes grasses, charcuterie, etc. ;</li> <li>• certaines huiles : palme, coco.</li> </ul>	<p><b>Leur consommation en excès favorise les maladies cardiovasculaires</b></p>

**Figure 5 :** Les matières grasses ont des effets plus ou moins favorables sur la santé, en particulier sur le cholestérol sanguin et l'état des artères [38]

### 2.1.2.1 Les méthodes de consommation les graisses

Les graisses font partie intégrante de notre régime alimentaire, mais leur consommation doit rester modérée [37]. Il est conseillé de limiter votre apport à environ 30 g par jour en privilégiant des graisses de qualité :

- ❖ En cuisine : Limitez-vous à une cuillère à soupe de matière grasse, en privilégiant des méthodes de cuisson qui n'en nécessitent pas, telles que la cuisson à la vapeur, en papillote, aux micro-ondes ou à la grillade. Si l'utilisation de matière grasse est nécessaire, optez pour des huiles végétales de qualité supérieure, comme l'huile d'olive, ou des margarines conçues pour la cuisson.
- ❖ Pour tartiner : Une petite quantité, équivalente à une pointe de couteau, est suffisante par tranche de pain. Privilégiez les margarines allégées et d'origine végétale.
- ❖ Pour assaisonner : Choisissez des huiles comme l'huile d'olive, de noix, de colza ou de soja, en limitant l'utilisation à une cuillère à soupe par préparation.
- ❖ Concernant les produits gras : Préférez les sauces allégées telles que les dressings, les yogourts allégés ou les vinaigrettes légères, plutôt que les mayonnaises et autres sauces classiques, qui contiennent davantage de graisses. Notez également que des graisses « cachées » se trouvent dans certains aliments comme les viandes et les produits laitiers, d'où l'importance de sélectionner des options plus maigres.

### 2.1.2.2 Les limites de la consommation de graisses

Qu'elles soient d'origine animale (beurre, crème...), végétale (huiles...) ou de source industrielle, les graisses sont présentes dans de nombreux aliments. Elles sont aussi utilisées dans les préparations des repas.

- ❖ Mesurer les graisses utilisées en cuisine et privilégier les huiles végétales ;
- ❖ Opter pour des ustensiles dotés d'un revêtement antiadhésif ;
- ❖ Choisir des méthodes de cuisson sans ajout de matières grasses (vapeur, grill, papillote);
- ❖ Utiliser une feuille de papier absorbant avant de servir pour diminuer la quantité de graisses ;
- ❖ Préparer vos sauces maison ;
- ❖ Vérifier les étiquettes des produits alimentaires. Celles-ci indiquent généralement la quantité totale de lipides : un produit contenant plus de 10 % de graisses (10 g de lipides pour 100 g) est considéré comme gras. Elles peuvent également préciser la proportion de graisses saturées et insaturées [39].

Pour atténuer les effets néfastes des graisses, il est également conseillé de :

- ❖ Pratiquer une activité physique régulière ;
- ❖ Limiter sa consommation d'alcool ;
- ❖ Cesser de fumer, car la fumée du tabac renferme des substances nocives pour les artères. Elle réduit le taux de HDL-cholestérol (bon cholestérol) et favorise l'accumulation de LDL-cholestérol (mauvais cholestérol) sur les parois artérielles.

### 2.1.3 Diabète et glucides (ou sucres) dans l'alimentation

Les glucides sont des nutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, car ils apportent de l'énergie, notamment au cerveau, aux nerfs et aux muscles. On distingue 2 grands groupes de glucides :

- ❖ Les **glucides complexes** sont assimilés (absorbés) lentement par l'organisme et font augmenter progressivement le taux de sucre dans le sang (glycémie). Composés de plusieurs glucides simples, les glucides complexes sont absorbés plus lentement au cours de la digestion. On les trouve principalement dans les féculents (pain complet, céréales, riz, pâtes, légumes secs, pommes de terre...) Certains glucides complexes (pain blanc, par exemple) peuvent être absorbés plus rapidement [40].

- ❖ **Les glucides simples** sont rapidement assimilés (absorbés) par le corps, entraînant une élévation rapide du taux de sucre dans le sang. Constitués d'une ou deux unités moléculaires, ces glucides sont rapidement convertis en énergie par l'organisme ou stockés sous forme de graisses par le foie. On les retrouve dans des aliments sucrés tels que les fruits, les confiseries, les boissons sucrées, le miel et le lait, ainsi que dans certaines sauces industrielles comme le ketchup et la sauce barbecue [40].



**Figure 6 :** Les glucides simples et les glucides complexes [40]

### 2.1.3.1 L'importance de faire attention aux glucides

Les glucides apportés par l'alimentation passent dans le sang sous forme de glucose. Les cellules du corps vont utiliser le glucose pour couvrir leurs besoins en énergie. Lorsque le glucose est présent en quantité supérieure aux besoins de l'organisme, il est converti et stocké sous forme de lipides, ce qui peut entraîner un gain de poids [41]. En général, un repas équilibré comprend :

- ❖ des glucides complexes sous forme de féculents ;
- ❖ des glucides simples sous forme de fruits, par exemple.

L'intégration de ces deux catégories de glucides, qui sont absorbés à des rythmes distincts, contribue à une meilleure régulation de la glycémie. Cela :

- ❖ préserve des chutes significatives de la glycémie tout au long de la journée ;
- ❖ réduit les envies de grignotage entre les repas.

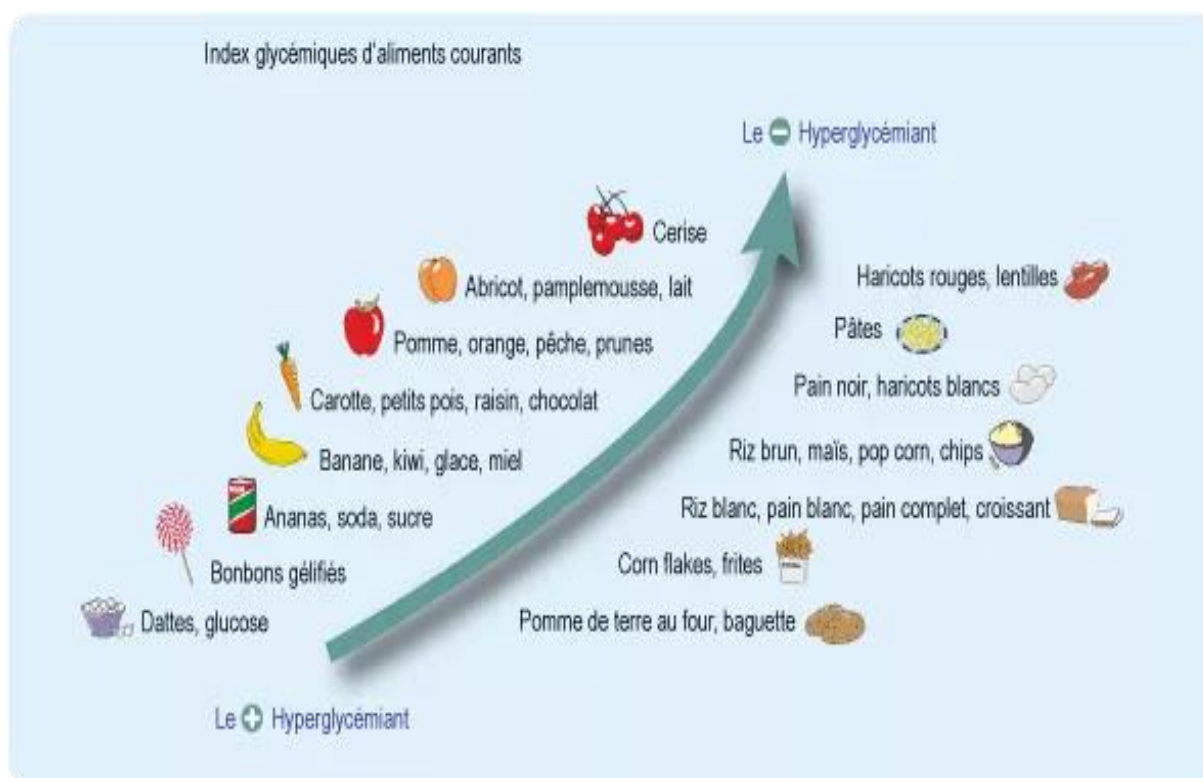
### 2.1.3.2 Indes glycémique des aliments

L'index glycémique, également désigné sous le terme d'indice glycémique ou IG, mesure la rapidité avec laquelle un aliment peut augmenter le taux de glucose dans le sang sur une période déterminée. Cet indice aide à comprendre l'impact des différents aliments sur la glycémie et encourage la sélection d'aliments ou de méthodes de préparation qui provoquent une élévation progressive de celle-ci.

Un index glycémique élevé entraîne une augmentation rapide de la glycémie. Lorsqu'un aliment présente un index glycémique élevé, cela indique qu'il provoque une élévation rapide de la glycémie, suivie d'une chute tout aussi rapide, ce qui peut accroître la sensation de faim entre les repas [40].

L'index glycémique d'un aliment peut varier, selon :

- ❖ Le type d'aliment. Le pain blanc a un index glycémique plus élevé que le pain complet.
- ❖ Le mode de cuisson. Les pommes de terre en purée ont un index glycémique plus élevé que les pommes de terre cuites à l'eau avec la peau. En général, plus un aliment riche en glucides est cuit, plus son index glycémique est élevé.



**Figure 7 :** L'index glycémiques d'aliments courants [40]

**Tableau 6 :** Explication pour la photo précédente

<b>Aliments courants les plus hyperglycémiant</b>	<b>Aliments courants moyennement hyperglycémiant</b>	<b>Aliments courants les moins hyperglycémiant</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dattes, glucose</li> <li>❖ Bonbons gélifiés</li> <li>❖ Ananas, soda, sucre</li> <li>❖ Pommes de terre au four, baguette</li> <li>❖ Corn flakes, frites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Banane, kiwi, glaces, miel</li> <li>❖ Carotte, petits pois, raisin, chocolat</li> <li>❖ Riz blanc, pain blanc, pain complet, croissant</li> <li>❖ Riz brun, maïs, pop-corn, chips</li> <li>❖ Pain noir, haricots blancs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Pomme, orange, pêche, prunes</li> <li>❖ Abricot, pamplemousse, lait</li> <li>❖ Pâtes</li> <li>❖ Haricots rouges, lentilles</li> <li>❖ Cerise</li> </ul>

### 2.1.3.3 Glucides et équilibre des repas : astuces pour une alimentation équilibrée

- ❖ Adopter une alimentation équilibrée implique de choisir des aliments variés, sans restrictions, en mettant l'accent sur ceux qui sont bénéfiques pour la santé, tels que les fruits, les légumes, les féculents et les poissons, tout en limitant la consommation d'aliments riches en sucres, en sel et en graisses.
- ❖ Privilégier les aliments riches en fibres: légumes, fruits, céréales... car les fibres régulent la glycémie en ralentissant l'absorption des glucides qu'elles accompagnent. Elles aident aussi à se sentir rassasié.
- ❖ Il est recommandé de consommer des féculents à chaque repas, en veillant à respecter des portions raisonnables.
- ❖ Il convient d'éviter le grignotage et de prêter attention aux étiquettes des produits alimentaires.
- ❖ Enfin, il est important de garder à l'esprit que l'équilibre alimentaire se construit sur l'ensemble de la semaine et non sur un seul repas [42].

### 2.1.4 Les bienfaits des fibres alimentaires chez le diabétique

Les fibres alimentaires jouent un rôle essentiel dans le processus de digestion des aliments. Elles contribuent à la régulation de la glycémie en influençant la vitesse à laquelle les

glucides présents dans les féculents sont absorbés. Grâce à une absorption progressive des glucides, le taux de sucre dans le sang augmente également de manière plus lente. Il est donc bénéfique de les combiner avec des glucides. Pour cette raison, il est conseillé d'en inclure à chaque repas.

De plus, elles facilitent le transit intestinal et favorisent une sensation de satiété. Elles participent également à la diminution du taux de « mauvais cholestérol ». Parmi les aliments riches en fibres :

- ❖ les légumes (légumes\_secs, légumes verts) ;
- ❖ les fruits (pommes, fraises) ;
- ❖ les aliments céréaliers complets (pain, pâtes, riz complets) et autres féculents.

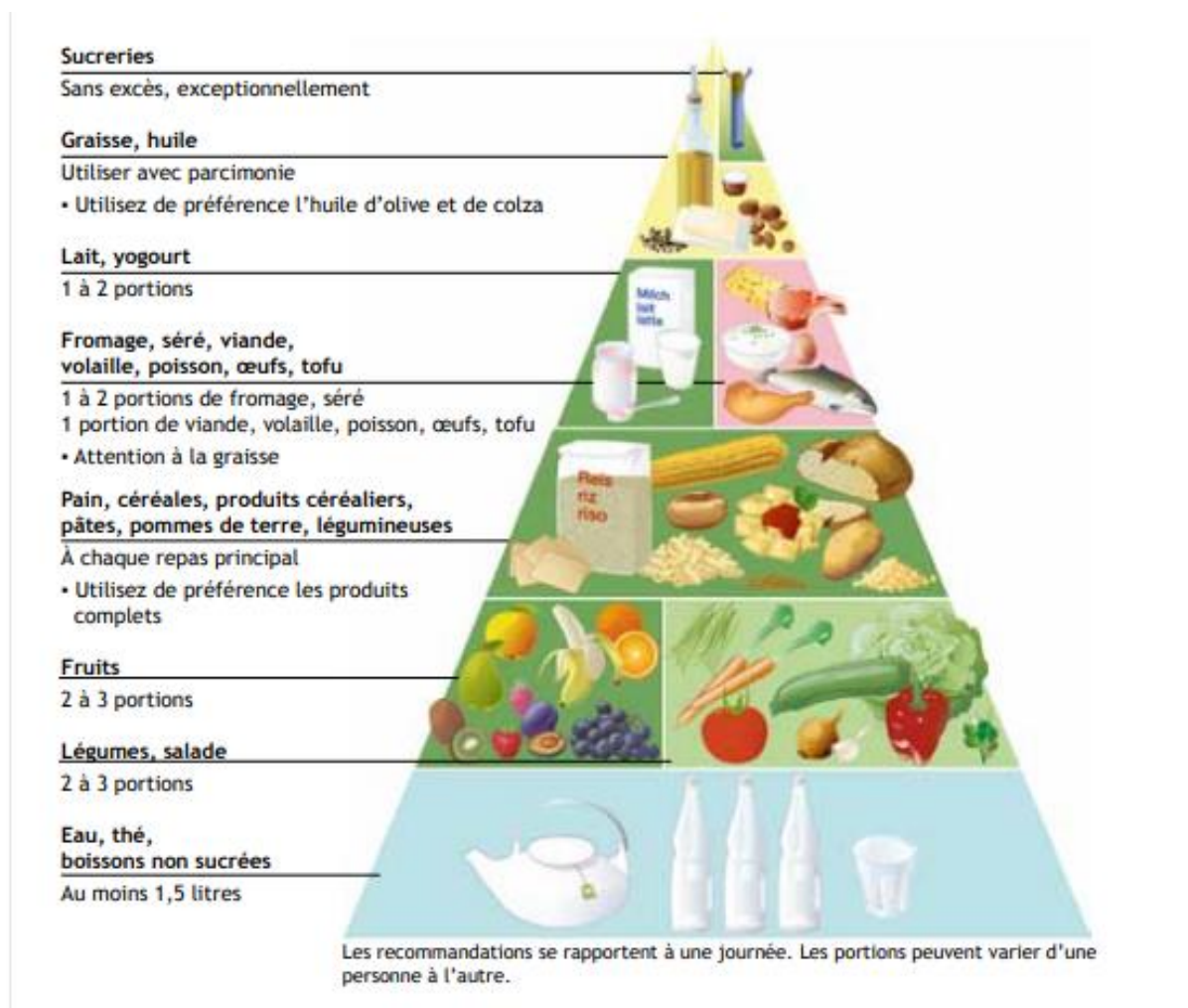
### **2.1.5 Le sel : prudence en cas de diabète**

Le sel fournit du sodium, qui est essentiel pour le bon fonctionnement de l'organisme. Cependant, une consommation excessive peut contribuer à l'hypertension artérielle et accroître le risque de maladies cardiovasculaires. Il est conseillé de respecter la quantité quotidienne raisonnable.

### **2.1.6 Conseils de base générale**

- ❖ Préparez vos repas le plus souvent possible avec des aliments frais et peu transformés.
- ❖ Variez votre alimentation en incluant une large gamme d'aliments.
- ❖ Prenez le temps d'apprécier chaque bouchée de ce que vous consommez.
- ❖ Soyez attentif à vos signaux de faim et de satiété, et respectez-les.
- ❖ Consommez trois repas par jour à des horaires réguliers et évitez de sauter des repas.
- ❖ Si nécessaire, optez pour une collation nutritive afin de satisfaire votre faim entre les repas, répondre à vos besoins nutritionnels ou prévenir une hypoglycémie, le cas échéant.
- ❖ Favorisez les aliments riches en fibres, tels que les produits céréaliers à grains entiers, les légumineuses, les fruits et légumes entiers avec leur peau, ainsi que les noix et les graines.
- ❖ Choisissez des aliments faibles en sodium.
- ❖ Soyez vigilant quant à la quantité et à la qualité des glucides que vous consommez, en veillant à les répartir de manière équilibrée tout au long de la journée. Les aliments

figurant dans la section jaune de l'assiette équilibrée sont des sources de glucides susceptibles d'augmenter la glycémie. Consultez notre article sur les glucides pour obtenir davantage d'informations [43].



**Figure 8 :** La pyramide alimentaire pour personne diabétique

## 2.2 Le surpoids ou l'obésité et nutrition

Pour établir une alimentation adaptée à la prévention et à la gestion de l'obésité, il est essentiel de s'appuyer sur des données scientifiques fiables. De nombreuses recherches ont démontré que la consommation régulière de fruits et légumes, qui sont riches en vitamines, minéraux et fibres, est liée à une réduction du risque d'obésité [44]. Par ailleurs, l'intégration de protéines maigres, de glucides complexes et de graisses saines constitue des éléments fondamentaux d'un régime équilibré pour les individus en surpoids ou obèses [45]. En revanche, certains aliments ont un effet néfaste sur la santé et doivent donc être évités. Cela inclut les aliments riches en sucres, en graisses saturées et en acides gras trans, qui peuvent favoriser la

prise de poids et aggraver les problèmes de santé associés à l'obésité [46]. De plus, les aliments ultra-transformés et ceux ayant un index glycémique élevé sont également à proscrire, car ils peuvent entraîner une surconsommation de calories et perturber l'équilibre glycémique [47].

## **2.2.1 Les aliments à privilégier en cas d'obésité**

### **2.2.1.1 Les fruits et légumes**

Les fruits et légumes jouent un rôle essentiel dans la prévention et la gestion de l'obésité grâce à leur haute teneur en vitamines, minéraux et fibres [48]. Les fibres, en particulier, favorisent la sensation de satiété, ce qui permet de diminuer l'apport calorique et d'éviter la prise de poids [49].

De plus, les fruits et légumes sont habituellement peu caloriques, ce qui permet de les ingérer en grande quantité sans risquer un déséquilibre énergétique. Il est conseillé de manger au minimum cinq portions de fruits et légumes chaque jour, en favorisant une large gamme de couleurs afin d'optimiser l'apport en nutriments [50].

Parmi les fruits et légumes à privilégier, on peut citer les légumes à feuilles vertes (épinards, chou frisé, blettes), les légumes crucifères (brocoli, chou-fleur, choux de Bruxelles), les baies (fraises, myrtilles, framboises) et les agrumes (oranges, pamplemousses, citrons).

### **2.2.1.2 Les protéines maigres**

Les protéines sont essentielles pour la régulation du poids, car elles contribuent à la sensation de satiété et soutiennent le maintien de la masse musculaire durant un processus de perte de poids [51].

Il est essentiel d'intégrer des sources de protéines maigres dans son régime alimentaire afin de combattre l'obésité. Les protéines maigres se caractérisent par leur faible teneur en matières grasses, incluant des aliments tels que la volaille sans peau, le poisson, les œufs, les légumineuses (comme les lentilles, les pois chiches et les haricots).

Il est conseillé de privilégier les poissons gras, tels que le saumon, le maquereau, les sardines et les anchois, en raison de leur richesse en acides gras oméga-3, qui offrent des effets anti-inflammatoires et protègent le cœur [52]. Selon les recommandations actuelles, il est recommandé de consommer ces poissons gras au moins deux fois par semaine.

### 2.2.1.3 Les glucides complexes

Les glucides complexes sont des aliments qui influencent la glycémie de manière modérée, à l'opposé des glucides simples qui entraînent des élévations rapides de la glycémie et encouragent le stockage des graisses [53].

La consommation de glucides complexes contribue à une sensation de satiété prolongée et aide à prévenir les envies de grignotage. Les glucides complexes se trouvent dans diverses sources telles que les céréales complètes (comme le riz brun, le quinoa), les légumineuses ainsi que les légumes racines (tels que la patate douce, le panais et le navet). Il est conseillé d'effectuer une transition progressive des glucides simples (comme le pain blanc, les pâtes blanches et le riz blanc) vers des glucides complexes afin d'améliorer la qualité de son alimentation et de favoriser la perte de poids [54].

### 2.2.1.4 Les bonnes graisses

Il est important de noter que toutes les graisses ne doivent pas être éliminées dans une alimentation destinée à prévenir ou à gérer l'obésité. Les acides gras monoinsaturés et polyinsaturés, souvent désignés sous le terme de "bonnes graisses", présentent des effets positifs sur la santé cardiovasculaire et peuvent également contribuer à la régulation du poids [55].

Les aliments contenant des graisses saines favorisent la sensation de satiété et apportent des nutriments essentiels, notamment les vitamines liposolubles A, D, E et K. Parmi les sources d'acides gras monoinsaturés, on peut citer l'avocat, les olives, l'huile d'olive ainsi que les noix, telles que les amandes et les noix de cajou.

Les acides gras polyinsaturés se trouvent dans les poissons gras comme le saumon, le maquereau et les sardines, ainsi que dans les graines de lin, les graines de chia et les noix. Il est crucial de privilégier ces graisses bénéfiques plutôt que les graisses saturées et les acides gras trans, qui nuisent à la santé.

Pour prévenir et gérer l'obésité, il est fondamental d'adopter une alimentation riche en fruits et légumes, en protéines maigres, en glucides complexes et en graisses saines. Ces aliments favorisent une meilleure satiété, fournissent des nutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et ont un effet positif sur la santé cardiovasculaire. Il est important de garder à l'esprit que l'équilibre alimentaire est essentiel pour maintenir une bonne santé, et que l'application de ces recommandations doit être personnalisée en fonction des besoins spécifiques de chaque individu.

## **2.2.2 Les aliments à éviter en cas d'obésité**

### **2.2.2.1 Les sucres ajoutés**

Les sucres ajoutés sont identifiés comme des facteurs contribuant à l'augmentation de poids et à l'apparition de l'obésité [56]. On les retrouve dans une variété d'aliments transformés, notamment les boissons sucrées, les bonbons, les produits de boulangerie et les céréales pour le petit-déjeuner.

Une consommation excessive de sucres ajoutés peut conduire à une augmentation de l'apport calorique, à une résistance à l'insuline et à une hausse des niveaux de triglycérides dans le sang [57]. Il est donc conseillé de restreindre la consommation de produits contenant des sucres ajoutés et de favoriser les aliments naturellement sucrés, tels que les fruits.

### **2.2.2.2 Les graisses saturées et les acides gras trans**

Les acides gras trans et les graisses saturées sont particulièrement nuisibles à la santé du cœur et peuvent favoriser l'apparition de l'obésité [58].

Les graisses saturées se retrouvent dans les aliments d'origine animale, notamment la viande rouge, les produits laitiers entiers et le beurre, ainsi que dans certaines huiles végétales, telles que l'huile de palme. Les acides gras trans, quant à eux, se trouvent dans des aliments transformés, tels que les margarines, les collations et les produits de boulangerie.

Il est recommandé de restreindre l'apport de ces graisses et de les substituer par des sources de graisses saines, comme celles évoquées précédemment.

### **2.2.2.3 Les aliments ultra-transformés**

Les aliments ultra-transformés désignent des produits ayant subi plusieurs transformations industrielles et qui incluent fréquemment des additifs, des conservateurs et des colorants [59].

Ces aliments sont souvent élevés en calories, en sucres, en graisses saturées et en sel, tout en étant déficients en fibres et en micronutriments [60]. Des recherches indiquent que la prise d'aliments ultra-transformés est liée à une hausse du risque d'obésité, de diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires [61].

Il est donc conseillé de favoriser les aliments frais et peu transformés, tout en réduisant la consommation d'aliments ultra-transformés.

#### **2.2.2.4 Les aliments à index glycémique élevé**

L'indice glycémique (IG) évalue l'effet des aliments riches en glucides sur le taux de sucre dans le sang. Les aliments ayant un IG élevé entraînent une augmentation rapide et significative de la glycémie, ce qui peut encourager l'accumulation de graisses et contribuer à l'apparition de l'obésité [62].

Les aliments ayant un index glycémique élevé comprennent des produits raffinés tels que le pain blanc, les pâtes blanches, les biscuits et les céréales élaborées à partir de farine blanche. Il est conseillé de substituer ces aliments par des options à index glycémique bas ou modéré, telles que les céréales complètes et les légumineuses.

En résumé, pour prévenir et gérer l'obésité, il est essentiel d'éviter les aliments riches en sucres ajoutés, en graisses saturées et en acides gras trans, ainsi que les produits ultra-transformés et ceux à index glycémique élevé. Favoriser une alimentation riche en fruits et légumes, en protéines maigres, en glucides complexes et en graisses saines peut contribuer à maintenir un poids corporel adéquat et à diminuer le risque de complications associées à l'obésité.

### **2.3 Conseils pour chaque famille d'aliments**

#### **2.3.1 Les boissons**

L'organisme nécessite un minimum de 1,5 litre d'eau quotidiennement, ce qui correspond à environ 8 grands verres. Il est également possible de se désaltérer avec d'autres boissons non sucrées telles que le thé, le café, les tisanes, le jus de légumes ou un bouillon de légumes peu salé.

Il est donc conseillé d'éviter les boissons sucrées telles que les colas, les limonades, les citronnades. Vous pouvez éventuellement opter pour leurs versions édulcorées (cola light, limonade light, etc.) : « Néanmoins, il est important de les consommer avec modération et de prêter attention aux étiquettes, car certaines de ces boissons contiennent encore une certaine quantité de sucre ! ».

#### **2.3.2 Les légumes**

Il est recommandé de consommer au moins 400 g de légumes par jour, qu'ils soient cuits (préparés avec un minimum de matières grasses), crus (accompagnés d'une sauce légère) ou en potage. Les légumes fournissent des vitamines, des minéraux et des fibres, tout en procurant une sensation de satiété importante pour un apport calorique très faible.

En ce qui concerne les fruits, ils sont également une source de vitamines, de minéraux et de fibres. Toutefois, leur teneur naturelle en sucre incite à les consommer de préférence en fin de repas (ou comme collation selon votre régime), avec un maximum de deux portions par jour.

### **2.3.3 Les féculents**

Les féculents constituent une source importante d'énergie, c'est pourquoi il est recommandé d'en inclure à chaque repas.

Selon les conseils de plusieurs spécialistes : « Il est préférable de les consommer sous leur forme intégrale » (pain gris, pain complet, céréales complètes, pâtes et riz complets, légumineuses, etc.), car ils seront métabolisés plus lentement par votre corps par rapport à leurs versions raffinées (pain blanc, produits à base de farine blanche, pâtes blanches, etc.).

Veillez à contrôler les portions, car le produit final de la digestion de ces aliments se transforme en sucre.

### **2.3.4 Les produits laitiers et les alternatives végétales enrichies en calcium**

Concernant les produits laitiers, il est conseillé d'en consommer au minimum deux fois par jour. Cela peut inclure un verre de lait demi-écrémé, un yaourt nature ou aux fruits avec édulcorant, un fromage blanc nature ou aux fruits édulcoré, une crème dessert édulcorée ou encore un fromage maigre (c'est-à-dire contenant moins de 20 g de matières grasses pour 100 g de produit).

Privilégiez les options allégées en matières grasses et toujours « sans sucre ajouté » ou édulcorées.

### **2.3.5 Les viandes, volailles, poissons et œufs**

Il est recommandé de ne pas dépasser une consommation de 120 à 150 g de viande par jour. Limitez la viande rouge et la viande hachée à une fois par semaine au maximum.

Concernant les charcuteries, privilégiez les options maigres, telles que le jambon d'épaule, le filet de poulet ou de dinde. Il est conseillé de consommer du poisson deux fois par semaine, dont une fois un poisson gras comme le saumon ou le maquereau.

De plus, il est possible de substituer la viande par des alternatives végétariennes telles que le tofu, le miso, le tempeh, le seitan et le quorn, tout en faisant attention à leur teneur en sel.

## *Chapitre 03*

### **3 Chapitre 03 : L'apprentissage automatique**

L'intelligence artificielle (IA) vise à développer des entités. Dans ce sens, il s'agit de reproduire la capacité humaine à résoudre des problèmes, une compétence souvent citée comme une définition de l'intelligence. Il n'existe pas de définition qui fasse consensus, bien que des chercheurs aient tenté de définir formellement l'intelligence. L'objectif de l'homme est de reproduire son intelligence afin d'automatiser certaines tâches. Il est essentiel de souligner la distinction marquée entre l'IA et l'apprentissage automatique. Ce dernier représente une sous-catégorie de l'IA, caractérisée par un système capable de s'améliorer par l'expérience, tandis que l'IA peut se limiter à un ensemble de règles et d'heuristiques [63].

#### **3.1 L'intelligence artificielle (IA)**

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique et des mathématiques rassemblant un ensemble de techniques algorithmiques et de théories destinées à créer des machines capables de simuler l'intelligence humaine. Son objectif principal est de reproduire des capacités intellectuelles afin de résoudre des problèmes complexes. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de modéliser l'intelligence humaine comme un phénomène, comme cela pourrait être fait dans le domaine de la physique, de la chimie ou de la biologie[63].

#### **3.1 L'apprentissage automatique**

L'apprentissage automatique, aussi appelé apprentissage machine ou encore auto-apprentissage, désigne une branche de l'intelligence artificielle (IA) qui utilise des algorithmes afin d'imiter la capacité de raisonnement de l'être humain. Ce domaine de recherche est actuellement utilisé dans divers secteurs et aide les individus dans leurs processus décisionnels ainsi que dans la résolution de problèmes complexes.

L'apprentissage automatique fonctionne à l'aide d'algorithmes capables de traiter une quantité considérable de données, qui seraient impossibles à analyser par des moyens humains. Avec le temps, les capacités de stockage et de traitement des données ont connu une croissance exponentielle, offrant une puissance de calcul et d'améliorer la précision des prédictions. Examinons ensemble les principes fondamentaux qui sous-tendent son fonctionnement [64].

#### **3.2 La différence entre IA et AA**

L'intelligence artificielle est un vaste domaine de l'informatique qui vise à créer des systèmes capables d'exécuter des tâches habituellement associées à l'intelligence humaine. Ce domaine comprend une variété de techniques, telles que la logique, la programmation

symbolique, les systèmes basés sur des règles et l'apprentissage automatique. Cette dernière est un sous-domaine de l'intelligence artificielle qui vise à permettre aux systèmes d'apprendre à partir de données. Plutôt que de définir des règles précises, les systèmes d'apprentissage automatique élaborent leurs propres règles en se basant sur les données d'entrée et de sortie fournies durant le processus d'entraînement [65].

**Tableau 7 : La différence entre IA et AA [65]**

<b>Machine Learning</b>	<b>Intelligence artificielle</b>
L'apprentissage automatique est une technique permettant de développer l'IA	L'IA est un concept visant à imiter l'intelligence humaine
Le ML permet aux machines d'apprendre par elles-mêmes (sans raisonnement propre).	L'IA cherche à créer des modèles capables de raisonner par eux-mêmes
Le ML permet aux machines de résoudre des problématiques spécifiques	L'IA crée des modèles capables de résoudre des tâches complexes comme un humain
Le ML n'utilise que des données structurées ou semi-structurées	L'IA peut utiliser tous types de données

### 3.3 Importance de l'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique joue un rôle crucial dans nombreux domaines, apportant des bénéfices tels qu'une prise de décision améliorée, une expérience client optimisée et un avantage concurrentiel. Il permet aux entreprises d'extraire des informations significatives à partir de vastes ensembles de données, facilitant ainsi des prévisions plus fiables et un traitement des informations plus rapide. Les algorithmes d'apprentissage automatique ont la capacité d'apprendre à partir de données sans nécessiter de programmation explicite, ce qui leur permet de créer des modèles capables d'analyser rapidement et automatiquement des ensembles de données complexes.

En outre, l'apprentissage automatique favorise une approche clinique personnalisée en fournissant des prévisions sur l'état de santé futur des patients, bien que l'interopérabilité de ces algorithmes puisse poser des défis.

En somme, l'intérêt croissant pour l'apprentissage automatique s'explique par des éléments tels que la diminution des coûts de calcul, ainsi que l'accessibilité et le stockage des

données. Cela en fait un outil clé pour les entreprises cherchant à obtenir un avantage concurrentiel et à prendre des décisions éclairées. L'apprentissage automatique s'affirme ainsi comme un instrument indispensable dans les technologies contemporaines, offrant des solutions innovantes et efficaces à des problématiques complexes et jouant un rôle crucial dans la transformation numérique [66].

### 3.4 Certaines applications de l'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique à un large éventail d'applications dans divers secteurs. Voici quelques-unes des principales :

- ❖ **Reconnaissance d'images** : identification de maladies à partir d'images médicales telles que les radiographies et les IRM, ainsi que la reconnaissance faciale utilisée pour des applications de sécurité, d'authentification et sur les réseaux sociaux.
- ❖ **Traitement du langage naturel (TLN)** : traduction automatique de textes ou de discours, assistants virtuels capables de comprendre et de répondre à des commandes vocales, ainsi que l'analyse des sentiments pour évaluer les opinions et émotions des consommateurs.
- ❖ **Prévision et analyse de données** : prévisions financières pour étudier les marchés et anticiper les fluctuations des prix des actions, ainsi que l'évaluation et la gestion des risques dans les domaines de l'assurance et des prêts.
- ❖ **Véhicules autonomes** : véhicules capables de circuler de manière autonome grâce à des capteurs et des algorithmes d'apprentissage automatique, ainsi que des drones utilisés pour la livraison, la surveillance et la cartographie.
- ❖ **Recommandation de produits** : systèmes de recommandation en commerce électronique qui suggèrent des articles aux utilisateurs en fonction de leur historique d'achats, et plateformes de streaming qui offrent des films, séries et musiques en adéquation avec les préférences de l'utilisateur.
- ❖ **Détection de fraude** : identification des modèles de fraude dans les transactions bancaires et les cartes de crédit, et détection des activités suspectes et des cyberattaques ;
- ❖ **Applications de l'IA générative** : les techniques d'IA peuvent être mises en œuvre pour développer des applications d'IA générative, permettant de produire automatiquement du texte, des images ou de la musique.
- ❖ **Amélioration continue et innovation** : l'IA, et plus particulièrement l'IA générative, joue un rôle essentiel dans l'optimisation continue des processus et des produits,

facilitant des améliorations constantes basées sur les données et des retours d'information en temps réel [66].

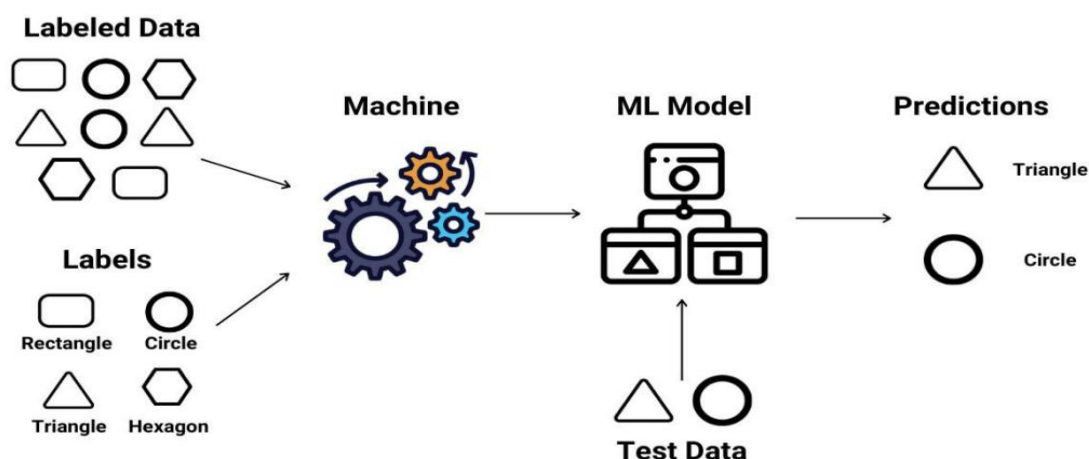
### 3.5 Types d'apprentissage automatique

Apprentissage supervisé	Apprentissage non supervisé	Apprentissage semi-supervisé	Apprentissage par renforcement
Modèle entraîné à l'aide d'un ensemble de données étiquetées. À chaque entrée correspond une sortie connue	Modèle entraîné avec des données non étiquetées	Modèle entraîné avec un petit ensemble de données étiquetées et un grand ensemble de données non étiquetées	Un agent apprend à prendre des décisions en interagissant avec un environnement dynamique

**Figure 9:** Les types d'apprentissage automatique [66]

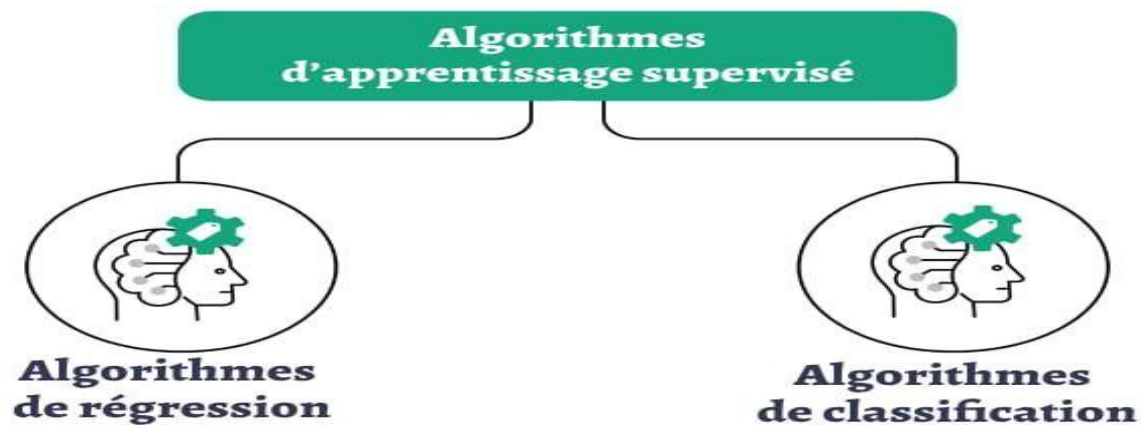
#### 3.5.1 Apprentissage supervisé

L'apprentissage supervisé repose sur l'utilisation d'une vérité, ce qui signifie que nous possédons une connaissance préalable des valeurs de sortie attendues pour nos échantillons. Ainsi, l'objectif de ce type d'apprentissage est de développer une fonction qui, en tenant compte d'un ensemble de données et des résultats escomptés, établit au mieux la relation entre les entrées et les sorties observées dans les données [67].



**Figure 10 :** L'apprentissage supervisé [67]

Dans l'apprentissage supervisé, on a deux types d'algorithmes :



**Figure 11 :** Les types d'algorithmes de l'apprentissage supervisé [68]

- ❖ **Les algorithmes de régression**, qui cherchent à prédire une valeur continue, une quantité.
- ❖ **Les algorithmes de classification**, qui cherchent à prédire une classe/catégorie.

Il existe une variété d'algorithmes d'apprentissage supervisé, chacun présentant des atouts et des limites spécifiques. Parmi les algorithmes les plus fréquemment utilisés en apprentissage supervisé, on trouve :

### 3.5.1.1 Régression Linéaire

Les algorithmes de régression linéaire sont largement employés par les équipes de science des données. Ils permettent d'établir des corrélations simples entre deux variables au sein d'un ensemble de données. Un groupe d'entrées et leurs sorties associées sont analysés et quantifiés afin de démontrer une relation, par exemple, comment la variation d'une variable influence une autre. Les régressions linéaires se traduisent graphiquement par des lignes.

La popularité de la régression linéaire réside dans sa simplicité. Cet algorithme est facilement compréhensible, relativement transparent et nécessite peu de paramètres à ajuster. Bien établi dans le domaine des statistiques, ce type d'algorithme est fréquemment utilisé pour anticiper des ventes ou évaluer des risques.

La régression linéaire constitue la solution idéale lorsque l'on souhaite « prédire une valeur ou une catégorie », affirme Shekhar Vemuri, directeur technique de Clairvoyant, une entreprise spécialisée en analytique [69].

### **3.5.1.2 Machine à vecteurs de support (SVM)**

Les Machines à Vecteurs de Support (SVM) constituent des algorithmes de classification qui permettent de diviser des données en plusieurs catégories en identifiant un hyperplan qui optimise les marges entre celles-ci. Bien qu'ils soient considérés comme des classificateurs linéaires, leur efficacité s'étend également aux données non linéaires, même si cela rend leur utilisation plus complexe. Très prisés dans le secteur financier en raison de leur précision, les SVM trouvent également des applications en vision par ordinateur et en traitement du langage naturel pour la classification d'images et de textes [69].

### **3.5.1.3 Arbre de décision**

Les arbres de décision constituent des algorithmes visuels qui permettent de classer et de prédire des résultats en se basant sur des décisions antérieures, rendant ainsi l'interprétation des données accessible aux non-spécialistes. Bien qu'ils soient performants pour des ensembles de données simples et des décisions à faible enjeu, leur clarté tend à diminuer lorsque les volumes de données augmentent et que les variables deviennent plus complexes. Ils sont fréquemment employés pour des analyses telles que les fluctuations des taux d'emprunt ou les réactions du marché face à des modifications de produits. Jeff Fried, responsable de la gestion des produits chez InterSystems, met en avant leur popularité en raison de leur aptitude à illustrer divers résultats sans nécessiter l'intervention de spécialistes en données [69].

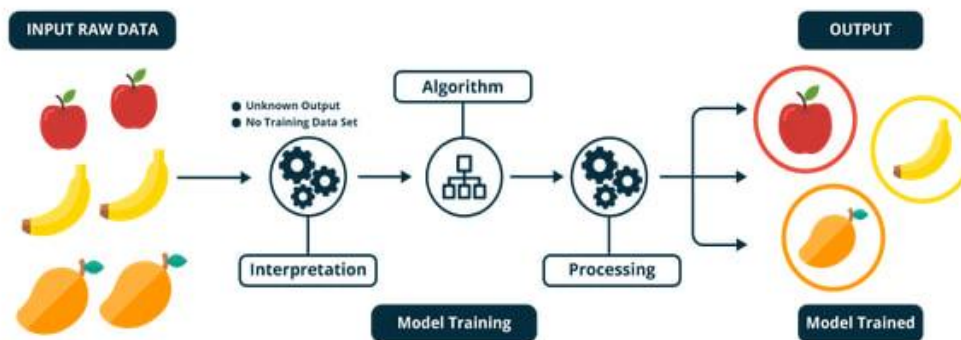
### **3.5.1.4 La répartition en K-moyennes (K-means)**

L'algorithme K-means utilise une approche itérative pour regrouper des points de données en fonction de caractéristiques communes. Par exemple, un tel modèle pourrait classer les résultats de recherche pour le terme "talisman" en un groupe lié à un objet ayant des propriétés protectrices, et un autre groupe pour le modèle de voiture de la marque Renault, la berline Renault Talisman.

La méthode K-means est reconnue pour sa précision et sa capacité à traiter des ensembles de données en un temps relativement court. Cet algorithme est couramment employé par les moteurs de recherche pour fournir des résultats pertinents, ainsi que par des entreprises cherchant à analyser les comportements des utilisateurs. De plus, cette technique se révèle efficace dans le domaine de l'analyse des performances informatiques [69].

### 3.5.2 Apprentissage non supervisé

Les algorithmes d'apprentissage automatique non supervisés sont employés lorsque les données utilisées pour former le modèle ne sont ni classées ni annotées. Ce modèle analyse ses données d'entraînement afin de déduire une fonction qui révèle une structure sous-jacente présente dans ces données. À aucun moment, le système n'a la certitude de connaître la sortie correcte. Il se base plutôt sur des inférences tirées des ensembles de données pour déterminer ce que la sortie devrait être [69].



**Figure 12 :** Les algorithmes d'apprentissage automatique non supervisés [69]

Les algorithmes de ce type d'apprentissage peuvent être utilisés pour trois types de problèmes :

- **Association** : il s'agit d'un problème visant à identifier des règles qui caractérisent de larges segments de données. Par exemple, dans le cadre d'une étude sur les comportements d'achat d'un groupe de consommateurs, il a été observé que les individus qui acquièrent un certain produit ont également tendance à se procurer un autre produit particulier.
- **Regroupement** : ce problème consiste à identifier les regroupements naturels présents dans les données, comme le classement des clients en fonction de leurs comportements d'achat.
- **La réduction de dimension** : l'objectif ici est de diminuer le nombre de variables à considérer lors de l'analyse.

### 3.5.3 Apprentissage semi-supervisé

Les méthodes d'apprentissage semi-supervisé intègrent à la fois des données annotées et non annotées. Les algorithmes de ce type tirent parti d'informations provenant de catégories

étiquetées, de recommandations et d'exemples. Par la suite, ils génèrent leurs propres étiquettes en analysant les données de manière autonome, en s'appuyant sur un modèle simple ou sur les conseils de data scientists.

### **3.5.3.1 Réseaux antagonistes génératifs**

Les réseaux antagonistes génératifs (GAN) sont des modèles qui reproduisent la distribution de données en opposant deux réseaux neuronaux : le générateur et le discriminateur. Le générateur produit des résultats à partir de données d'entrée, tandis que le discriminateur analyse ces résultats pour identifier les imperfections et les corriger. Ce processus itératif permet d'améliorer continuellement les résultats.

Dans le secteur industriel, les GAN peuvent être appliqués à la fabrication de pièces, même en utilisant des données d'entrée restreintes. Un ingénieur spécifie les dimensions et les paramètres nécessaires pour élaborer un modèle en 3D, ce qui permet d'optimiser la forme, la structure et les matériaux. Dans le domaine de l'audiovisuel, cette méthode est également utilisée pour créer des visages, des objets et de la musique [69].

### **3.5.3.2 Classificateur bayésien naïf**

Le classificateur bayésien naïf repose sur le théorème de Bayes, qui est basé sur les probabilités conditionnelles. Cet algorithme est employé par les chercheurs pour identifier des catégories d'objets dans des ensembles de données étiquetés. Par la suite, il est formé sur des données non étiquetées. Une fois ce processus achevé, les chercheurs attribuent les étiquettes et recommencent l'entraînement. Cette méthode est particulièrement prisée dans le domaine du traitement du langage naturel ou pour étiqueter des ensembles de données sans recourir à des services tels qu'Amazon Mechanical Turk. Plusieurs éditeurs, y compris TIBCO Software, intègrent la classification bayésienne naïve dans leurs solutions, comme TIBCO Cloud Metadata [69].

### **3.5.4 Apprentissage par renforcement**

L'apprentissage par renforcement est une méthode qui s'apparente à l'apprentissage supervisé, mais qui ne repose pas sur des échantillons de données pour former l'algorithme. Ce type d'apprentissage, basé sur le principe d'essais et d'erreurs, permet d'entraîner la machine en lui attribuant des renforcements positifs (récompenses) ou négatifs (pénalités) selon les résultats obtenus. Les algorithmes développés de cette manière sont capables de résoudre des problèmes

complexes en expérimentant différentes approches jusqu'à identifier celle qui offre la meilleure récompense. Par exemple, c'est grâce à l'apprentissage par renforcement que l'intelligence artificielle d'IBM, Watson, a pu perfectionner sa prise de décision, lui permettant de gagner le jeu télévisé américain Jeopardy en 2011 [64].

## *Chapitre04*

## **4 Chapitre 04 : Les critères de base pour donner un régime alimentaire en fonction de la maladie**

L'élaboration d'un régime alimentaire adapté ne peut se faire sans une évaluation préalable de plusieurs critères essentiels liés à l'état de santé du patient. Avant toute recommandation nutritionnelle, il est indispensable d'analyser des paramètres de base tels que le poids, la taille et l'indice de masse corporelle (IMC), qui permettent d'évaluer la corpulence et les risques associés. À cela s'ajoutent des données biologiques précieuses, notamment les analyses sanguines, qui renseignent sur le taux de glucose, le cholestérol, les triglycérides, et d'autres marqueurs métaboliques. Ces informations sont particulièrement importantes dans le cadre de maladies chroniques comme le diabète, où l'alimentation joue un rôle central dans la gestion et la prévention des complications. Ce chapitre se penche donc sur les principaux critères à prendre en compte pour proposer un régime personnalisé, en tenant compte de la nature de la maladie et du profil métabolique du patient.

### **4.1 Les principales données pour diagnostiquer l'état du corps:**

#### **4.1.1 Le poids :**

Le poids est la masse corporelle d'une personne. Il est généralement mesuré en kilogrammes (kg). Le poids peut fluctuer en fonction de l'alimentation, de l'activité physique et d'autres facteurs

#### **4.1.2 La taille**

Est la distance entre le sommet de la tête et la plante des pieds. Elle est généralement mesurée en centimètres (cm) ou en mètres (m). La taille adulte est généralement atteinte vers la fin de l'adolescence.

#### **4.1.3 L'indice de masse corporelle (IMC)**

L'indice de masse corporelle (IMC) tout simplement est une mesure simple du poids par rapport à la taille.

Il permet d'évaluer rapidement votre corpulence simplement avec votre poids corporel et votre taille, quel que soit votre sexe. Calculez rapidement votre IMC et découvrez dans quelle catégorie vous vous situez.

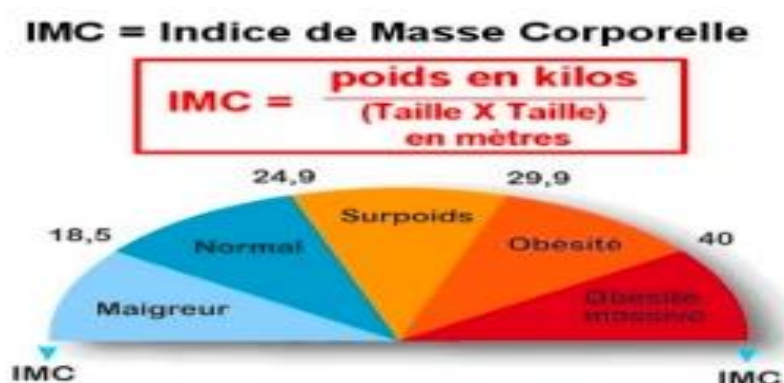
L'indice de masse corporelle (IMC) est le seul indice validé par l'Organisation mondiale de la santé pour évaluer la corpulence d'un individu et donc les éventuels risques pour la santé.

L'IMC permet de déterminer si l'on est en situation de maigreur, de surpoids ou d'obésité par exemple.

En anglais on parle de **BMI** pour Body Mass Index, et certains processus physiologiques peuvent élever l'IMC, comme la ménopause chez la femme. C'est également le cas des sportifs de haut niveau. L'interprétation de l'IMC peut donc être faussée, c'est pourquoi un avis médical est recommandé lorsque les valeurs ne sont pas dans les normes [79].

#### 4.1.3.1 La méthode de calcul l'indice de masse corporelle :

L'indice de masse corporelle ou IMC se calcule ainsi : son poids divisé par sa taille au carré.



**Figure 13:** La Formule de l'IMC et ses différentes catégories [80]

#### 4.1.3.2 Les catégories de l'indice de masse corporelle

L'IMC indique l'état de corps de la personne c.-à-d. Si l'IMC est :

- ✧ IMC inférieur à 18,4 kg/m<sup>2</sup>, la personne est considérée comme maigre,
- ✧ Entre 18,5 et 24,9 kg/m<sup>2</sup>, la corpulence est dite "normale",
- ✧ Entre 25 et 29,9 kg/m<sup>2</sup>, la personne est considérée comme étant en surpoids,
- ✧ Entre 30 à 34,9 kg/m<sup>2</sup>, il existe un risque d'obésité modérée,
- ✧ Entre 35 et 39,9 kg/m<sup>2</sup>, le risque d'obésité est sévère,
- ✧ IMC supérieur à 40 kg/m<sup>2</sup>, le risque d'obésité est morbide.

**Tableau 8 : La classification du l'indice de masse (IMC) selon OMS[81]**

IMC (en kg/m <sup>2</sup> )	Classification OMS
Entre 18,5 et 25	Corpulence normal
Entre 25 et 30	Surpoids
Entre 30 et 35	Obésité modérée
Entre 35 et 40	Obésité sévère
Entre 40 à 50	Obésité morbide
Supérieure à 50	Obésité massive

#### 4.1.3.3 L'indice de Masse corporelle chez les femmes

Le calcul de l'IMC repose sur une formule identique pour les hommes comme pour les femmes. De même, le calcul de l'IMC ne tient pas compte de l'âge. Qu'une femme ait 20 ans, 50 ans ou 70 ans, la formule utilisée pour calculer l'indice de masse corporelle reste la même. Il faut donc utiliser le calculateur de l'IMC pour savoir si votre IMC est dans la norme.

A partir de la ménopause, entre 50 et 60 ans, les femmes ont tendance à prendre du poids, parce que La ménopause perturbe le métabolisme : on dépense moins de calories au repos.

#### 4.1.3.4 Les limites de l'IMC

Il faut savoir que le calcul de l'indice de masse corporelle ne tient pas compte de la répartition des liquides. Par exemple en cas de rétention d'eau (du liquide s'infiltre dans les tissus), il arrive que l'on constate une prise de poids rapide. Or, il ne s'agit pas de kilos liés à un excès alimentaire mais d'une variation transitoire du poids.

L'IMC ne tient pas compte non plus de la répartition des masses osseuses, musculaires et en graisses dans le corps. C'est pourquoi deux personnes ayant le même IMC peuvent avoir des corpulences complètement différentes.

L'IMC reste néanmoins un indicateur utile et recommandé par les spécialistes. Si l'IMC d'un patient semble anormal et qu'il a demandé s'il est en surpoids, dans ce cas, il doit parler avec un médecin. Il pourra vous aider à interpréter votre IMC, vous prescrire si besoin des analyses complémentaires (bilan sanguin des graisses et des sucres) et vous apporter des conseils. En effet, un IMC trop bas peut parfois générer des déficits immunitaires alors qu'un IMC trop élevé peut être la conséquence de dérèglements hormonaux.

L'IMC d'un homme repose sur la même formule que celle utilisée pour calculer l'IMC d'une femme, soit  $IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille (m}^2\text{)}$ . Il est néanmoins difficile de se fier les yeux fermés au seul IMC car un homme musclé et un homme « bedonnant » peuvent avoir le même IMC pour des corpulences opposées. Même si l'IMC est normal, dans la moyenne, il sera conseillé à l'homme bedonnant d'adopter des mesures afin de réduire les risques pour sa santé, notamment liés au syndrome métabolique (anomalie de la glycémie, hypertension artérielle...).

Les sportifs, dont la masse musculaire est très développée ont un IMC élevé sans pour autant être obèses et présenter des risques pour leur santé. Dans ce cas particulier, il est donc recommandé au sportif de consulter un médecin du sport ou un expert de la nutrition.

L'obésité augmente aussi avec l'âge, passant de 10,4% chez les hommes entre 30 et 39 ans à 20,8% pour les hommes âgés de 60 à 69 ans.

## 4.2 Les analyses sanguines essentielles pour les deux maladies précédentes

### 4.2.1 La glycémie à jeun

La glycémie est le taux de glucose (sucre) présent dans le sang à un instant donné. Sa mesure s'exprime généralement en gramme de sucre par litre de sang (g/L), en milligramme de sucre par décilitre de sang (mg/dL) ou en milli moles par litre (mmol/L).

La valeur de la glycémie varie au cours de la journée, après un repas ou un effort physique par exemple. La glycémie capillaire, réalisée au bout du doigt chez soi, peut être prescrite pour adapter le traitement. La glycémie veineuse permet de s'assurer du bon fonctionnement de son appareil d'auto-mesure.

Chez l'être humain, la glycémie est régulée par plusieurs hormones, notamment **l'insuline** et le glucagon, toutes deux produites par le pancréas. L'insuline permet de faire baisser la glycémie. À l'inverse, le glucagon permet de la faire augmenter. Ainsi, la glycémie est naturellement maintenue à un taux considéré comme sain pour le corps [79].

La mesure de la glycémie à jeun est un outil clé pour prévenir, diagnostiquer et gérer les troubles liés à la régulation du glucose.

En effet, un taux de sucre dans le sang trop élevé (**hyperglycémie**) peut endommager, à long terme, plusieurs organes (yeux, cœur, pieds...) ; tandis qu'un taux de sucre dans le sang trop bas c.-à-d. Inférieure à 0,7 g/L (**hypoglycémie**) peut entraîner des conséquences graves (coma).

**Tableau 9** : Les causes et les symptômes de l'hypoglycémie et l'hyperglycémie

Les causes de l'hypoglycémie	Les causes de l'hyperglycémie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certains traitements médicamenteux perturbent la glycémie, comme des traitements contre la douleur, les troubles du rythme cardiaque, l'hypertension artérielle, etc. ;</li> <li>• Une pathologie : le diabète en fait partie.</li> <li>• Cette liste n'est pas exhaustive. D'autres facteurs comme le jeûne prolongé ou une activité physique intense sur plusieurs heures peuvent occasionner une baisse du taux de glycémie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'alimentation : une personne diabétique consommant trop de glucides peut à court ou long terme avoir une glycémie élevée ;</li> <li>• la prise de certains médicaments comme la cortisone ;</li> <li>• un stress psychologique ou physique tel une maladie, une infection ;</li> <li>• Le <b>diabète</b>.</li> </ul>
Les symptômes de l'hypoglycémie	Les symptômes de l'hyperglycémie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• des maux de <b>tête</b> ;</li> <li>• des <b>étourdissements</b> ;</li> <li>• des <b>tremblements</b> ;</li> <li>• Une <b>transpiration</b> excessive ;</li> <li>• un <b>sommeil</b> agité ;</li> <li>• une grande <b>faiblesse</b> ;</li> <li>• ou la <b>faim</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• une extrême <b>fatigue</b> ;</li> <li>• une <b>soif</b> intense ;</li> <li>• une grande <b>faim</b> ;</li> <li>• une <b>irritabilité</b> grandissante ;</li> <li>• des <b>étourdissements</b>.</li> </ul>

#### 4.2.2 L'hémoglobine glyquée HbA1c

L'hémoglobine glyquée est notée HbA1c, sur les ordonnances ou les résultats de laboratoire c.-à-d. : « Hb » correspond à hémoglobine et « A1c » est le type d'hémoglobine analysé dans le dosage.

L'hémoglobine est une protéine présente dans les globules rouges du sang et dont la fonction principale est de transporter l'oxygène jusqu'à nos organes. Elle possède aussi la propriété de se lier au glucose (sucre) quand celui-ci est présent dans le sang : lorsque l'hémoglobine est liée au glucose, on dit alors qu'elle est glyquée. Cette liaison se fait proportionnellement à la quantité de glucose dans le sang. Plus la quantité de glucose dans le sang est importante, plus il se liera à l'hémoglobine.

On connaît précisément la durée de vie des globules rouges : 2 à 3 mois. Ainsi en mesurant le pourcentage d'hémoglobine liée au glucose (appelée HbA1c ou hémoglobine glyquée), on peut connaître la **glycémie** (le taux de sucre dans le sang) moyenne au cours des semaines qui ont précédées la prise de sang [82] .

Le dosage de l'HbA1c permet de connaître la moyenne de toutes les glycémies (sucre dans le sang) des trois derniers mois. L'HbA1c mesure le taux de sucre qui se fixe sur l'hémoglobine des globules rouges. Elle s'exprime en pourcentage (%). L'HbA1c est dosée grâce à une prise de sang (sans être à jeun). Point de repère régulier dans le suivi du diabète, l'HbA1c est au cœur des échanges avec les professionnels de santé [83].

Si le pourcentage est bas, moins il y a eu de glucose circulant dans le sang, mieux le **diabète** est équilibré.

#### 4.2.2.1 La différence entre l'HbA1c et la glycémie

Contrairement à la mesure de la glycémie qui indique le taux de sucre dans le sang à un moment donné, l'HbA1c reflète le taux de sucre dans le sang moyen sur les 2 à 3 derniers mois. Ce n'est qu'une moyenne, qui ne fait pas ressortir les variations quotidiennes de la glycémie, ni le temps passé en hypoglycémie ou en hyperglycémie [84] [85].

HbA1c (%)	Glycémie moyenne (mg/dL)	Glycémie moyenne (mmol/L)
5	97 (76–120)	5,4 (4,2–6,7)
6	126 (100–152)	7,0 (5,5–8,5)
7	154 (123–185)	8,6 (6,8–10,3)
8	183 (147–217)	10,2 (8,1–12,1)
9	212 (170–249)	11,8 (9,4–13,9)
10	240 (193–282)	13,4 (10,7–15,7)
11	269 (217–314)	14,9 (12,0–17,5)
12	298 (240–347)	16,5 (13,3–19,3)

**Figure 14 :** Un tableau de correspondance entre l'HbA1c et la glycémie moyenne publié par l'association Américaine du diabète [84]

#### Remarque

Chez une personne qui n'a pas le diabète, la norme de l'hémoglobine glyquée se situe entre 4 et 6%.

#### 4.2.2.2 L'objectif d'HbA1c en cas de diabète

Pour une personne qui vit avec un diabète, il est extrêmement difficile de descendre en dessous de la norme de 6%, pour ne pas dire impossible ! Ainsi, la plupart des professionnels (le)s de santé recommandent une HbA1c inférieure ou égale à 7% (53 mmol/L) pour une grande majorité de patient(e)s qui vit avec un diabète [86].

Toutefois, c'est au médecin de déterminer un objectif d'HbA1c réaliste en fonction du profil de la personne :

- son âge
- son type de diabète
- son état de santé (présence d'éventuelles complications du diabète)
- une éventuelle grossesse

Selon ces paramètres, un objectif d'HbA1c adapté à chaque patient(e) est donc déterminé. Le plus souvent, les recommandations sont les suivantes :

- Pour les patient(e)s vivant avec un **diabète de type 1** qui sont en bonne santé : une HbA1c égale ou inférieure à 7% (53 mmol/L), voire 7,5% (58 mmol/L) pour les très jeunes enfants.
- Pour les patient(e)s vivant avec un **diabète de type 2** qui sont en bonne santé : une HbA1c égale ou inférieure à 7% (53 mmol/L), et idéalement 6,5% (48 mmol/L) si la personne est jeune et nouvellement diagnostiquée.
- Pour les patient(e)s vivant avec un diabète de type 2 qui souffrent de complications ou dont le diabète évolue depuis plus de 10 ans et qui ont des difficultés à atteindre l'objectif de 7% : une HbA1c inférieure ou égale à 8% (64 mmol/L).
- Pour les patient(e)s âgé(e)s qui souffrent de maladies ou de complications liées à leur diabète (quel que soit son type) : une HbA1c égale ou inférieure à 8% (64 mmol/L), voire 9% (75 mmol/L), peut être satisfaisante.
- Pour les patientes enceintes, quel que soit le type de diabète (type 1, type 2, **gestationnel**) : une HbA1c inférieure à 6,5% (48 mmol/L). Idéalement, ce taux d'HbA1c devrait être atteint avant que la patiente ne soit enceinte.

### 4.2.3 Le bilan lipidique

Le cholestérol et les triglycérides sont les principaux lipides (ou principales graisses) de l'organisme. Ils sont fabriqués en partie par le foie et, pour l'autre partie, proviennent de l'alimentation. Dans le sang, on distingue, au sein du « cholestérol total », le cholestérol lié aux HDL (*high density lipoproteins*) ou “ bon cholestérol ” et celui lié aux LDL (*low density lipoproteins*) ou “ mauvais cholestérol ”.

Le bilan lipidique complet, également appelé « Exploration d'une anomalie lipidique » ou « EAL », comporte le cholestérol total, les triglycérides, le HDL-cholestérol et le LDL-cholestérol [87].

#### 4.2.3.1 Le cholestérol total

Le cholestérol est un type de lipide (graisse) qui joue un rôle crucial dans le corps, car il est nécessaire à la synthèse des hormones produites par les glandes surrénales et génitales. Une partie de ce cholestérol est synthétisée par le foie, tandis que l'autre partie est apportée par notre alimentation.

Le **cholestérol** a plusieurs rôles dans le fonctionnement de notre organisme. En tant que molécule, il est le précurseur de nombreux autres éléments comme les hormones stéroïdiennes, telles que l'aldostérone et le cortisol ou d'hormones stéroïdiennes sexuelles comme l'œstrogène, la progestérone, la testostérone ou encore la vitamine D.

Bien qu'il présente de nombreux bienfaits, le **cholestérol** en excès ou hypercholestérolémie est un problème de santé publique. Il est lié à une consommation excessive d'aliments contenant du cholestérol, ce qui se répercute sur la quantité de cholestérol dans le sang.

Le taux de cholestérol total correspond aux taux de cholestérol HDL et LDL, ainsi qu'à 1/5 du taux de triglycérides. On considère que ce taux total est « normal » lorsqu'il est inférieur à 2g/L tout en sachant que cette « norme » varie selon l'état général d'une personne et de certains facteurs tels que les antécédents personnels et familiaux de maladie cardio-vasculaire, le diabète, l'hypertension artérielle, l'obésité, le tabagisme... [88].

Lorsqu'on parle d'hypercholestérolémie lorsque le taux de cholestérol dépasse les 2 grammes par litre dans le sang. Cette **hypercholestérolémie** favorise la survenue de maladies cardiovasculaires mais aussi le surpoids et l'obésité.

Âge	Cholestérol total			
	Femme		Homme	
	g/L	mmol/L	g/L	mmol/L
< 4 ans	1,60-2,20	4,13-5,68	1,55-2,15	4,00-5,55
5-9 ans	1,60-2,30	4,13-5,94	1,60-2,20	4,13-5,68
10-14 ans	1,60-2,25	4,13-5,81	1,60-2,20	4,13-5,68
15-19 ans	1,50-2,15	3,87-5,55	1,50-2,10	3,87-5,42
20-44 ans	1,30-2,30	3,35-5,95	1,55-2,40	4,00-6,20
45-59 ans	1,35-2,50	3,48-6,45	1,55-2,55	4,00-6,58
>60 ans	1,40-2,65	3,61-6,86	1,40-2,65	3,61-6,86

**Figure 15:** Le taux normal du le cholestérol total [85]

Il existe deux types de cholestérol : le cholestérol dit LDL (mauvais cholestérol) et le cholestérol HDL (bon cholestérol).

#### 4.2.3.2 Le HDL-Cholestérol

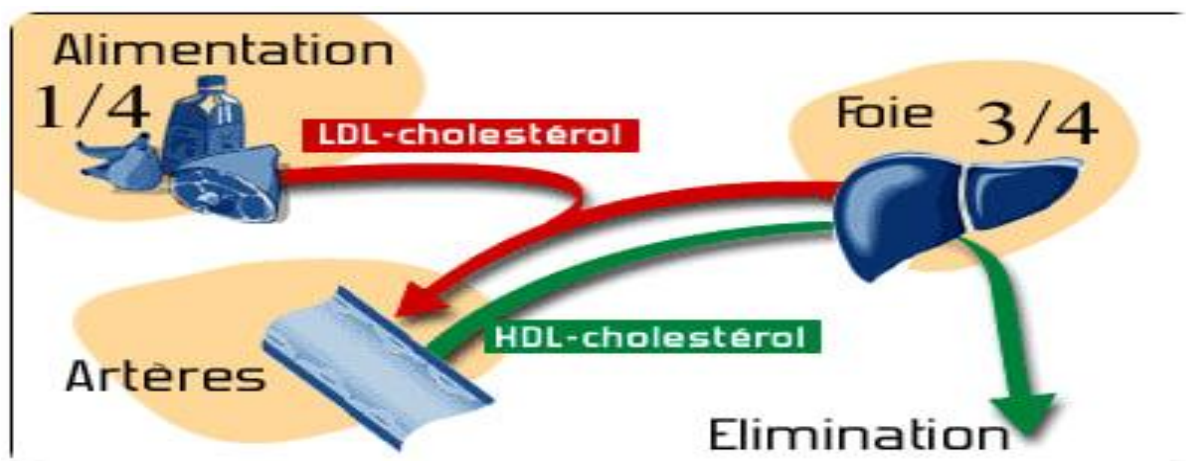
Il s'agit d'une lipoprotéine de haute densité (HDL ou "high density protein"), qui a pour fonction de transporter l'excédent de cholestérol dans le sang vers le foie et qui participe ainsi à l'élimination de cette graisse par l'organisme. Cette variable représente le "bon" cholestérol, celui pour lequel il est préférable d'obtenir des valeurs fortes. Plus le taux sanguin de HDL-cholestérol est élevé, plus le risque d'athérosclérose (lorsqu'il y a des plaques d'athéromes) est faible.

On considère habituellement que sa concentration doit dépasser **au minimum 35 mg/dl ou 0,9 mmol/l**. Les valeurs observées sont, en règle générale, plus importantes chez les femmes. À partir du HDL-cholestérol, on peut également mesurer le rapport Cholestérol total/HDL-cholestérol, dont la valeur standard est de 4,0.

#### 4.2.3.3 Le LDL-Cholestérol

Il s'agit d'une lipoprotéine de basse densité (LDL ou "low density protein"), qui transporte le cholestérol provenant des aliments vers les tissus. Il représente le "mauvais" cholestérol et il est bon d'avoir de faibles taux de LDL-cholestérol et c'est l'inverse des HDL.

Ces protéines distribuent l'excès de cholestérol aux différents organes, ce qui favorise le dépôt lipidique sur la paroi des artères et donc l'apparition de plaques d'athérosclérose [89]. Le taux de cholestérol LDL doit, quant-à-lui, ne pas dépasser 1,6 g/L



**Figure 16 :** La source du LDL- cholestérol et du HDL- cholestérol [90]

#### 4.2.3.4 Les triglycérides : taux normal

Les triglycérides font partie comme le cholestérol des composés lipidiques ou graisses de l'organisme. Ils constituent la principale réserve énergétique de l'organisme et sont donc bénéfiques pour rester en forme, à condition que les taux dans le sang soient dans la normale (inférieur de 1,5g/l). Quand les taux de triglycérides sont élevés, le risque cardiovasculaire augmente [91].

Age	Femme		Homme	
	g/L	mmol/L	g/L	mmol/L
0-4 ans	0,30-1,05	0,35-1,20	0,30-1,00	1,17-5,50
4-10 ans	0,35-1,10	0,40-1,25	0,30-1,05	1,66-5,83
10-15 ans	0,35-1,35	0,40-1,55	0,30-1,30	2,00-6,33
15-20 ans	0,40-1,30	0,45-1,50	0,35-1,50	2,50-7,00
Adultes	0,35-1,40	0,40-1,60	0,45-1,75	0,50-2,00
>70 ans	0,30-1,20	0,35-1,35	0,45-1,50	0,50-1,70

**Figure 17 :** Le taux normal des triglycérides chez les femmes et les hommes [92]

Plusieurs facteurs de risque peuvent faire varier le taux de triglycérides dans le sang : l'âge, le sexe, la grossesse, les contraceptifs oraux, le tabac, l'alcool, une alimentation riche en carbohydrates (sucres), l'obésité, les repas...

Un taux élevé de LDL-Cholestérol, de triglycérides et un taux bas de HDL-cholestérol constituent des anomalies lipidiques. Chacune augmente le risque de développer une maladie cardiovasculaire, notamment à cause des dépôts de graisses dans les vaisseaux. À l'inverse, un taux élevé de HDL Cholestérol a un effet protecteur [92].

Taux de cholestérol	Valeur normales
Cholestérol total	< 2g/l
LDL - Cholestérol (mauvais cholestérol)	< 1,6 g/l
HDL - Cholestérol (bon cholestérol)	> 0,35 g/l
Triglycérides	< 1,5 g/l

**Figure 18 :** Le taux normal du bilan lipidique [92]

#### 4.2.4 Micronutriments et hormones

##### 4.2.4.1 Vitamine D

La vitamine D est une hormone essentielle qui joue un rôle clé dans le maintien de l'homéostasie phosphocalcique, en régulant l'absorption intestinale du calcium et du phosphore ainsi que la minéralisation osseuse. Elle existe sous deux formes principales : la vitamine D2 (ergocalciférol) d'origine végétale et la vitamine D3 (cholécalfiérol), synthétisée dans la peau sous l'action des rayons UVB ou apportée par l'alimentation animale. La vitamine D subit deux hydroxylations successives : une première dans le foie (formation de 25(OH) D3, forme de réserve) et une seconde dans les reins (formation de 1,25(OH) 2D3, forme active). Cette dernière agit sur divers tissus cibles via son récepteur nucléaire VDR (vitamin D receptor) [93].

Leur intervalle d'analyse dans le corps est mesurer par la concentration plasmatique de la 25(OH) D3, car elle reflète à la fois la synthèse endogène et les apports alimentaires [94].

**Tableau 10 : L'intervalle de la quantité de la vitamine D dans le corps [95]**

L'état	La quantité
Suffisance	> 30 ng/mL (75 mmol/L).
Insuffisance	20–30 ng/mL (50–75 mmol/L).
Carence	< 20 ng/mL (< 50 mmol/L)
Toxicité	150 ng/mL (> 375 mmol/L)

#### 4.2.4.1.1 La relation entre la vitamine D et l'obésité

Il y a une relation indirecte mais significative existe entre la vitamine D et l'obésité :

- A. **Séquestration dans le tissu adipeux** : La vitamine D étant liposoluble, elle est stockée dans le tissu adipeux chez les personnes obèses, ce qui réduit sa disponibilité circulante. Cela peut expliquer pourquoi les personnes obèses présentent souvent des taux plus faibles de vitamine D [96] [97].
- B. **Inflammation chronique** : L'obésité est associée à une inflammation systémique chronique, qui peut perturber le métabolisme de la vitamine D et ses fonctions biologiques [98] [99].
- C. **Complications métaboliques** : Une carence en vitamine D pourrait exacerber les complications liées à l'obésité, telles que la résistance à l'insuline, augmentant ainsi le risque de développer un diabète de type 2 [100].

#### 4.2.4.1.2 La relation entre la vitamine D et le diabète

La vitamine D joue un rôle important dans la modulation du système immunitaire et la régulation du métabolisme glucidique, ce qui la relie au diabète :

- A. **Diabète de type 1** : Une carence en vitamine D pourrait augmenter le risque de développer un diabète de type 1, car elle est impliquée dans la modulation du système immunitaire. Des études suggèrent que la supplémentation en vitamine D pourrait prévenir ou retarder l'apparition de cette maladie auto-immune [101].
- B. **Diabète de type 2** : La vitamine D influence la sensibilité à l'insuline et la fonction des cellules bêta pancréatiques. Une carence en vitamine D est fréquemment observée chez les personnes atteintes de diabète de type 2 et pourrait contribuer à la résistance à l'insuline et aux troubles métaboliques associés [102].

#### 4.2.4.2 B12

La vitamine B12, également appelée cobalamine, est une vitamine hydrosoluble essentielle pour le métabolisme cellulaire. Elle existe sous deux formes biologiquement actives : la méthylcobalamine (impliquée dans la synthèse de la méthionine) et l'adénosyle-cobalamine). La vitamine B12 joue un rôle clé dans la synthèse de l'ADN, la maturation des globules rouges et le fonctionnement du système nerveux. Son absorption nécessite un mécanisme complexe impliquant le facteur intrinsèque gastrique, qui permet son transport vers les cellules cibles via la trans-cobalamine II (TCII).

##### 4.2.4.2.1 Le rôle de la Vitamine B12 dans l'Obésité et le Diabète

La vitamine B12 joue un rôle important dans le métabolisme cellulaire, et ses carences sont fréquemment associées à l'obésité et au diabète. Chez les personnes obèses, une carence en vitamine B12 est souvent observée en raison d'une alimentation déséquilibrée ou pauvre en sources animales riches en cette vitamine, d'une altération de son absorption intestinale liée à des troubles métaboliques, ou d'une inflammation chronique systémique qui perturbe son métabolisme. Cette carence peut aggraver les complications métaboliques de l'obésité, notamment la résistance à l'insuline, augmentant ainsi le risque de développer un diabète de type 2. Concernant le diabète, la vitamine B12 est impliquée dans la régulation du métabolisme glucidique et la fonction de la cellule bêta pancréatique. Une carence est souvent constatée chez les patients atteints de diabète de type 2, particulièrement ceux traités par la métformine, qui interfère avec l'absorption de la vitamine B12. De plus, cette carence peut exacerber les complications neurologiques du diabète, comme la neuropathie diabétique, en raison de son rôle dans la myélinisation et la protection des nerfs. Chez les patients atteints de diabète de type 1, une carence en vitamine B12 peut également survenir, souvent associée à d'autres pathologies auto-immunes comme la maladie de Biermer. Ainsi, maintenir un statut adéquat en vitamine B12 est essentiel pour prévenir les complications métaboliques et neurologiques liées à ces deux pathologies.

##### 4.2.4.2.2 Mesure et Interprétation des Niveaux de Vitamine B12

Le statut en vitamine B12 est évalué en mesurant sa concentration sérique dans le sang, généralement à l'aide d'une technique immunologique par compétition, souvent associée au dosage de l'acide folique pour évaluer la synthèse des acides nucléiques. Pour un prélèvement correct, il est recommandé d'utiliser du sérum, du plasma héparine ou EDTA (en évitant le fluorure et les échantillons hémolysés), et les échantillons doivent être conservés à +4 °C

pendant 5 jours ou congelés à -20 °C tout en étant protégés de la lumière pour prévenir leur dégradation. Avant l'analyse, il est important d'interroger le patient sur ses habitudes : la prise de poly vitamines peut augmenter les taux sériques, tandis que l'utilisation d'inhibiteurs de la pompe à protons peut diminuer l'absorption de la vitamine B12. Les valeurs de référence pour la vitamine B12 varient légèrement selon les techniques et laboratoires mais se situent généralement entre 145 et 735 pmol/L (ou 197 à 999 ng/L), avec un facteur de conversion de 1 ng/L = 0,74 pmol/L. Un taux bas (< 145 pmol/L) indique une carence pouvant résulter d'un apport insuffisant (régime végétarien strict), de troubles d'absorption (maladie de Biermer, gastrectomie, maladies intestinales) ou d'interférences médicamenteuses (métformine, inhibiteurs de la pompe à protons). Cliniquement, cette carence peut provoquer une anémie macrocytaire, une neuropathie, des troubles digestifs et aggraver les complications métaboliques liées à l'obésité et au diabète. À l'inverse, un taux élevé (> 735 pmol/L) peut être observé dans certaines pathologies comme les hémopathies malignes (syndromes myéloprolifératifs, leucémies), les atteintes hépatiques (cirrhose, carcinome hépatocellulaire), l'insuffisance rénale ou l'alcoolisme.

#### 4.2.4.3 Magnésium

Le magnésium est un cation intracellulaire essentiel, impliqué dans plus de 300 réactions enzymatiques, et joue un rôle clé dans des processus biologiques tels que la régulation du métabolisme phosphocalcique, la gestion de la kaliémie et le fonctionnement musculaire et nerveux. Il est principalement stocké dans les os (60 %) et les muscles (25 %), avec seulement 1 % présent dans l'espace extracellulaire, ce qui rend sa mesure sérique imparfaite pour évaluer le statut global de l'organisme. La concentration normale de magnésium sérique se situe entre 0,7 et 1,1 mmol/L, et une hypo-magnésémie (< 0,7 mmol/L) peut résulter de déficits d'absorption intestinale ou de pertes rénales excessives, souvent associée à des carences alimentaires modernes. Concernant son rôle dans l'obésité et le diabète, une carence en magnésium est fréquemment observée chez les personnes atteintes de diabète de type 2, probablement due à une combinaison de facteurs comme une alimentation pauvre, une perte accrue par les reins liée à l'hyperglycémie chronique et une résistance à l'insuline qui diminue l'absorption cellulaire du magnésium. Bien que des études observationnelles montrent une association inverse entre l'apport en magnésium et le risque de développer un diabète de type 2, les preuves concernant les effets bénéfiques d'une supplémentation restent mitigées. De même, l'obésité est souvent associée à une carence en magnésium, ce qui pourrait aggraver les complications métaboliques comme la résistance à l'insuline et l'inflammation systémique. Une

supplémentation pourrait améliorer la sensibilité à l'insuline et réduire les facteurs de risque cardiovasculaires liés à l'obésité, mais davantage de recherches sont nécessaires pour confirmer ces effets et mieux comprendre les interactions complexes entre le magnésium, le métabolisme et les maladies chroniques.

# *Chapitre 05*

Aujourd'hui, on ne parle plus de régime spécifique pour les personnes diabétiques ou les personnes obèses, mais on se réfère plus tôt à l'alimentation équilibrée. En effet, c'est une approche de traitement non médicamenteux du diabète et obésité, juste à côté de la pratique régulière d'une activité physique adaptée. C'est dans cette optique que nous avons développé notre application que nous avons nommé My Healthy Partner. Parmi les fonctionnalités offertes par notre plate-forme on cite la page patient. Cette page comporte :

- ❖ Formulaire à rent rempli, sous forme de questions sur les habitudes du patient afin d'avoir une idée sur son mode de vie. Cela pourrait aider le médecin à déterminer certaines choses lors de la consultation médicale.
- ❖ Espace à remplir son poids et sa taille pour effectuer un calcul de l'Indice de Masse Corporelle
- ❖ Section pour enregistrer les résultats du test qui fait partie de l'état de santé.

## 5 Chapitre 05 : Développement de la Plate-forme

### 5.1 Développement back-end de la plateforme

#### 5.1.1 Création de l'environnement virtuel et installation de Django

Au commencement du développement de la plate-forme, nous avons établi un environnement virtuel désigné sous le nom de (env) en utilisant la commande «python -m venv .venv ». Cela a permis de gérer les dépendances dans un cadre propre et isolé, ce qui était crucial pour maintenir la cohérence tout au long des différentes phases de développement et pour éviter les conflits avec d'autres projets. Par la suite, nous avons activé cet environnement à l'aide de la commande « .venv\Scripts\activate ». Enfin, Django a été installé dans cet environnement grâce à la commande «pip install django ».

#### 5.1.2 Création du projet et des applications

Dans cette partie, nous avons créé la structure du projet comprenant un répertoire principal nommé (**MyHealthyPartner**) et plusieurs applications Django, chacune pour un objectif distinct. Premièrement, l'application (**core**) c'est le cœur de l'application, représente la base fondamentale de l'application, qui contient tous les paramètres et configurations essentiels du projet. Il s'agit d'un composant centralisé où sont définis et organisés les éléments clés nécessaires au bon fonctionnement de l'application. Parmi ces éléments, on trouve :

- ❖ La base de données (Database) : Où sont stockées toutes les données utilisées par l'application.

- ❖ Le serveur (Server) : L'environnement qui exécute l'application et gère les requêtes entrantes et sortantes.
- ❖ Les processeurs de contexte (Context Processors) : Des outils qui permettent de transmettre des informations ou des variables globales à travers toute l'application, souvent utilisés pour enrichir les templates.
- ❖ Les modèles de rendu (Templates) : Les fichiers qui définissent la structure et le design des pages web affichées à l'utilisateur.
- ❖ Les applications (Applications) : Les différents modules ou sous-parties de l'application qui fournissent des fonctionnalités spécifiques.

Ensuite, l'application (**Dashbord**) est une interface qui permet à différents utilisateurs (administrateur, docteur, patient) de gérer et interagir avec diverses fonctionnalités et objets dans l'application. Voici une explication détaillée des fonctionnalités offertes :

#### **A. Gestion des objets via CRUD**

L'administrateur peut contrôler les objets en effectuant des opérations de base telles que :

- ❖ Créer (Create) : Ajouter de nouveaux objets ou informations.
- ❖ Lire (Read) : Consulter les données existantes.
- ❖ Mettre à jour (Update) : Modifier les informations d'un objet.
- ❖ Supprimer (Delete) : Retirer des objets du système.

#### **B. Validation des médecins :**

L'administrateur peut accepter ou refuser les comptes des médecins inscrits sur la plateforme.

#### **C. Consultation des diplômes des médecins :**

L'administrateur a la possibilité de visualiser les diplômes des médecins pour vérifier leurs qualifications.

#### **D. Visualisation des statistiques globales :**

L'administrateur peut consulter des statistiques générales, telles que le nombre total d'utilisateurs, le nombre de médecins, etc.

#### **E. Gestion des demandes/programmes alimentaires par les médecins :**

Les médecins peuvent :

- ❖ Visualiser, créer ou supprimer les demandes de régimes alimentaires pour les patients.

- ❖ Créer ou modifier les plans alimentaires (diet plans) des patients.

#### **F. Consultation des plans alimentaires par les patients :**

- ❖ Les patients peuvent consulter leur propre programme alimentaire (diet plan).
- ❖ Les patients ont la possibilité de consulter des conseils liés au coaching ou à la nutrition.
- ❖ Les patients peuvent accéder à l'historique de leurs anciens programmes alimentaires (diet archive).

#### **G. Consultation des régimes alimentaires des patients par les médecins :**

Les médecins peuvent visualiser les programmes alimentaires des patients qu'ils suivent.

Puis, l'application (**frontend**) c'est l'interface d'utilisateur de l'application a pour rôle principal d'afficher la page d'accueil (landing page) de la plateforme. Cette page sert de vitrine pour présenter les détails et les informations clés concernant la plateforme aux utilisateurs. Elle est conçue pour offrir une première impression positive et informer les visiteurs sur ce que propose la plateforme.

On a aussi l'application (**patient**) et l'application (**doctor**), l'application **Patient** permet aux utilisateurs (patients) de gérer leurs demandes liées à leur régime alimentaire .c.-à-d. le patient peut soumettre une demande pour un programme alimentaire personnalisé (diet request). Cette fonctionnalité permet au patient d'exprimer ses besoins ou préférences concernant son régime, comme des restrictions alimentaires, des objectifs de perte de poids, ou des exigences nutritionnelles spécifiques. Et pour l'application **doctor** est conçue pour permettre aux médecins de gérer les demandes de régimes alimentaires des patients et de créer des plans alimentaires personnalisés c.-à-d. :

- ❖ Le médecin peut élaborer un programme alimentaire (diet plan) adapté aux besoins spécifiques du patient, en tenant compte des informations fournies dans la demande initiale. Ce plan peut inclure des menus détaillés, des recommandations nutritionnelles, et des conseils pratiques.
- ❖ Le médecin a la possibilité de consulter les détails des demandes de régime alimentaire soumises par les patients. Cela inclut les préférences, restrictions, et objectifs mentionnés par le patient lors de la création de sa demande.

Et la dernière application nommée par (**user auth**) c.-à-d. (Authentification Utilisateur) est un composant essentiel de la plateforme, chargé de gérer toutes les fonctionnalités liées à l'inscription, la connexion, et la sécurité des comptes utilisateurs.

Tout simplement L'application **User Auth** joue un rôle central dans la gestion des comptes utilisateurs et la sécurité de la plateforme. Elle garantit que chaque utilisateur peut s'inscrire, se connecter et gérer son compte en toute simplicité, tout en offrant des mécanismes de protection robustes (réinitialisation de mot de passe, confirmation par e-mail, etc.). Ces fonctionnalités sont essentielles pour assurer une expérience utilisateur fluide et sécurisée.

### 5.1.3 Intégration de HTML, CSS et JavaScript

Notre plate-forme se compose de plusieurs pages HTML, chacune dédiée à des fonctionnalités et interactions spécifiques. Nous avons également associé ces pages à des feuilles de style CSS externes afin d'assurer une interface utilisateur harmonieuse et conviviale. De plus, des fichiers JavaScript ont été intégrés pour renforcer l'interactivité, effectuer la validation des formulaires et gérer les requêtes, contribuant ainsi à une expérience utilisateur améliorée.

```

110 <div class="d-flex flex-column w-100" id='dash-page'>
111 <!--Top nav-->
112 <div class="dash-navbar shadow-sm">
113 <div class="left">
114 <button class="menu-btn" id='menu-btn'>
115 <svg class="w-6 h-6 text-gray-800 dark:text-white"
116 aria-hidden="true"
117 xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
118 width="24"
119 height="24"
120 fill="none"
121 viewBox="0 0 24 24">
122 <path stroke="currentColor" stroke-linecap="round" stroke-width="2" d="M5 7h14M5 12h14M5 17h14" />
123 </svg>
124 </button>
125 </div>
126 <div class="right">
127 <input type="hidden"
128 name="user_role"
129 id="user_role"
130 value="{{ request.user.profile.role }}" />
131 <button class="notification-btn">
132 <span class="bg-teal text-white">
133 {{ user_profile.notifications_count }}
134 </span>
135 </button>
136 <svg viewBox="0 0 24 24" fill="none" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
137 <g id="SVGRepo_bgCarrier" stroke-width="0">
138 </g>

```

Figure 19 : Un exemple d'un fichier HTML de notre projet

```

1 <!-- end header section -->
2 {% block slider %}
3 <div class="container-fluid px-0">
4   <div class="row g-2 align-items-center">
5     <div class="col-lg-12 col-md-12 col-sm-12 pt-4">
6       <div class="header-text px-2 text-center text-white mt-2"
7         data-aos="fade-right">
8         <span class="text-bold fs-6 fw-bold">{% trans "Your Health, Our Mission" %}</span>
9         <h3 class="text-bold text-white">
10           {% trans "Empowering Your Journey to Wellness" %}
11         </h3>
12         <p class="fs-5">
13           {% trans "Discover personalized health solutions and expert guidance tailored to your unique needs." %}
14         </p>
15         {% if request.user.is_authenticated %}
16         <a href="{% url 'dash:home' %}" class="btn btn-outline-dark rounded">
17           {% trans "Dashboard" %}
18         </a>
19         {% else %}
20         <a href="{% url 'user:auth.login' %}"
21           class="btn btn-outline-dark btn-lg rounded w-25">
22           {% trans "Get started" %}
23         </a>
24         {% endif %}
25       </div>
26     </div>
27     {% comment %} <div class="col-lg-6 col-md-12 col-sm-12">
28       <div class="header-image" data-aos="fade-left">
29         
30       </div>
31     </div> {% endcomment %}
32   </div>
33 </div>
34 </div>
35 {% endblock slider %}
36

```

Figure 20 : Un exemple d'un fichier JavaScript de notre projet

```

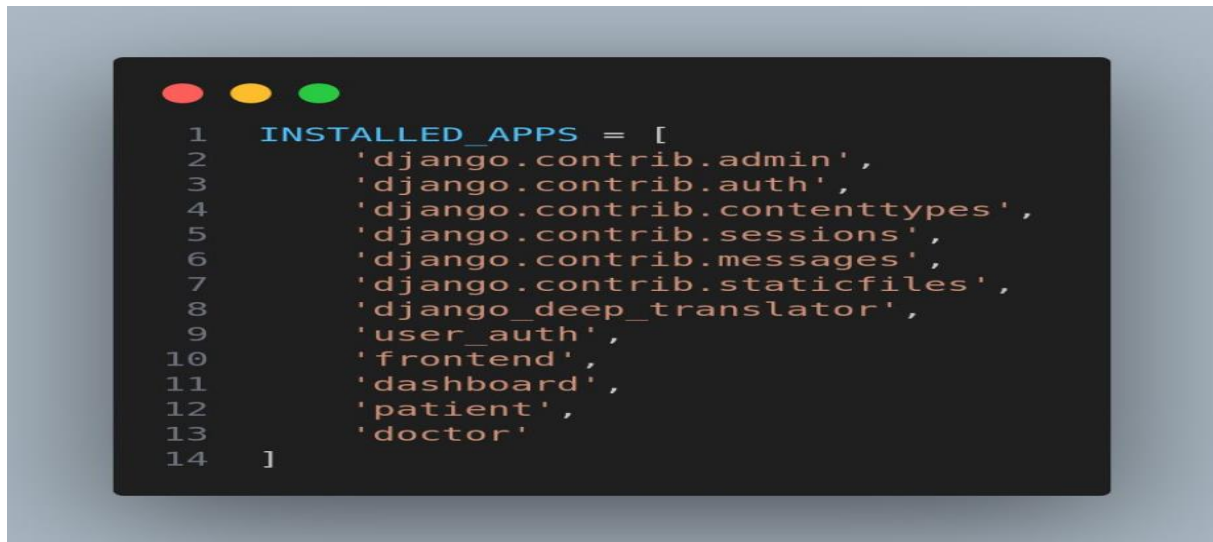
1 .hero_area {
2   /* background-image: url(../images/bg2_1.jpg); */
3   background-repeat: no-repeat;
4   background-size: cover;
5   background-position: bottom;
6   background-position-y: -10rem;
7   height: 100vh;
8   position: relative;
9 }
10
11 .hero_area nav * {
12   color: #fff !important;
13 }
14
15 .hero_area:before {
16   content: '';
17   position: absolute;
18   top: 0;
19   bottom: 0;
20   left: 0;
21   right: 0;
22   background-color: rgba(0, 0, 0, .5);
23   z-index: 0;
24 }
25
26 .hero_area>div {
27   margin-top: 10rem !important;
28   z-index: 1;
29 }
30

```

Figure 21 : Un exemple d'un fichier CSS de notre projet

### 5.1.4 Configuration et routage

Dans cette section, nous entamons le processus de configuration de la plateforme. Pour commencer, la configuration était effectuée à travers le fichier `settings.py`, dans lequel étaient spécifiés divers paramètres, notamment les applications installées, les réglages de la base de données et la gestion des fichiers statiques.



**Figure 22 :** Une partie du fichier `settings.py`

Par la suite, la gestion du routage des pages web s'effectuait via les fichiers `urls.py` du projet et des applications. Ces fichiers définissaient les URL qui étaient associées aux vues correspondantes présentes dans les fichiers `views.py`. Ces derniers contiennent la logique nécessaire pour afficher les pages, traiter les saisies des utilisateurs et interagir avec la base de données, garantissant ainsi un échange de données fluide entre l'interface utilisateur et le backend.

```

1  urlpatterns = [
2      path('admin/filebrowser/', site.urls),
3      path('grappelli/', include('grappelli.urls')),
4      path('dashboard/', include('dashboard.urls', namespace='dash')),
5      path('tinymce/', include('tinymce.urls')),
6      # Language Changer
7      path('set-language/', set_language, name='set_language'),
8      # frontend
9      path('', include('frontend.urls', namespace='frontend')),
10     # Auth
11     path('', include('user_auth.urls', namespace='user_auth')),
12     # Patient
13     path('patient/', include('patient.urls', namespace='patient')),
14     # Doctor
15     path('doctor/', include('doctor.urls', namespace='doctor')),
16
17
18 ]

```

Figure 23: Le fichier urls.py

```

1
2  def delete_user(request, pk):
3      if not request.user.is_superuser:
4          raise PermissionDenied
5
6      try:
7          user = get_user_model().objects.get(pk=pk)
8          user.delete()
9          return JsonResponse({'success': True, 'message': 'User has been deleted'})
10     except get_user_model().DoesNotExist:
11         return JsonResponse({'success': False, 'message': 'User not found'}, status=404)

```

Figure 24 : Une partie du fichier views.py

### 5.1.5 Gestion des utilisateurs et authentification

Notre plate-forme supportait plusieurs utilisateurs avec différents rôles et permissions. Tout d'abord, elle permet l'inscription des utilisateurs, où chacun peut créer son compte en fournissant les informations nécessaires. Ensuite, la plate-forme assure la gestion des connexions en fonction du rôle attribué à chaque utilisateur, garantissant ainsi un accès approprié et sécurisé. Par ailleurs, un processus de confirmation par e-mail est mis en place pour valider l'authenticité des comptes créés et renforcer la sécurité. Enfin, une procédure de réinitialisation du mot de passe est disponible pour aider les utilisateurs ayant oublié leurs identifiants, leur permettant de retrouver facilement l'accès à leur compte. Ces étapes assurent une expérience utilisateur fluide tout en maintenant un niveau de sécurité optimal.

```

1 @receiver(post_save, sender=get_user_model())
2 def send_otp_on_user_creation(sender, instance, created, **kwargs):
3     """
4     Signal receiver to generate and send OTP when a new user is registered.
5     """
6     if created and not instance.is_superuser:
7         otp_code = ''.join([str(random.randint(0, 9)) for _ in range(6)])
8         expires_at = timezone.now() + timedelta(minutes=15)
9
10        # Render the email template with context
11        email_body = render_to_string('emails/email_activation.html', {
12            'user': instance,
13            'activation_link': f'http://localhost:8000/activate-email/?token={otp_code}',
14            'expiration_hours': 0.25 # 15 minutes in hours
15        })
16
17        otp = OTP.objects.create(
18            user=instance,
19            code=otp_code,
20            expires_at=expires_at
21        )
22        otp.save()
23        print(otp.user, otp.code)
24        send_mail(
25            'Account Activation', # Email subject
26            strip_tags(email_body), # Plain text version
27            'myhealthypartner@gmail.com',
28            [instance.email],
29            html_message=email_body # HTML version
30        )
31

```

**Figure 25 :** Le mécanisme de sécurité lors de l'inscription des utilisateurs avec validation par email

### 5.1.6 L'intégration du modèle intelligent (AI) dans l'interface de la plateforme

Dans notre application on a ajouté deux modèles intelligents qu'ils sont le DeepSeek et le MistralAI.

#### 5.1.6.1 Deepseek

DeepSeek est une famille de modèles d'intelligence artificielle open-source développée par l'entreprise technologique chinoise DeepSeek AI, qui se positionne comme un acteur majeur dans le domaine des grands modèles de langage (Large Language Models – LLMs).

Les modèles DeepSeek sont disponibles en plusieurs versions : DeepSeek-LLM pour la compréhension du langage naturel, DeepSeek-VL pour le traitement multimodal (texte + image), DeepSeek-Math pour la résolution de problèmes mathématiques complexes, et DeepSeek-Coder pour la génération de code. Ces modèles sont formés sur des corpus massifs, allant jusqu'à des centaines de milliards de tokens, et reposent sur des architectures Transformer modernes, capables d'effectuer du raisonnement complexe, de l'inférence contextuelle, et de produire des réponses précises et nuancées.

Dans le cadre du développement de notre application mobile dédiée à la santé et à la nutrition personnalisée, j'ai intégré le modèle DeepSeek-LLM pour mettre en place un chatbot intelligent spécialisé. Ce chatbot n'est pas généraliste comme ChatGPT, mais est conçu pour répondre uniquement aux questions en lien avec notre application, son fonctionnement, ses services et ses modules. Il est capable, par exemple, de guider les utilisateurs sur :

- ❖ le calcul de l'IMC,
- ❖ la sélection du profil santé (présence de maladies chroniques, âge, sexe, résultats d'analyses),
- ❖ la génération du régime alimentaire personnalisé,
- ❖ l'accès aux vidéos de sport adaptées,
- ❖ l'utilisation correcte de la plateforme (navigation, création de profil, lecture des résultats, etc.).

Techniquement, ce chatbot repose sur une approche de "prompt engineering contextuel" : les réponses sont générées dynamiquement par le modèle DeepSeek, mais dans un cadre strictement limité aux données internes de l'application. Cela garantit que l'utilisateur obtient des informations fiables, sécurisées et cohérentes avec notre interface. L'usage de DeepSeek-LLM présente plusieurs avantages clés pour ce projet :

- ❖ Une puissance de compréhension sémantique élevée, même pour des formulations complexes ou imprécises,
- ❖ Une licence open-source permissive (souvent Apache 2.0), permettant une intégration sans coûts commerciaux,
- ❖ Une possibilité de personnalisation et de fine-tuning si besoin, notamment pour intégrer des éléments spécifiques à notre base de connaissances.

### **5.1.6.2 Mistral ai**

Mistral AI est une entreprise européenne spécialisée dans le développement de modèles d'intelligence artificielle open-source, qui se distingue par sa volonté de proposer des alternatives puissantes, transparentes et éthiques aux géants américains du secteur. Fondée en France, Mistral AI se positionne comme un leader émergent dans l'écosystème des grands modèles de langage (Large Language Models – LLMs), avec une forte orientation vers la performance, l'optimisation et l'accessibilité. La famille de modèles développée par Mistral comprend notamment Mistral 7B, un modèle dense performant et compact, et Mixtral, un modèle *Mixture-of-Experts* (MoE) à 12,9 milliards de paramètres activés, qui combine la

puissance de plusieurs experts spécialisés pour chaque requête. Ces modèles sont entraînés sur des corpus diversifiés et multilingues, ce qui leur confère une compréhension fine du langage naturel dans de nombreuses langues, y compris le français. Dans notre application, j'ai intégré le modèle d'intelligence artificielle Mistral afin de générer des régimes alimentaires personnalisés à partir des données spécifiques de chaque patient, telles que leur IMC, la présence éventuelle de maladies chroniques, ainsi que leurs habitudes alimentaires. Le modèle, bien qu'il ne possède pas de connaissances médicales en soi, est utilisé comme un moteur de génération intelligente : il exploite les informations fournies dans les prompts (poids, âge, pathologies, préférences, etc.) pour produire des recommandations nutritionnelles ciblées, cohérentes et adaptées à chaque profil.

### 5.1.7 Conception et gestion de la base de données

Dans cette partie, une base de données complète avait été conçue pour stocker et gérer les données de manière efficace à travers le fichier `models.py`. Les principales tables incluaient:

Premièrement, la table `dashboard_notification` est dédiée au stockage des notifications envoyées aux utilisateurs, garantissant qu'ils restent informés en temps réel. Pour les aspects liés à la nutrition, plusieurs tables jouent un rôle clé : `doctor_dailymealplan` conserve les repas quotidiens du régime alimentaire d'un utilisateur, tandis que `doctor_diet` et `doctor_meal` stockent respectivement les détails des régimes et des repas. Du côté des interactions utilisateur, `frontend_contact` enregistre les demandes de contact reçues via l'interface frontale.

En ce qui concerne les données médicales des patients, plusieurs tables sont spécifiquement conçues pour gérer ces informations sensibles. Ainsi, `patient_BMI` stocke les détails relatifs à l'indice de masse corporelle (IMC) des patients, tandis que `patient_bmi_sickness` établit le lien entre l'IMC et les maladies associées. Les analyses de diabète sont conservées dans `patient_diabetes`, et les informations partagées entre diabète et obésité sont regroupées dans `patient_diabetes_and_obesity`. Par ailleurs, `patient_dietrequest` sert à enregistrer les demandes d'analyses des patients, et `patient_illnesses` liste les maladies par leur nom.

D'autres tables comme `patient_allergies`, `patient_medication`, `patient_personalinfo`, et `patient_treatment` permettent de compléter le profil médical des patients en stockant



### 5.1.7.1 Structure d'authentification et personnalisation des profils utilisateurs

La table `auth_user` est chargée de la gestion de l'authentification, y compris l'inscription (sign up), la connexion (sign in) et la récupération de mot de passe (forget password). Elle contient des informations de base telles que le nom d'utilisateur, le mot de passe, l'email, la date d'inscription, ainsi que des indicateurs de rôle comme `is_staff`, `is_active` et `is_superuser` qui permettent de définir les privilèges d'accès. En complément, la table `user_auth_userprofile` enrichit le compte utilisateur avec des données personnelles et fonctionnelles, notamment le rôle de l'utilisateur (ex. : patient), le sexe, la date de création du profil, le numéro de téléphone, et la photo de profil. Ces deux tables sont liées par la clé primaire `id`, permettant ainsi de relier un utilisateur authentifié à son profil détaillé. Cette relation garantit la cohérence entre l'identité numérique de l'utilisateur et ses informations personnelles, ce qui est essentiel pour la confirmation de compte et la personnalisation des services proposés dans l'application.

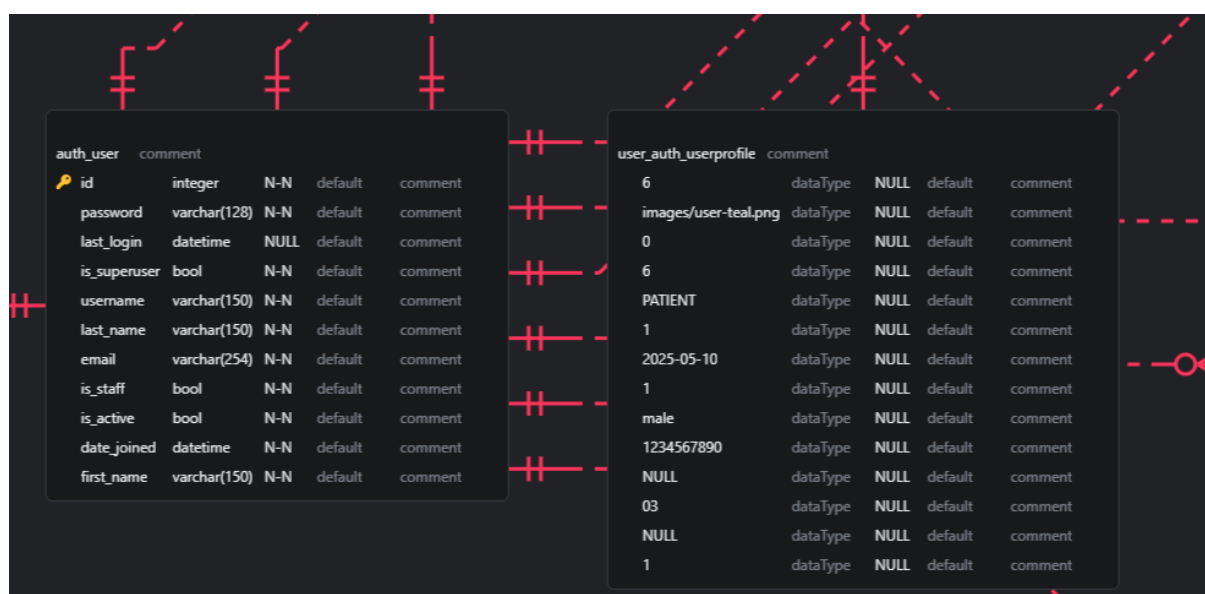


Figure 27 : Schéma relationnel des tables `auth_user` et `user_auth_userprofile`

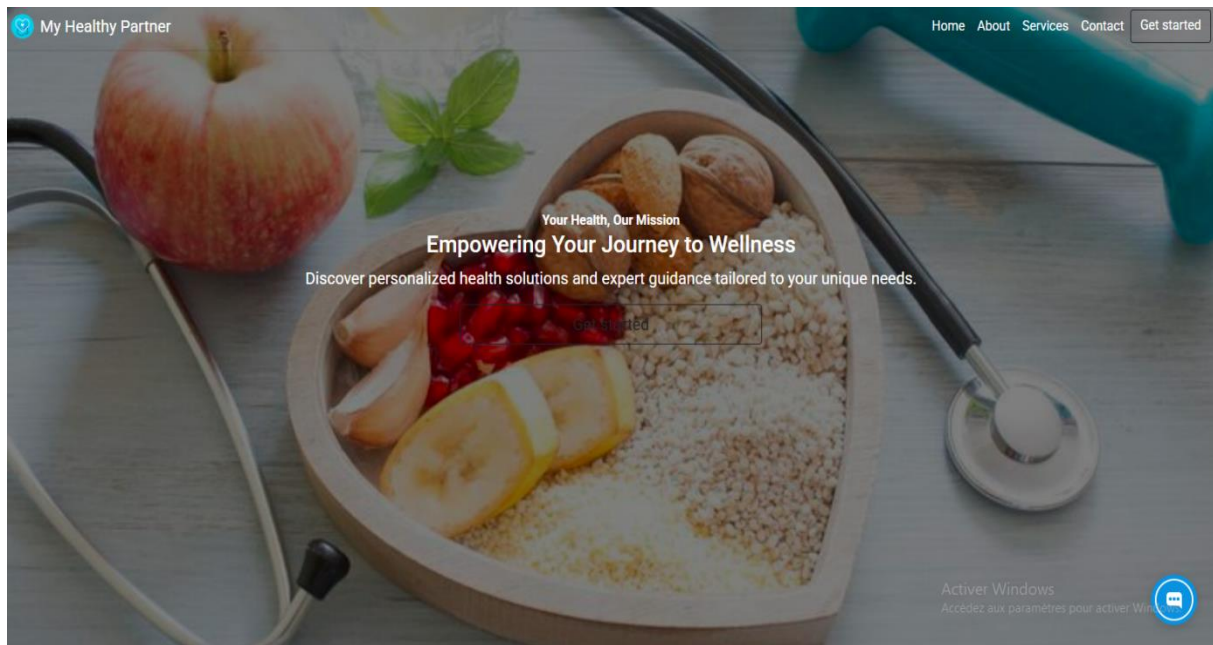
## 5.2 Conception et fonctionnement de la plateforme

Dans cette partie, nous présentons notre plate-forme MHP, une solution innovante spécialement conçue pour accompagner les patients atteints de diabète et d'obésité dans la gestion de leur santé grâce à des régimes alimentaires personnalisés. Développée sous contrôle médical, cette plate-forme vise à simplifier l'adoption d'une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins spécifiques de chaque utilisateur, tout en favorisant un suivi continu et motivant.

Elle propose une gamme complète de services, incluant la création de comptes personnalisés, l'évaluation des profils nutritionnels, la génération de plans alimentaires sur mesure, ainsi que des espaces dédiés pour les interactions entre professionnels de santé et patients. Voici quelques captures d'écran illustrant les fonctionnalités clés de MHP (My Healthy Partner) :

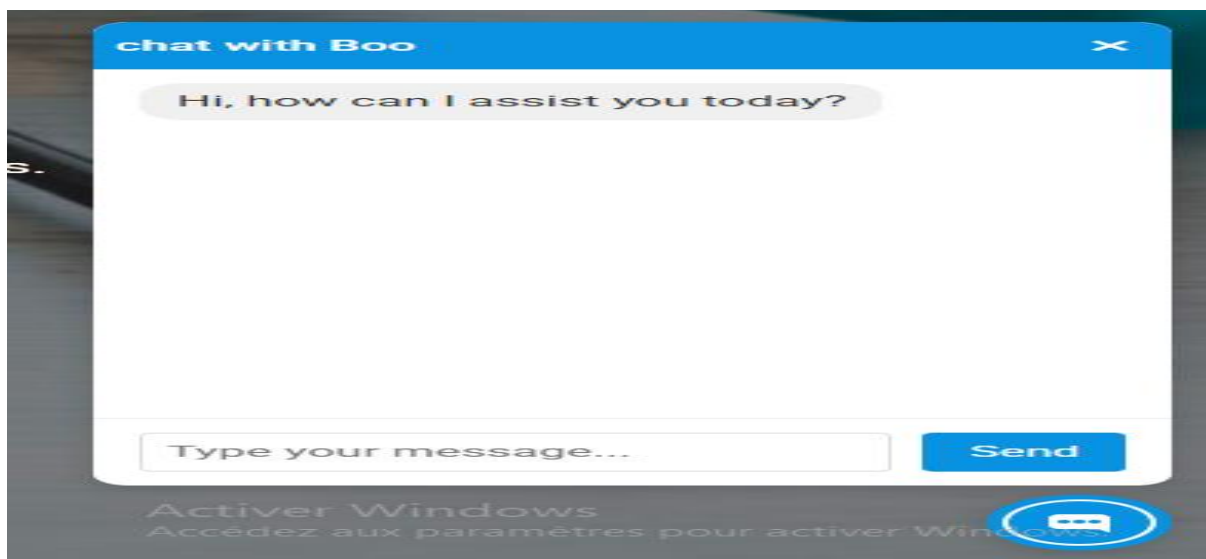
### 5.2.1 Page d'accueil

Page d'accueil de notre plate-forme My Healthy Partner où les utilisateurs trouvent des services selon leurs catégories



**Figure 28 :** La page d'accueil

- ❖ Dans cette page, l'utilisateur retrouve l'un des éléments le plus innovant qui est le chatbot intelligent, une fonctionnalité phare qui enrichit l'expérience utilisateur. Il permet d'obtenir instantanément des réponses claires et ciblées sur l'utilisation de l'application, ces services et ses modules. Véritable assistant virtuel intégré, il rend la navigation plus fluide, interactive et intuitive.



**Figure 29 :** Le chat robot de l'application



### About My Healthy Partner

We are dedicated to revolutionizing healthcare through innovative technology and personalized care.

Our platform brings together cutting-edge tools and expert knowledge to help you take control of your health journey. We believe in empowering individuals with the right information and resources to make informed decisions about their well-being.

- ✓ Personalized health tracking
- ✓ Expert medical advice
- ✓ Secure and private platform

**Figure 30 :** Les informations de l'application

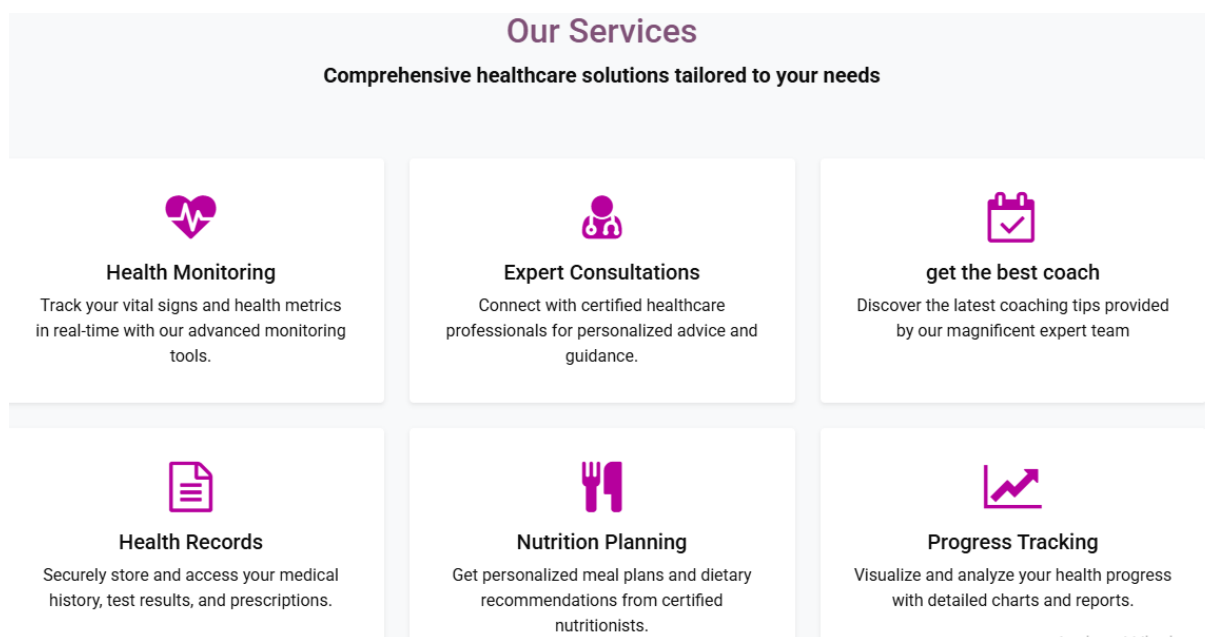


Figure 31 : Les services de l'application

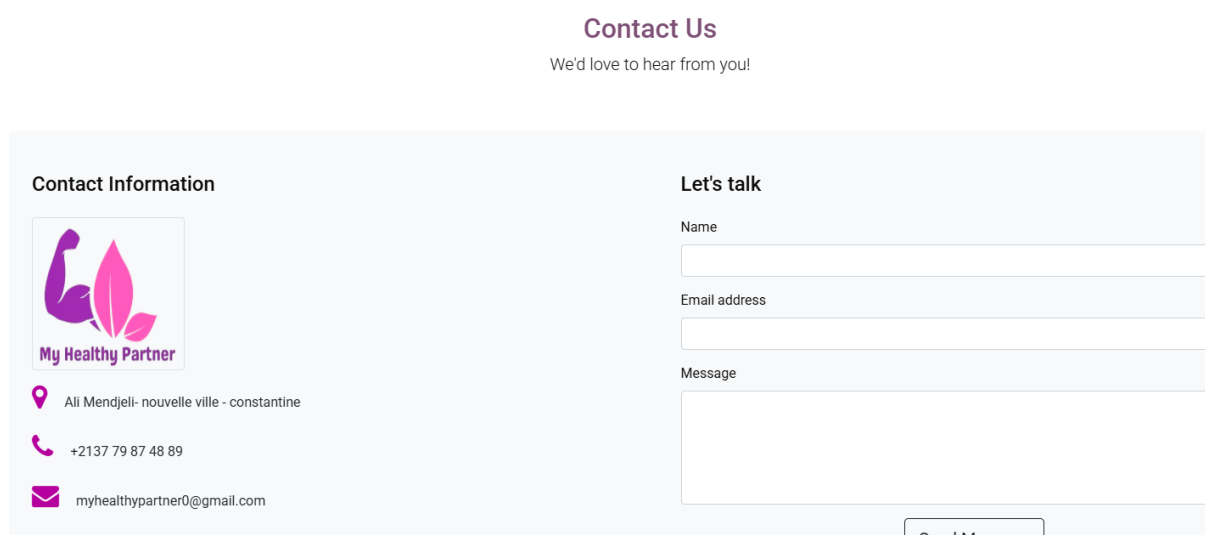
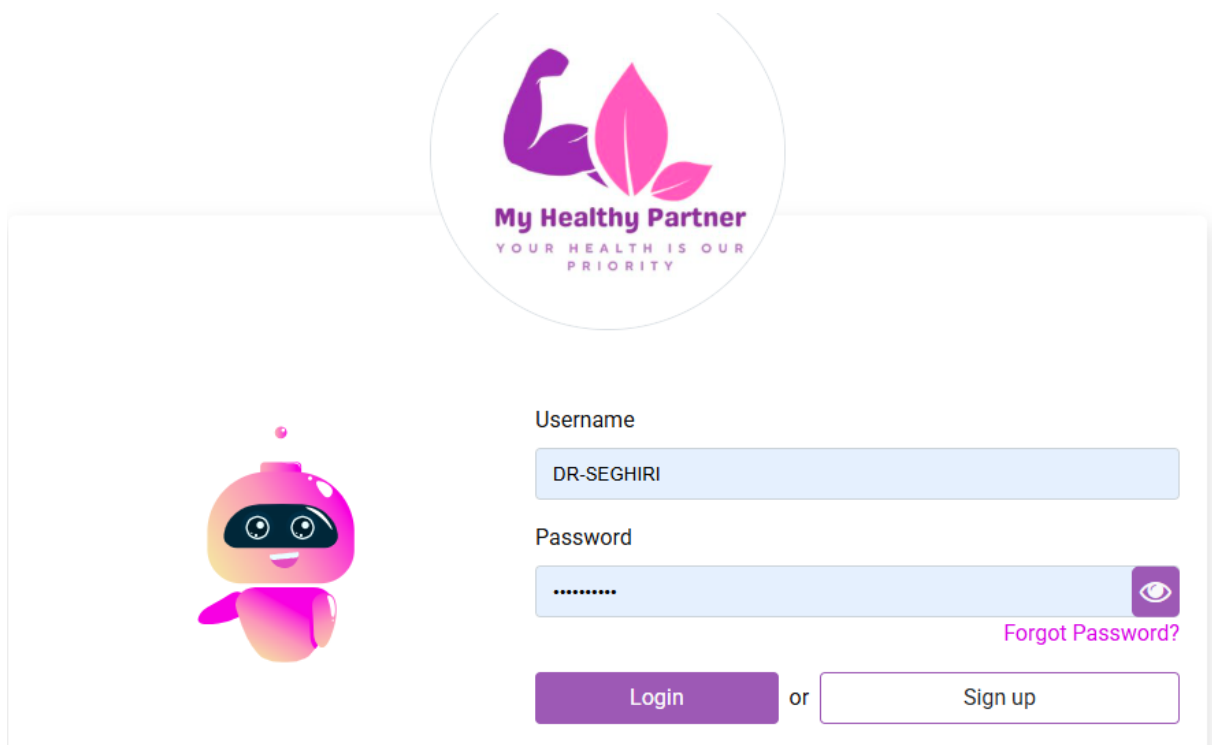


Figure 32 : Le contact avec l'admin

### 5.2.2 Création de compte

Cette page joue un rôle clé dans l'expérience utilisateur, car elle permet aux utilisateurs de se connecter ou créer un compte sur la plate-forme en quelques secondes. Elle présente une porte d'entrée essentielle vers l'ensemble des services personnalisés de l'application. Grâce à son design intuitif et à son accès simplifié, elle offre une première impression fluide et engageante, essentielle pour fidéliser l'utilisateur dès les premiers instants.



The image shows a user login interface for an application called "My Healthy Partner". At the top center, there is a circular logo featuring a stylized purple and pink leaf and a muscular arm, with the text "My Healthy Partner" and "YOUR HEALTH IS OUR PRIORITY" below it. To the left of the login form is a small, friendly-looking robot character with a pink and orange body. The login form itself has two input fields: "Username" with the text "DR-SEGHIRI" and "Password" with a masked password ".....". To the right of the password field is a purple eye icon and a link that says "Forgot Password?". Below the input fields are two buttons: a purple "Login" button and a white "Sign up" button, separated by the word "or".

**Figure 33 :** L'interface de connexion des utilisateurs

- ❖ Cette image représente la page d'inscription de notre application. Elle constitue une étape essentielle pour permettre aux utilisateurs de créer un compte et d'accéder aux services personnalisés de l'application.

Le formulaire collecte des informations personnelles telles que le nom, prénom, nom utilisateur, adresse email, mot de passe, date de naissance, sexe et numéro de téléphone, ainsi que le rôle d'utilisateurs. Ces données permettant à l'application d'adapter les régimes alimentaires proposés en fonction du profil de chaque utilisateur. L'interface simple et intuitive facilite l'inscription et garantit une première expérience utilisateur conviviale. Et pour l'option de de connexion et également proposé pour les utilisateurs déjà enregistrés.

**Sign up**

First Name

Last Name

Username

Email

Password

Confirm Password

Birthdate

Gender

Phone Number

Province

Role

**Register**

**Figure 34 :** Le formulaire d'inscription

- ❖ Pour les patients il suffit de remplir le formulaire de base puis de confirmer leur compte via un lien envoyé par e-mail avant l'accès aux services. En revanche, pour les médecins une procédure supplémentaire est nécessaire afin d'assurer la fiabilité des profils professionnel.

Lorsqu'un utilisateur sélectionne le rôle 'docteur' des champs supplémentaires apparaissent dans le formulaire lui demandant de fournir son diplôme principal au format PDF, le numéro de série de certificat, sa spécialité médicale, ainsi que de manière optionnelle, des diplômes complémentaires. Cette étape permet à l'équipe de l'application de valider les qualifications du médecin avant l'activation de son compte et l'accès aux fonctionnalités avancées, telles que la gestion des régimes pour les patients. Cette distinction garantit la sécurité et la qualité des services offerts au sein de la plateforme.

Role

Doctor

Main Diploma \*

Choisir un fichier Aucun fichier n'a été sélectionné

Upload your main diploma as a PDF file

Certificate Serial \*

Speciality \*

Additional Diplomas

Choisir des fichiers Aucun fichier n'a été sélectionné

Upload PDF files of additional diplomas (optional)

Register

Already have an account? [Login](#)

**Figure 35 :** La suite du formulaire à remplir par le médecin

- ❖ Cette interface a été intégrée à mon application pour permettre aux utilisateurs de récupérer l'accès à leur compte en cas d'oubli de mot de passe. Elle joue un rôle essentiel dans la gestion de la sécurité des comptes.

Cette page comprend un champ de saisie permettant à l'utilisateur d'entrer l'adresse e-mail associée à son compte afin de recevoir un lien sécurisé pour réinitialiser son mot de passe. Un bouton intitulé "Reset Password" permet d'envoyer cette demande ; si l'adresse saisie est valide, un lien de réinitialisation est automatiquement transmis à l'utilisateur. Un second bouton, "Return Home", offre la possibilité de revenir à la page d'accueil sans effectuer de modification.

Password Reset

Email Address

Enter your email

Return Home

Reset Password

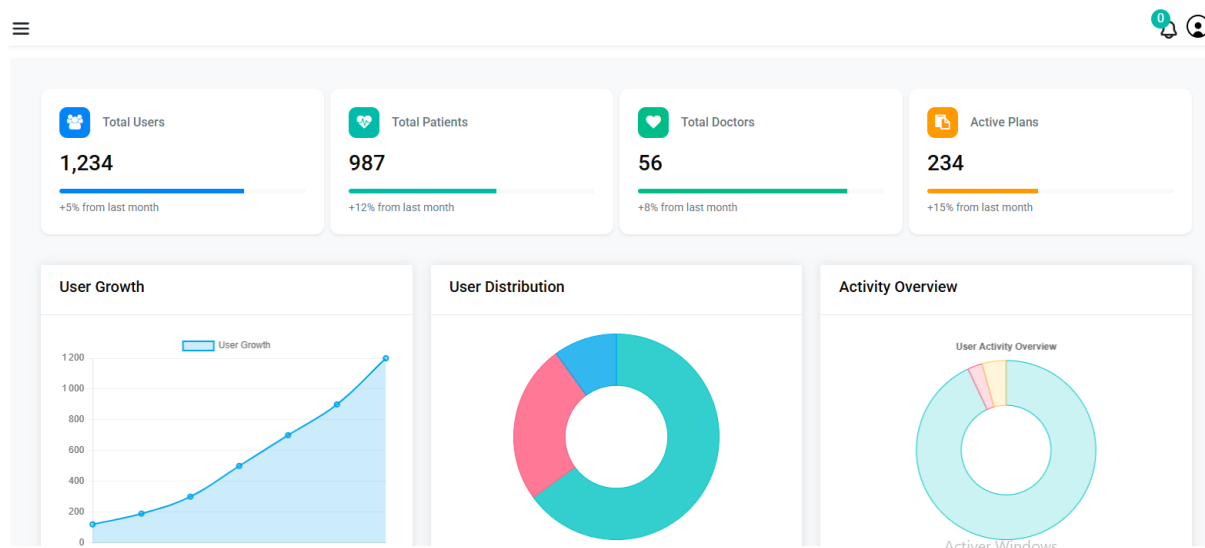
**Figure 36 :** Interface de réinitialisation du mot de passe

## 5.2.3 Interface de données

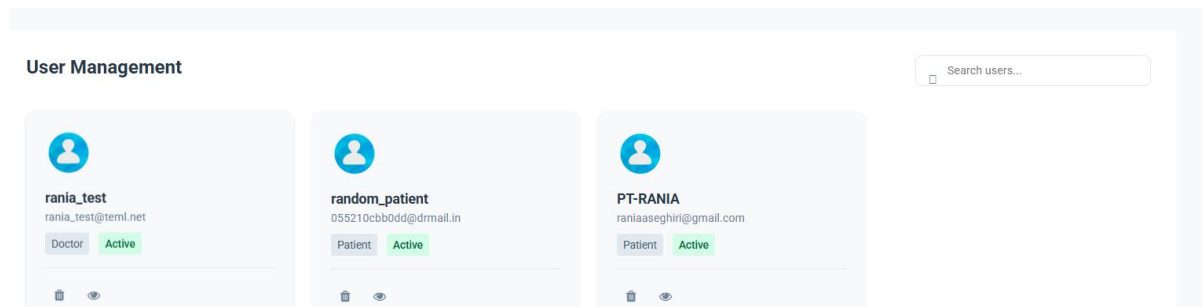
### 5.2.3.1 Admin

La plateforme dispose un espace réservé aux administrateurs, dédié à la gestion et au contrôle global du système. Cet espace permet à l'administrateur de superviser l'ensemble des utilisateurs (patient et médecins) de vérifier et valider les informations fournies lors de

l'inscription, notamment les diplôme des médecins et de garantir le bon fonctionnement de la plate-forme. Grâce à cette interface d'administration, il est possible d'assurer la sécurité, la conformité et la qualité des services proposés, tout en maintenant un suivi rigoureux des activités au sein de l'application.



**Figure 37 : Le Dashboard de l'admin**



**Figure 38 : Les inscrits dans MHP**

The screenshot shows a 'User Details' page with a 'User Profile' section. On the left is a placeholder for a profile picture. To the right is a table of user information:

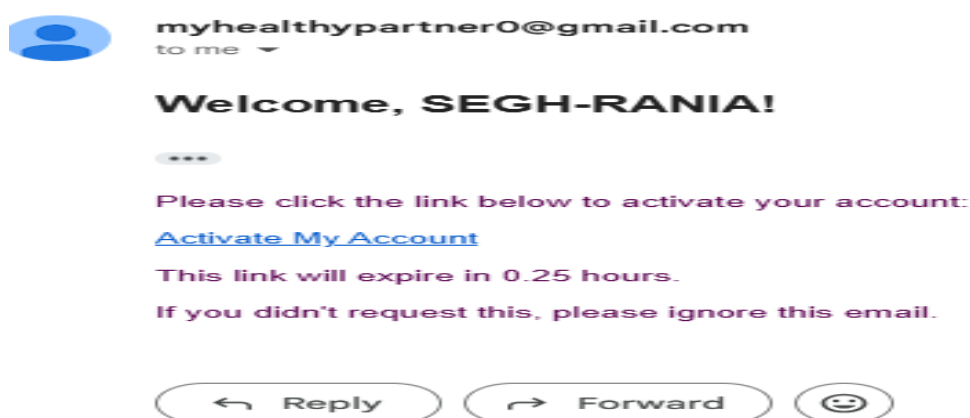
Username	rania_test
Email	rania_test@teml.net
First Name	Rania
Last Name	Seghiri
Approval Status	Approved
confirmation status	Confirmed
Role	Doctor
User Documents	Main Diploma: <a href="#">Diploma</a> Additional diplomas:

At the bottom left is a button labeled 'Back to User List'.

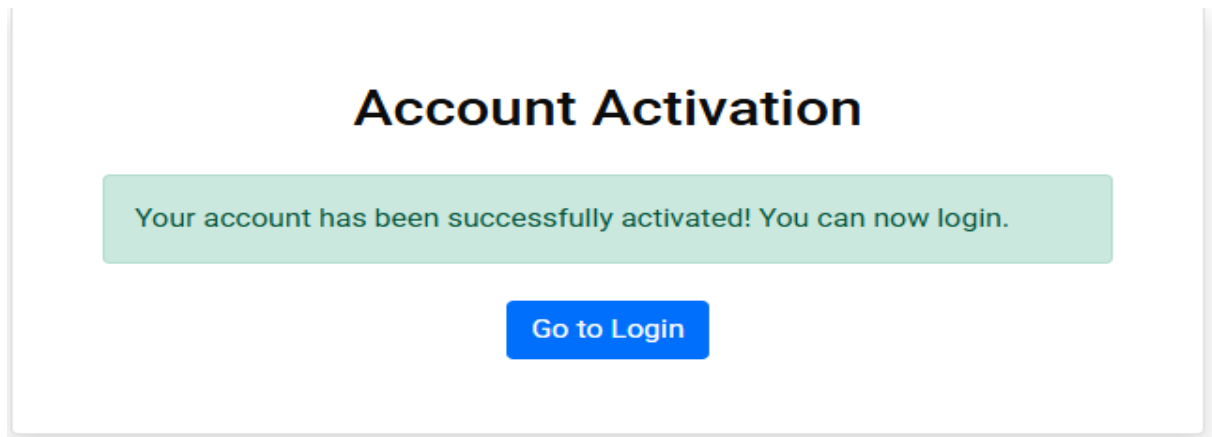
**Figure 39 :** Affichage du profil utilisateur par l'administrateur avec indication du statut de confirmation (médecin)

### 5.2.3.2 Patient

Une fois que le patient a terminé le processus d'inscription, un e-mail de confirmation lui est automatiquement envoyé à l'adresse qu'il a fournie. Ce message contient un lien sécurisé permettant de valider son compte. Cette étape est essentielle pour vérifier l'authenticité de l'adresse e-mail et activer l'accès aux fonctionnalités de l'application (l'activation de compte). Ce mécanisme contribue à renforcer la sécurité de la plateforme et à prévenir les inscriptions frauduleuses.

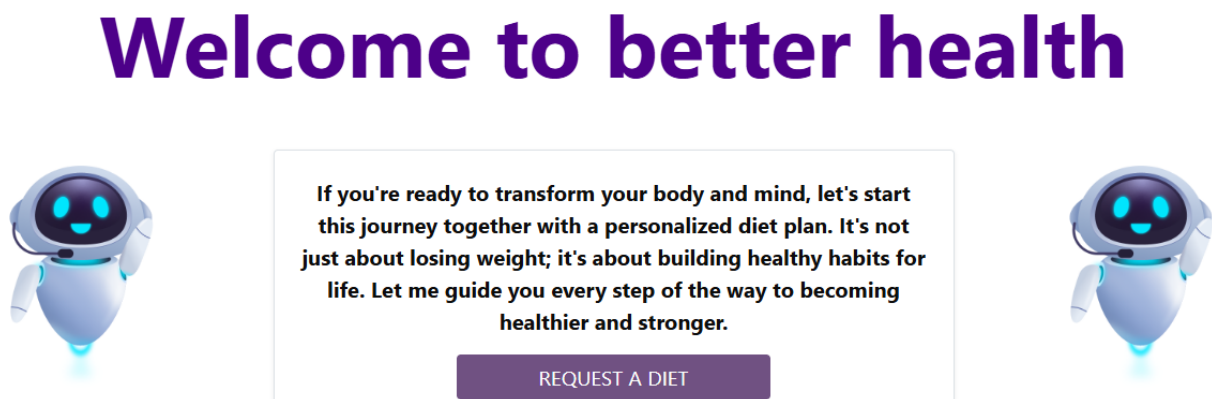


**Figure 40 :** L'email de confirmation



**Figure 41 :** La confirmation après l'activation du compte

- ❖ Lors de la première connexion à son compte, le patient est accueilli par une interface conviviale intitulée "Welcome to better health". Cette page d'introduction vise à motiver l'utilisateur en mettant en avant les bienfaits d'un changement de mode de vie sain grâce à un plan alimentaire personnalisé. Le message insiste sur l'importance de bâtir des habitudes durables, et pas seulement sur la perte de poids. Le patient peut alors cliquer sur le bouton "REQUEST A DIET" pour soumettre une demande de régime. Cette approche intuitive et motivante permet d'engager l'utilisateur dès ses premiers pas sur la plateforme, en lui proposant un accompagnement vers une meilleure santé physique et mentale.



**Figure 42 :** Page d'accueil interactive pour la demande de régime personnalisé

- ❖ Après avoir cliqué sur le bouton "REQUEST A DIET", le patient est dirigé vers une série de formulaires permettant de recueillir des informations détaillées sur son profil de santé, indispensables pour la création d'un régime personnalisé. L'une des premières étapes consiste à évaluer l'indice de masse corporelle (IMC) à travers une interface intuitive intitulée "Body Mass Indicator", comme illustré ci-dessus. Le patient y saisit sa taille en centimètres ainsi que son poids en kilogrammes, et l'application calcule automatiquement

son IMC. Dans cet exemple, une taille de 165 cm et un poids de 70 kg donnent un IMC de 25,71, classé dans la catégorie "Overweight" (surpoids). Cette évaluation initiale joue un rôle clé dans l'adaptation du régime alimentaire proposé, en fonction de l'état physique et des objectifs du patient.

**Figure 43 :** La calculatrice de l'indice de masse corporelle

- ❖ Après l'évaluation de l'IMC, le patient poursuit sa demande de régime en renseignant des informations médicales spécifiques via une interface dédiée aux conditions de santé. Cette étape, illustrée ci-dessus, permet de sélectionner toute affection pertinente pouvant influencer le régime alimentaire, notamment le diabète, l'obésité, ou la combinaison des deux. Ces données sont cruciales pour adapter le régime aux besoins cliniques du patient, en assurant un suivi nutritionnel personnalisé, sûr et efficace. Grâce à cette approche progressive, l'application garantit une prise en charge nutritionnelle adaptée à l'état de santé global de chaque utilisateur.

**Figure 44 :** Les choix des maladies

- ❖ Après avoir renseigné ses données de santé, le patient accède à une interface dédiée à l'évaluation de son mode de vie, comme illustré sur l'image ci-dessus. Cette étape permet de recueillir des informations essentielles sur les habitudes alimentaires quotidiennes,

telles que la fréquence des repas, la consommation de sucreries, de fast-foods, l'hydratation, ou encore la présence d'allergies alimentaires. Ces données sont déterminantes pour affiner le régime proposé en tenant compte non seulement des besoins médicaux, mais aussi des comportements nutritionnels. En intégrant ces paramètres, l'application peut concevoir un programme alimentaire plus réaliste et durable, adapté au mode de vie spécifique de chaque utilisateur.

**LIFESTYLE**

How many times a day you eat?  
Once a day

Do you eat between main meals? Yes No

Do you eat sweets? Yes No

Do you eat fast food meals? Yes No

Are you drinking enough water through the day? Yes No

Do you have a food allergy? Yes No

**Figure 45 :** Le questionnaire sur le mode de vie du patient

- ❖ Après avoir renseigné ses habitudes alimentaires, l'utilisateur accède à une interface de choix du type de régime, comme montré ci-dessus. Cette étape lui permet de sélectionner la source de son programme nutritionnel : soit un régime généré automatiquement par une intelligence artificielle, soit un régime établi par un professionnel de santé. Ce choix offre une flexibilité précieuse, en permettant à l'utilisateur d'opter pour une solution rapide et technologique ou pour une approche plus humaine et médicalement supervisée. Cette fonctionnalité renforce la personnalisation du parcours nutritionnel tout en respectant les préférences et le niveau de confiance de chaque patient.

**Figure 46 :** Le choix de réponse pour le patient

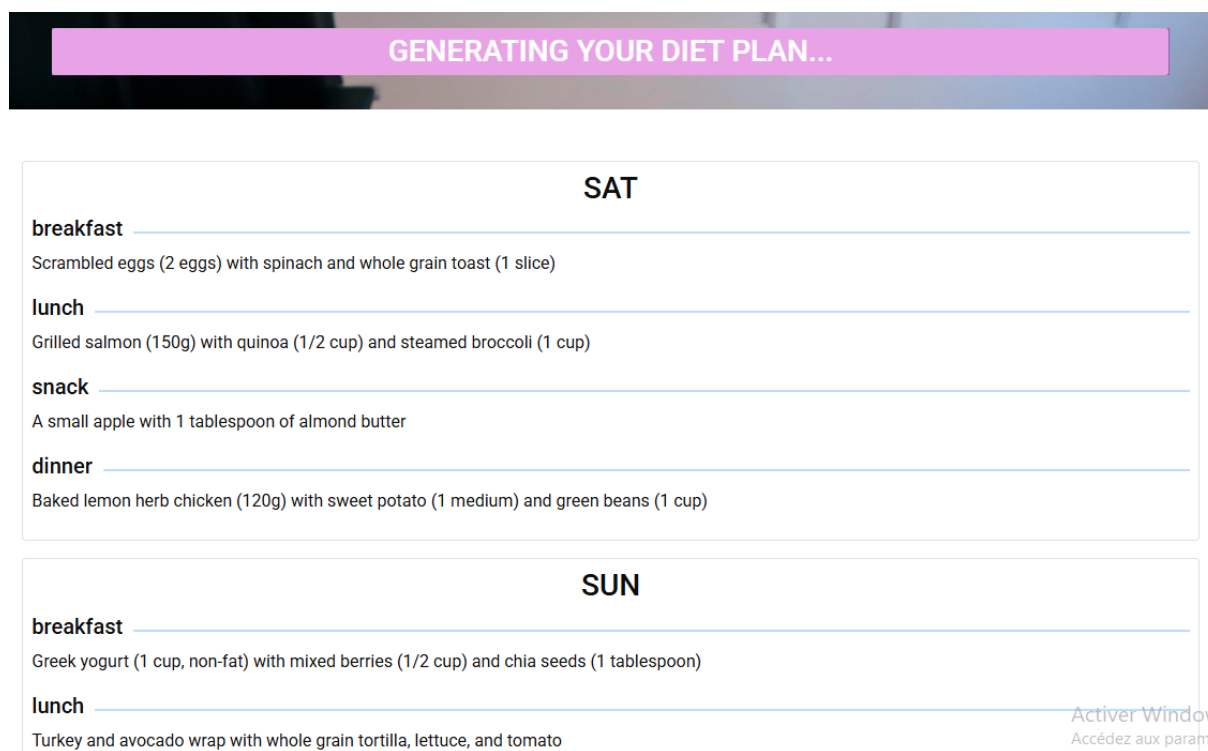
- ❖ Si le patient choisit l'option d'un régime généré par un médecin, il accède à une interface comme celle illustrée ci-dessus. Cette page affiche un calendrier interactif, une horloge en temps réel, ainsi qu'un tableau des repas planifiés pour la journée (petit-déjeuner, déjeuner, collation et dîner), tous marqués comme "à venir". À ce stade, le message « Your Diet Plan is Being Prepared » indique que le patient doit attendre que le médecin finalise et envoie son plan nutritionnel personnalisé. Cette attente souligne l'implication humaine et professionnelle dans l'élaboration du régime, assurant une prise en charge adaptée aux besoins spécifiques du patient.

DATE	TIME	EVENT	STATUS
2025-06-20	08:00	Breakfast	Completed
2025-06-20	12:00	Lunch	Completed
2025-06-20	16:00	Snacks	Upcoming
2025-06-20	20:00	Dinner	Upcoming

**Figure 47 :** La représentation de l'attente du patient en vue d'une réponse personnalisée

- ❖ Si le patient choisit une réponse générée par l'IA, il reçoit son régime immédiatement, comme illustré sur l'image ci-dessus. Le plan nutritionnel est proposé en quelques minutes seulement, avec une organisation claire des repas par jour : petit-déjeuner,

déjeuner, collation et dîner. Chaque repas est précisément détaillé avec les quantités et les aliments recommandés, permettant au patient de suivre facilement un programme adapté. Cette option se distingue par sa rapidité et son accessibilité, tout en s'appuyant sur des algorithmes intelligents pour proposer un régime équilibré et cohérent avec les informations fournies précédemment.



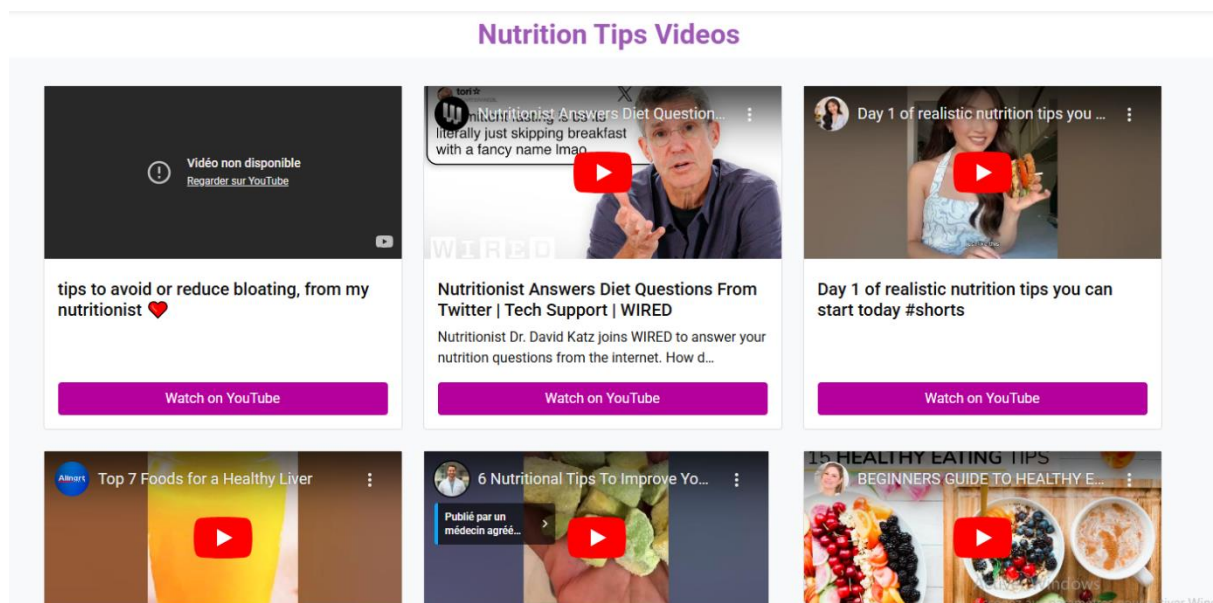
**Figure 48 :** Le régime proposé par l'IA

- ❖ Une fois que le patient soumet une demande de régime, celui-ci est traité et validé par le médecin ou le système. Après validation, le régime personnalisé est généré et affiché dans l'espace personnel du patient. Dès lors, lorsqu'il retourne à la page d'accueil (Home), le patient retrouve automatiquement son plan alimentaire affiché dans son tableau de bord. Ce régime est visible de manière claire, jour par jour, et reste accessible à tout moment pour consultation. L'interface permet également d'ajouter des fonctionnalités complémentaires.



**Figure 49 :** Exemple de régime journalier attribué à un utilisateur

- ❖ Cette interface présente une galerie de vidéos YouTube intégrées, destinée à fournir à l'utilisateur des conseils nutritionnels pratiques et accessibles. Elle est placée dans le tableau de bord du patient comme un espace éducatif complémentaire pour renforcer les bonnes habitudes alimentaires.

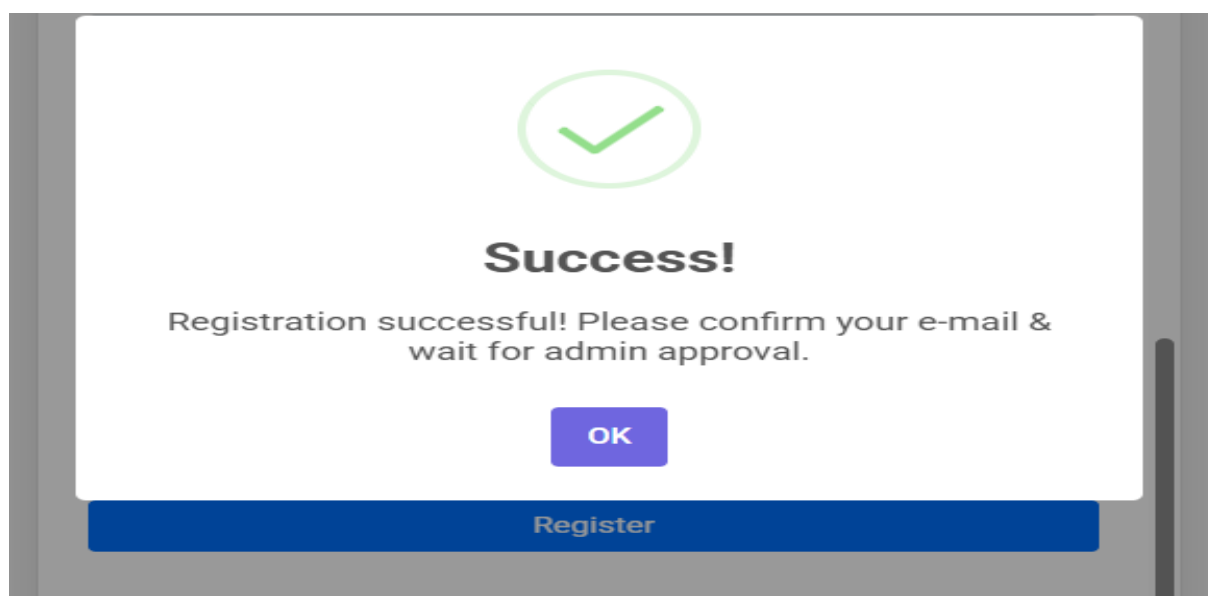


**Figure 50 :** Contenus vidéo pour améliorer les habitudes alimentaires

- ❖ L'application intègre un espace dédié permettant au patient de consulter l'historique complet de ses régimes alimentaires précédents. Cette fonctionnalité offre une vue chronologique claire des plans nutritionnels qui lui ont été attribués au fil du temps.

### 5.2.4 Interface d'expert

Lorsque le médecin crée son compte sur la plate-forme, une notification de réussite d'enregistrement s'affiche, comme montré sur l'image ci-dessus. Un message indique que la création du compte a bien été effectuée, mais qu'il est nécessaire de confirmer l'adresse e-mail et d'attendre l'approbation de l'administrateur avant de pouvoir accéder pleinement au système. Cette étape de validation garantit la sécurité et la fiabilité des profils professionnels enregistrés, assurant ainsi que seuls les médecins autorisés peuvent consulter ou générer des plans alimentaires pour les patients.



**Figure 51 :** Reçue par le médecin au moment de l'inscription, en attente l'approbation de l'administrateur

- ❖ Le médecin passe également par une étape d'activation de compte après son inscription. Comme illustré dans les images précédentes, il reçoit d'abord un message indiquant que l'enregistrement a été effectué avec succès, mais qu'il doit confirmer son e-mail et attendre la validation de l'administrateur. Ce n'est qu'après cette double vérification qu'il reçoit un e-mail d'approbation officielle, l'autorisant à accéder pleinement aux fonctionnalités de la plateforme. Cette procédure garantit un contrôle rigoureux de l'identité des professionnels, assurant ainsi la fiabilité des services offerts aux patients.



myhealthypartner0@gmail.com

to me ▼

## Welcome, SEGH-RANIA!



Please click the link below to activate your account:

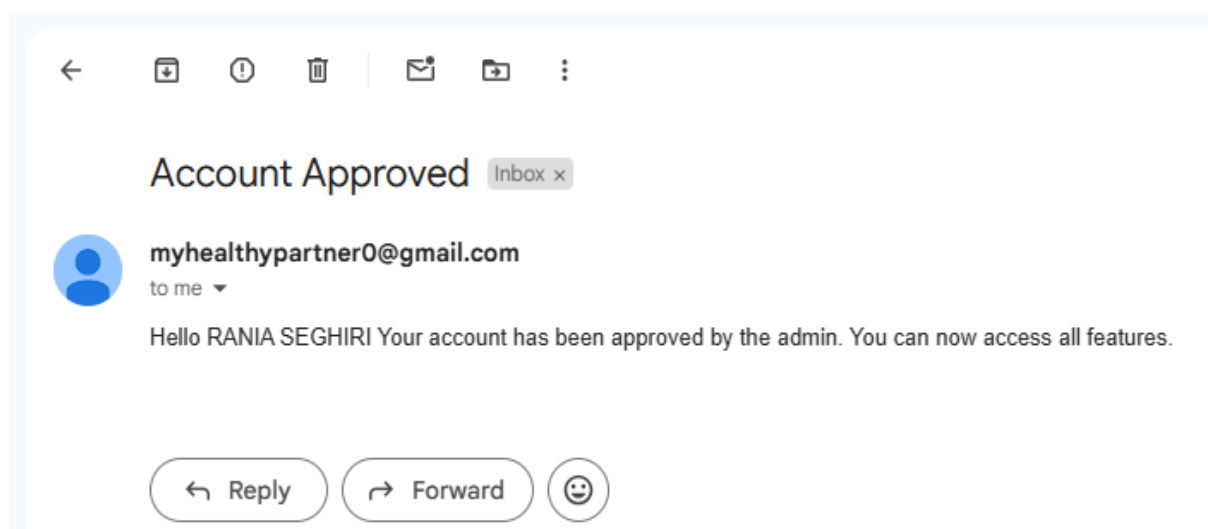
[Activate My Account](#)

This link will expire in 0.25 hours.

If you didn't request this, please ignore this email.

**Figure 52 :** L'email de la confirmation d'activation du compte médecin

- ❖ Une fois que l'administrateur approuve la demande d'inscription, le médecin reçoit un e-mail de confirmation comme celui présenté ci-dessus. Ce message informe que le compte a été validé avec succès et que l'utilisateur, en l'occurrence le médecin, peut désormais accéder à toutes les fonctionnalités de la plateforme. Cette étape marque la fin du processus d'activation et permet au professionnel de commencer à consulter les données des patients, générer des régimes personnalisés, et assurer un suivi nutritionnel conforme aux besoins de chaque utilisateur.



**Figure 53 :** L'approbation du médecin par l'administrateur via u message email

- ❖ Le tableau ci-dessus affiche les demandes de régimes nutritionnels soumises par les patients, accessibles depuis l'espace médecin. Chaque ligne contient des informations essentielles telles que le nom du patient, la date de création de la demande, la valeur de l'IMC, le statut de vérification ainsi que des actions possibles. Le statut "Verified" indique que la demande a été validée, et le médecin peut alors soit consulter les détails de la requête, soit supprimer celle-ci. Cette interface permet au médecin d'avoir un suivi organisé et clair des demandes reçues, facilitant ainsi une prise en charge nutritionnelle rapide et efficace.

Diet requests				
Verified Requests		Unverified Requests		
PATIENT NAME	DATE CREATED	BMI VALUE	STATUS	ACTIONS
RANIA SEGHIRI	June 20, 2025, 1:51 p.m.	32.66	✓ Verified	<a href="#">Details</a> <a href="#">Delete</a>

**Figure 54 :** Le Dashboard du médecin

- ❖ Après validation des demandes de régime, le médecin accède à une interface spécialement conçue pour renseigner manuellement le plan alimentaire hebdomadaire. Cette étape lui permet de personnaliser chaque repas de la semaine (petit-déjeuner, déjeuner, collation, dîner) en fonction des besoins nutritionnels spécifiques du patient. Grâce à cette grille organisée, le professionnel de santé peut structurer de manière claire et équilibrée les apports journaliers, assurant ainsi une prise en charge nutritionnelle individualisée, cohérente et conforme aux recommandations médicales

Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Breakfast	Breakfast	Breakfast	Breakfast	Breakfast	Breakfast	Breakfast
Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch
Snack	Snack	Snack	Snack	Snack	Snack	Snack
Dinner	Dinner	Dinner	Dinner	Dinner	Dinner	Dinner

**Figure 55 :** L'espace à remplir par le médecin pour le régime

- ❖ Lors de l'analyse d'une demande de régime, le médecin accède à une interface complète regroupant toutes les informations médicales et personnelles du patient. Cette page affiche notamment le poids, l'indice de masse corporelle (IMC), les antécédents médicaux comme le cholestérol ou le diabète, ainsi que des détails sur le mode de vie du patient : fréquence des repas, consommation de sucreries, de fast-foods, grignotages entre les repas, niveau d'hydratation et allergies éventuelles. L'ensemble de ces données permet au médecin de concevoir un plan alimentaire sur mesure, scientifiquement fondé et parfaitement adapté à la condition physique et aux habitudes de vie du patient, garantissant ainsi un suivi nutritionnel précis, efficace et durable.

Cholesterol: 53

**Patient's Lifestyle**

Meals Per Day: Once a day

Between Meals Snacking: No

Sweets Consumption: No

Fast Food Consumption: No

Water Intake: Insufficient

Food Allergies: No

Archive

No Recent Diet Found

Create diet

**Figure 56 :** Les détails de la demande du patient

### **5.2.5 Système de notification pour le patient et le médecin**

La plate-forme intègre un système de notifications intelligent conçu pour améliorer le suivi quotidien du patient et faciliter la gestion des demandes du côté médecin.

#### **5.2.5.1 Notifications pour le patient**

Le patient reçoit des rappels automatiques et personnalisés tout au long de la journée, afin de l'encourager à adopter et maintenir de bonnes habitudes de santé. Ces notifications concernent principalement l'hydratation, avec des rappels réguliers pour boire de l'eau, l'activité physique, en incitant le patient à pratiquer une marche quotidienne ou tout autre exercice léger, ainsi que les repas du jour, en rappelant les horaires et les contenus recommandés selon le régime personnalisé qui lui a été attribué. Ce système vise à renforcer l'engagement du patient vis-à-vis de son programme, et à favoriser une meilleure adhésion aux recommandations nutritionnelles et comportementales proposées par l'application.

#### **5.2.5.2 Notifications pour le médecin**

Le médecin est notifié en temps réel à chaque fois qu'un patient soumet une nouvelle demande de régime. Il peut également recevoir des alertes concernant les suivis à réaliser ou les mises à jour de régimes déjà attribués. Ce système de notification permet d'assurer une réactivité optimale dans le traitement des demandes et contribue à offrir un suivi plus individualisé et efficace pour chaque patient.

# *Conclusion*

Le travail sur « My Healthy Partner » a débuté par la conception d'une plate-forme intuitive et innovante, conçue pour accompagner les patients atteints de diabète et d'obésité dans l'adoption d'un régime alimentaire personnalisé. L'expérience utilisateur commence par une inscription ou une connexion à la plate-forme, suivie d'une évaluation initiale comprenant le calcul de l'indice de masse corporelle (IMC) et un questionnaire détaillé sur les habitudes alimentaires, le mode de vie et les antécédents médicaux. Ensuite, l'utilisateur peut choisir entre deux modes de personnalisation : l'assistance par intelligence artificielle (IA) ou une consultation avec des experts en nutrition et médecine. Après traitement des réponses et analyses fournies, la plate-forme propose un régime alimentaire adapté aux besoins spécifiques de chaque utilisateur, tout en assurant un suivi continu et motivant.

Les résultats obtenus grâce à cette approche sont très encourageants, car ils permettent aux utilisateurs de bénéficier d'un accompagnement personnalisé et scientifiquement validé. Cette méthodologie souligne l'importance de combiner technologie et expertise médicale pour répondre aux besoins individuels des patients. Notre plate-forme se distingue par sa simplicité d'utilisation, son accessibilité et son potentiel à améliorer significativement la qualité de vie des personnes souffrant de diabète et d'obésité.

Ce projet revêt une grande importance dans le domaine de la santé numérique, en offrant une solution pratique et innovante pour la gestion des maladies chroniques. Les implications de « My Healthy Partner » vont au-delà du simple accompagnement nutritionnel : elle contribue également à sensibiliser les utilisateurs à l'importance d'une alimentation équilibrée et d'un mode de vie sain. En poursuivant nos recherches et en intégrant de nouvelles technologies, nous espérons rendre notre outil encore plus performant et accessible, notamment en incluant des fonctionnalités avancées comme l'intégration avec des appareils connectés (balances intelligentes, trackers d'activité, etc.) et l'amélioration des algorithmes d'IA pour des recommandations encore plus précises.

D'autre part, nous prévoyons d'étendre les fonctionnalités de « My Healthy Partner » pour couvrir d'autres pathologies liées à l'alimentation, telles que les maladies cardiovasculaires ou les troubles métaboliques. Cela nécessiterait l'incorporation de nouveaux modèles intelligents adaptés à chaque condition spécifique. Nous souhaitons également enrichir notre base de connaissances en intégrant des articles scientifiques, des études cliniques et des retours d'expérience des utilisateurs, transformant ainsi la plate-forme en une ressource collaborative pour les professionnels de santé et les patients.

Enfin, une plateforme pratique de ce projet consisterait à déployer « My Healthy Partner » dans des contextes réels, tels que les hôpitaux, les cliniques et les centres de santé, afin d'évaluer son efficacité et son impact sur le terrain. Cette phase de mise en œuvre permettrait non seulement de valider les performances de la plateforme, mais aussi de recueillir des données supplémentaires pour affiner les algorithmes et améliorer continuellement l'expérience utilisateur. Grâce à ces efforts, « My Healthy Partner » pourrait devenir un outil incontournable dans la gestion des maladies chroniques et dans la promotion d'un mode de vie sain.

# *Chapitre 06*

## 6 Chapitre 06 : Plan de financement

Un plan de financement constitue un outil de gestion prévisionnelle. Il sert à évaluer les ressources financières requises pour mener à bien votre projet, ce qui permet d'en confirmer la viabilité et la rentabilité. Essentiel pour la création de votre entreprise et le lancement de votre activité, le plan de financement est également nécessaire lors d'un investissement à effectuer ou d'une sollicitation de financement auprès d'une institution bancaire.

### 6.1 Les couts et charges

#### 6.1.1 Matériels requis

##### 6.1.1.1 Achat du mobilier

Mobilier	Prix	Quantité	Total
Bureau	20.000 DA	3	60.000 DA
Chaises visiteurs	4.000 DA	8	32.000 DA
Chaises bureau	8.500 DA	3	25.500 DA
PC Portable	100.000 DA	1	100.000 DA
Imprimante	30.000 DA	2	60.000 DA
Modem	9.000 DA	1	9.000 DA
PC bureau	130.000 DA	2	260.000 DA
Caméra de surveillance	35.000 DA	3	105.000 DA
Un climatiseur	66.000 DA	1	66.000 DA
Un chauffage	25.000 DA	1	25.000 DA
Un petit meuble de rangement (dossiers)	12.000 DA	1	12.000 DA
Décoration (des plantes, des cadres...)	1.800 DA	3	5.400 DA
Total			759.900 DA

##### 6.1.1.2 Financement pour lancer notre projet (fond de roulement)

❖ Matière première: 00 DA

- ❖ Matières diverses (Électricité, internet, l'eau) : 60.000 DA
  - **Fonds de roulement (période 6 mois):** matière première + matière divers = 60.000 DA
  - **Pour location du locale:**
    - Loyer : 50.000 DA (mois) \* 12 = 600.000 DA (an)
  - **Les services annexes à prendre en compte lors de l'ouverture du projet :**
- ❖ Assurance: 20.000 DA

### 6.1.1.3 Cout globale du projet

Achat du mobilier + Font de roulement + Assurance = 759.900 + 60.000 + 20.000 = 839.900 DA

## 6.2 Calcul prévisionnel du coût de revient du produit

- ❖ Matière divers (Électricité, internet, l'eau) : 60.000 DA
- ❖ Matière divers (12 mois) : 60.000 DA \* 12 = 720.000 DA
- ❖ Amortissement = Coût totale des équipements / 5 (l'âge de tous les équipements est 5 ans) = 759.900 DA / 5 A = 151.980 DA
- ❖ Loyer : 600.000 DA (12 mois)
- ❖ Salaire

Employés	Salaire
1 Médecin	60.000 DA
1 Réceptionniste	30.000 DA
1 Un gérant (moi-même)	60.000 DA
1 Expert en sécurité en informatique	60.000 DA
Total	210.000 DA

- Salaire (12 mois) : 210.000 DA \* 12 = 2.520.000 DA
- Totale des charges fixes = salaire des employés + amortissement + loyer + assurance = 2.520.000 DA + 151.980 DA + 600.000 DA + 20.000 DA = 3.291.980 DA
- Totale des charges variables = matières diverses = 720.000 DA
- Charge totale = Totale des charges fixes + Totale des charges variables =

$$3.291.980 \text{ DA} + 720.000 \text{ DA} = 4.011.980 \text{ DA}$$

### 6.3 Tarifs des ventes

- Horaire de travail : 9 h/24 pendant 11 mois
- Nous comptons intégrer 10 médecins par mois, donc 110 médecins par an.
- Le coût d'abonnement = charge totale / nombre de du médecin =  $4.011.980 \text{ DA} / 110 = 36.472 \text{ DA}$
- Le bénéfice est de 30%, calculé comme suit :  $36.472 \text{ DA} * 30/100 = 10.941 \text{ DA}$   
Donc : le prix de vente est =  $36.472 \text{ DA} + 10.941 \text{ DA} = 47.413 \text{ DA}$

Désignations	Prix d'abonnement
Abonnement	47.413 DA

### 6.4 Calcule prévisionnel du chiffre d'affaires de la 1<sup>re</sup> année

- Vente mensuelle :  $(47.413 \text{ DA} * 10) = 474.130 \text{ DA}$
- Chiffre d'affaires annuel est de :  $474.130 \text{ DA} * 11 = 5.215.430 \text{ DA}$
- Le bénéfice attendu de l'entreprise pour la première année  
= Chiffre d'affaires annuel - Charge totale =  $5.215.430 \text{ DA} - 4.011.980 \text{ DA} = 1.203.450 \text{ DA}$

***BMC***

## 7 Model d'affaire économique (BMC) :

Partenaires clés
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Professionnels de santé : des médecins spécialisés, des médecins non spécialisés et des nutritionnistes pour proposer et valider les régimes alimentaires</li> <li>-Etablissements de santé publics et privés</li> <li>-Fournisseurs de technologie : Collaborer avec des entreprises technologiques pour améliorer les capacités et la sécurité de la plateforme</li> <li>-Fournisseurs de services d'hébergement pour assurer la disponibilité de la plateforme en ligne.</li> <li>-Sponsors : organisations et partenaires intéressés par le soutien de projet</li> <li>-Associations des patients : groupe de soutien pour les diabétiques et les personnes obèses.</li> </ul>
Activités clés
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Développement et maintenance de la plateforme : mise à jour continue des fonctionnalités et correction des bugs</li> <li>-Analyse des données : utilisation de l'IA pour analyser les données des utilisateurs et proposer des recommandations précises</li> <li>-Gestion des utilisateurs : authentification, validation des comptes des médecins et gestion notifications</li> <li>-Formation et sensibilisation : création de contenus éducatifs pour les patients et les professionnels de santé.</li> </ul>
Proposition de valeurs
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Précision et personnalisation des diagnostics : utilisation d'algorithme d'apprentissage automatique (IA) pour analyser les données des utilisateurs et proposer des régimes personnalisés</li> <li>-Accompagnement continu : interface intuitive permettant aux patients de suivre leurs IMC, leurs habitudes alimentaires et leur mode de vie</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>-Formation et sensibilisation : fournir des ressources éducatives sur l'alimentation équilibrée ; l'activité physique et la gestion des maladies chroniques</li> <li>-Collaboration médecin-patient : faciliter la communication entre les médecins et les patients via notifications, des questionnaires et des demandes de régimes personnalisés</li> </ul>
<b>Relation avec les clients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Assistante technique : support client pour résoudre rapidement les problèmes techniques</li> <li>-Formation continu : formation des utilisateurs (patient et médecin) sur l'utilisation de la plateforme</li> <li>-Engagement utilisateur : intégration de feedback pour améliorer les fonctionnalités et personnaliser d'avantage les services.</li> </ul>
<b>Segments de clientèle</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Patient atteints des maladies chroniques : diabétiques et personnes souffrant d'obésité</li> <li>-Professionnels de la santé médecins spécialisés et non spécialisés et nutritionnistes</li> <li>-Etablissements de santé publics comme : les hôpitaux... et privés comme : les cliniques</li> <li>-Femmes enceintes ou en période post-partum : ciblage précis pour des régimes appropriés à la grossesse ou au diabète gestationnel.</li> </ul>
<b>Ressources humaines</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Equipe de développeurs, experts en IA, nutritionnistes, médecins et support client</li> <li>-Technologies : infrastructures backend (serveurs, base de données) outils de développements (django, css, JavaScript, html)</li> <li>-Données : collecte et organisation des données des utilisateurs pour enrichir les modèles d'IA</li> <li>-Partenariats : collaboration avec des fournisseurs de technologies...</li> </ul>
<b>Canaux de distributions</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Plateforme en ligne accessible : disponible pour les patients et les professionnels de santé via une interface web intuitive</li> </ul>

- Application web : développement d'une application pour faciliter l'accès à la plateforme
- Partenariat avec des institutions médicales et du sports : collaboration avec des hôpitaux, des cliniques et des salles de sport

#### **Structure de cout**

- Développements et maintenance : cout du développement initial et des mises à jours régulières
- Infrastructure technologiques : serveurs, stockages de données et sécurité
- Support client : assistante technique et gestion feedback
- Marketing et promotion : promotion de la plateforme auprès des patients et des professionnels de la santé
- Formation et sensibilisation : création de contenus éducatifs et organisation de formations

#### **Sources des revenus**

- Frais d'abonnement : abonnement mensuels ou annuels pour les patients et les professionnels de santé
- Vente de programme personnalisé : régimes alimentaires et plans nutritionnels personnalisés
- Partenariat commerciaux : collaboration avec des laboratoires, des fabricants de produits alimentaires sains et des cliniques
- Services additionnels : consultations payantes avec des experts via la plateforme

## *Les références*

## *Références*

- [1] Centre de Ressources et d'informations Nutritionnelles., "FN 2022 - Régimes alimentaires et pathologies ;," 2022.
- [2] Z. Punthakee, R. Goldenberg and P. Katz, "Diabetes Canada 2018 Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Management of Diabetes in Canada: Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes, Prediabetes and Metabolic Syndrome," *Canadian Journal of Diabetes*, vol. suppl 1, pp. S10 -S15, 2018.
- [3] M. Franz, J. Bantle, C. Beebe, J. Brunzel, J. Chiasson, A. Garg, L. Holzmeister, B. Hoogwerf, E. Mayer-Davis, A. Mooradian, J. Purnell and M. Wheeler, "Principes et recommandations nutritionnels fondés sur des preuves pour le traitement et la prévention du diabète et des complications connexes (Revue technique)," *Diabetes Care*, vol. 25, pp. 148 -198, 2002.
- [4] American Diabetes Association, "Activité physique/exercice physique et diabète (énoncé de position)," *Diabetes Care*, vol. 27, no. suppl .1, pp. S58 -S62, 2004.
- [5] American Diabetes Association, "Diabète de type 2 chez les enfants et les adolescents (déclaration de consensus)," *Diabetes Care*, vol. 23, pp. 381 - 389, 2000.
- [6] P. Cryer, S. Davis and H. Shamoon, "Hypoglycémie dans le diabète," *Diabetes Care*, vol. 26, pp. 1902 -1912, 2003.
- [7] F. Sacks, L. Svetkey, W. Vollmer, L. Appel, G. Bray, D. Harsha, E. Obarzanek, P. Conlin, E. Miller, D. Simons-Morton, N. Karanja and P. Lin, "Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet," *New England Journal of Medicine*, vol. 340, no. 1, pp. 3 - 10, 2001.
- [8] Current Diabetes Reviews, vol. 8, no. 2, pp. 76 - 83, 2012.
- [9] M. Bonnamy and M. Kurtz, *Comprendre Choisir Un Nom*, Paris: Fine Media, 2014.

- [10] Pirozzo, S.L; Summerbell, C.D; Cameron, C; Glasziou, PP; Cochrane Metabolic and Endocrine Disorders Group, “Conseils sur les régimes pauvres en graisses pour l’obésité,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2, 2008.
- [11] D. Moores, “L’obésité :causes, conséquences et traitements,” 23 5 2001.
- [12] S. Volkov , K. Robinson , P. Viro , Q. Marringly , E. Martino and D. Spitz , “10 faits sur l’obésité.,” 2017. [Online]. [Accessed 28 Septembre 2018].
- [13] J. Meys, “Le tour de taille est aussi important que le poids.,” [Online]. Available: <https://www.diabete-abd.be/nospublications/diabete-et-alimentation/une-alimentation-saine/le-tour-de-taille-est-aussiimportant-que-le-poids.aspx>. [Accessed 09 septembre 2018].
- [14] F. Sassi, “Traitement de l’obésité Abdominale,” [Online]. Available: <http://obesite.ulaval.ca/obesite/abdominale/traitement.php>. [Accessed 19 septembre 2019].
- [15] B. Heude , P. Scherdel , A. Werner , M. Le Guern , N. Gelbert, D. Walther, M. Arnould , M. Bellaïche , B. Chevallier , J. Cheymol , E. Jobez , S. N’Guyen, C. Pietrement, R. Reynaud, J. Salaün , B. Khoshnood , J. Zeitlin , J. Maccario , G. Breart , J. Thalabard , M. Charles , J. Botton , B. Frandji and M. Chalumeau , “A big-data approach to producing descriptive anthropometric references: a feasibility and validation study of paediatric growth charts.,” *Lancet Digit Health.*, 2019.
- [16] M. Bergerat , B. Heude , M. Taine , S. Nguyen The Tich, A. Werner , B. Frandji , T. Blauwblomme , D. Sumanaru , M. Charles , M. Chalumeau and P. Scherdel , “Head circumference from birth to five years in France: New national reference charts and comparison to WHO standards,” *Lancet Reg Health Eur*, 2021.
- [17] A. Makris and G. Foster , “Dietary approaches to the treatment of obesity,” *Psychiatr Clin North Am*, vol. 28, no. 1, pp. 117 - 139 viii-ix [PubMed], 2005.
- [18] L. Ge, B. Sadeghirad, G. Ball , B. da Costa, C. Hitchcock , A. Svendrovski , R. Kiflen , K. Quadri , H. Kwon , M. Karamouzian , T. Adams-Webber, W. Ahmed, S. Damanhoury , D. Zeraatkar , A. Nikolakopoulou , R. Tsuyuki , J. Tian , K. Yang , G. Guyatt and B. Johnston , “Comparison of dietary macronutrient patterns of 14 popular

named dietary programmes for weight and cardiovascular risk factor reduction in adults: systematic review and network meta-analysis of randomised trials,” *BMJ*, vol. 369, p. m696 [PubMed], 01 Avril 2020.

- [19] D. Tobias , M. Chen , J. Manson , D. Ludwig , W. Willett and F. Hu , “Effect of low-fat diet interventions versus other diet interventions on long-term weight change in adults: a systematic review and meta-analysis,” *Lancet Diabetes Endocrinol*, vol. 3, no. 12, pp. 968 - 979 [PubMed], décembre 2015.
- [20] S. Eaton , “The ancestral human diet: what was it and should it be a paradigm for contemporary nutrition?,” *Proc Nutr Soc*, vol. 65, no. 1, pp. 1-6 21.[PubMed], février 2006.
- [21] F. Brouns , “Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable?,” *Eur J Nutr*, vol. 57, no. 4, pp. 1301-1312 [PubMed], JUIN 2018.
- [22] G. Turner-McGrievy, T. Mandes and A. Crimarco , “A plant-based diet for overweight and obesity prevention and treatment,” *J Geriatr Cardiol*, vol. 14, no. 5, pp. 369-374 [PubMed], Mai 2017.
- [23] N. Mansoor , K. Vinknes , M. Veierød and K. Retterstøl , “Effects of low-carbohydrate diets v. low-fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials,” *Br J Nutr*, vol. 115, no. 3, pp. 466-479 [PubMed], 14 Février 2016.
- [24] T. Wood , R. Hansen , A. Sigurðsson and G. Jóhannsson , “The cardiovascular risk reduction benefits of a low-carbohydrate diet outweigh the potential increase in LDL-cholesterol,” *Br J Nutr*, vol. 115, no. 6, pp. 1126 - 1128 [PubMed], 28 Mars 2016.
- [25] K. Esposito , C. Kastorini , D. Panagiotakos and D. Giugliano , “Mediterranean diet and weight loss: meta-analysis of randomized controlled trials,” *Metab Syndr Relat Disord*, vol. 9, no. 1, pp. 1-12 [PubMed], Février 2011.
- [26] K. Esposito , M. Maiorino , G. Bellastella , P. Chiodini , D. Panagiotakos and D. Giugliano , “A journey into a Mediterranean diet and type 2 diabetes: a systematic review with meta-analyses,” *BMJ Open*, vol. 5, no. 8, p. e008222, 10 Août 2015.

- [27] S. Anton , A. Hida, K. Heekin , K. Sowalsky , C. Karabetian , H. Mutchie , C. Leeuwenburgh , T. Manini and T. Barnett , “Effects of Popular Diets without Specific Calorie Targets on Weight Loss Outcomes: Systematic Review of Findings from Clinical Trials,” *Nutrients*, vol. 9, no. 8, p. 822, 31 juillet 2017.
- [28] J. Mancini , K. Filion , R. Atallah and M. Eisenberg , “Systematic Review of the Mediterranean Diet for Long-Term Weight Loss,” *Am J Med*, vol. 129, no. 4, pp. 407-415 e4, Avril 2016.
- [29] R. Huang , C. Huang , F. HU and J. Chavarro , “Vegetarian Diets and Weight Reduction: a Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials,” *J Gen Intern Med*, vol. 31, no. 1, pp. 109 - 116, Janvier 2016.
- [30] H. Parretti , S. Jebb , D. Johns , A. Lewis , A. Christian-Brown and P. Aveyard , “Clinical effectiveness of very-low-energy diets in the management of weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials,” *Obes Rev*, vol. 17, no. 3, pp. 225-234, Mars 2016.
- [31] D. Van Dale, W. Saris and F. Ten Hoor, “Weight maintenance and resting metabolic rate 18-40 months after a diet exercise treatment,” *Int J Obes*, vol. 14, pp. 347-359, 1990.
- [32] J. Tuomilehto , J. Lindström , J. Ericksson , T. Valle , H. Hämäläinen and coll, “Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance,” *N Eng J Med*, vol. 344, no. 18, pp. 1343-1350, 2001.
- [33] A. Fero and Alfediam, “Rocommandation pour diagnostic, la prévention et le traitement de l'obésité,” *cah.nut Diet*, vol. 33, no. 2, pp. 1-48, 1998.
- [34] W. James, *The epidemiology of obesity*, D. chadwick and G. fardew, Eds., Chiestere UK: Wiley, 1996, pp. 1-16.
- [35] I. Fradj, Y. Belaid and s. Bensaha, “L'alimentation, l'obésité et le diabète non insulino-dépendant,” Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouergla, 2007.

- [36] Institut national de la santé et de la recherche médicale, “Diabète de type 2 et Diabète de type 1,” 2019. [Online]. Available: <https://www.inserm.fr/>. [Accessed 14 NOVEMBRE 2024].
- [37] Haute Autorité de santé , *Actes et prestations - Affection de longue durée - Diabète de type 1 et diabète de type 2*, HAS, Ed., Saint-Denis La Plaine (France), 2014.
- [38] Assurance Maladie, “Repères diabète – Les graisses dans l’alimentation,” 2022. [Online]. Available: <https://www.ameli.fr/>. [Accessed 20 NOVEMBRE 2024].
- [39] Santé publique France, *Diabète*, S. p. France, Ed., Saint Maurice (France), 2023.
- [40] Assurance maladies, “Repères diabète – Les glucides dans l’alimentation,” Juillet 2022. [Online]. Available: <https://www.ameli.fr/>. [Accessed 20 Novembre 2024].
- [41] National Health service (NHS), *Type 2 diabetes*, NHS, Ed., LONDRES, 2023.
- [42] Haute Autorité de santé, “Diabète de type 2 : les thérapies non médicamenteuses d'abord,” 2024. [Online]. Available: <https://www.has-sante.fr/>. [Accessed 20 novembre 2024].
- [43] Agence française de sécurité sanitaire des aliments, “Les lipides,” 2021. [Online]. Available: <https://www.anses.fr/fr/content/laboratoire-de-securite-des-aliments-sites-de-maisons-alfort-et-de-boulogne-sur-mer>. [Accessed 20 Novembre 2024].
- [44] H. Boeing, A. Bechthold, A. Bub, S. Ellinger, D. Haller, A. Kroke and B. Watzl, “Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases,” *European journal of nutrition*, vol. 51, no. 6, 2012.
- [45] D. Mozaffarian, “Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity,” *Circulation*, 2016.
- [46] A. Afshin, M. Forouzanfar, M. Reitsma, P. Sur, K. Estep, A. Lee and R. Micha, “Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years,” *New England Journal of Medicine*, vol. 377, no. 1, pp. 13 - 27, 2017.
- [47] J. Slavin, “Dietary fiber and body weight,” *Nutrition*, vol. 21, no. 3, pp. 411- 418, 2005.

- [48] World Health Organization, Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation (No. 916), Geneva: World Health Organization, 2003.
- [49] S. Pasiakos, J. Cao, L. Margolis, E. Sauter, L. Whigham, J. McClung and A. Young, "Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial," *The FASEB Journal*, vol. 27, no. 9, pp. 3837 - 3847, 2013.
- [50] D. Mozaffarian and J. H. Y. Wu, "Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 58, no. 20, pp. 2047 - 2067, 2011.
- [51] D. Ludwig, "The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease," *JAMA*, vol. 287, no. 18, pp. 2414 - 2423, 2002.
- [52] American Diabetes Association, Foundations of care: education. , American Diabetes Association, 2014.
- [53] V. S. Malik, A. Pan, W. C. Willett and F. B. Hu, "Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis," *The American journal of clinical nutrition*, vol. 98, no. 4, pp. 1084-1102, 2013.
- [54] K. L. Stanhope, "Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy," *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, vol. 53, no. 1, pp. 52-67, 2016.
- [55] R. Micha and D. Mozaffarian, "Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence," *Lipids*, vol. 44, no. 10, pp. 887-902, 2009.
- [56] C. A. Monteiro, G. Cannon, R. B. Levy, J. C. Moubarac, P. Jaime, A. P. Martins and M. L. Louzada, "NOVA. The star shines bright," *World Nutrition*, vol. 7, no. 1-3, pp. 28 - 38, 2016.

- [57] T. Fiolet, B. Srour, L. Sellem, E. Kesse-Guyot, B. Allès, C. Méjean and S. Hercberg, “2018,” *Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort*, vol. 360, p. k320, *bmj*.
- [58] F. Juul and E. Hemmingsson, “Trends in consumption of ultra-processed foods and obesity in Sweden between 1960 and 2010,” *Public health nutrition*, vol. 18, no. 17, pp. 3096-3107.
- [59] A. W. Barclay, P. Petocz, J. McMillan-Price, V. M. Flood, T. Prvan, P. Mitchell and J. C. Brand-Miller, “Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk—a meta-analysis of observational studies,” *The American journal of clinical nutrition*, vol. 87, no. 3, pp. 627-637, 2008.
- [60] R. R. Wing and S. Phelan, “Long-term weight loss maintenance,” *The American journal of clinical nutrition*, vol. 82, no. 1, pp. 222S-225S, 2005.
- [61] D. Mozaffarian, T. Hao, E. B. Rimm, W. C. Willett and F. B. Hu, “Changes in diet and lifestyle and long-term weight gain in women and men,” *New England Journal of Medicine*, vol. 364, no. 25, pp. 2392-2404, 2011.
- [62] M. K. Alencar, K. Johnson, R. Mullur, V. Gray, E. Gutierrez and O. Korosteleva, “The efficacy of a telemedicine-based weight loss program with video conference health coaching support,” *Journal of telemedicine and telecare*, vol. 25, no. 3, pp. 151 - 157, 2019.
- [63] S. Janny, S. Nathan and W. Shu-Quartier, *Introduction à l’apprentissage Automatique*, 2022.
- [64] nordvpn, “apprentissage-automatique,” [Online]. Available: <https://nordvpn.com/fr/blog/apprentissage-automatique/>. [Accessed Avril 13 2024].
- [65] J. Robert, “Machine Learning : Définition, fonctionnement, utilisations,” 14 Mars 2024. [Online]. Available: <https://datascientest.com/machine-learning-tout-savoir>. [Accessed 26 Mars 2024].

- [66] Kaizen Institute, “concepts de base de l'apprentissage automatique,” [Online]. Available: <https://kaizen.com/fr/publications/concepts-base-apprentissage-automatique/>. [Accessed 25 Mars 2024].
- [67] blent.ai, “apprentissage-supervise,” [Online]. Available: <https://blent.ai/blog/a/apprentissage-supervise-definition>. [Accessed 03 Janvier 2025].
- [68] Le digitaliseur, “Apprentissage supervisé : essentiel à l'apprentissage automatique,” [Online]. Available: <https://ledigitaliseur.fr/ia/apprentissage-supervise/>. [Accessed 24 Février 2025].
- [69] Le magit, “Machine Learning les 9 types d'algorithmes les plus pertinents en entreprise,” [Online]. Available: <https://www.lemagit.fr/conseil/Machine-Learning-les-9-types-dalgorithmes-les-plus-pertinents-en-entreprise>. [Accessed 22 Mai 2025].
- [70] acapros, “avantage et inconvénient de réseau de neurone dans l'apprentissage,” décembre 2023. [Online]. Available: <https://acapros.fr/wp-content/uploads/2023/12/avantage-et-inconvénient-de-reseau-de-neurone-dans-lapprentissage2-1024x288.png>. [Accessed 11 Mai 2025].
- [71] deeply learning, “fonctionnement du neurone artificiel,” 09 Juin 2023. [Online]. Available: <https://deeplylearning.fr/cours-theoriques-deep-learning/fonctionnement-du-neurone-artificiel/>. [Accessed 29 Avril 2025].
- [72] picsellia, “fonctions-d'activation-reseaux-neurones,” 9 Juin 2022. [Online]. Available: <https://www.picsellia.fr/post/fonctions-dactivation-reseaux-neurones>. [Accessed 05 Mai 2025].
- [73] studymachinelearning.com, 09 Juin 2023. [Online]. Available: <https://studymachinelearning.com>. [Accessed 09 Mai 2025].
- [74] BibMath, “Fonction sigmoïde,” 09 Juin 2021. [Online]. Available: <https://www.bibmath.net/dico/index.php?action=affiche&quoi=.s/sigmoide.html>. [Accessed 02 Juin 2025].

- [75] picsellia, “<https://www.picsellia.fr/post/>,” 19 Septembre 2022. [Online]. Available: <https://www.picsellia.fr/post/fonctions-dactivation-reseaux-neurones#6-Fonctions-dactivation-populaires>. [Accessed 09 Juin 2025].
- [76] nomidl, “nomidl,” juin 09 2023. [Online]. Available: <https://www.nomidl.com>. [Accessed Février 12 2025].
- [77] Researchgate, “Figure B4 Plot of the Softmax activation function,” [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Figure-B4-Plot-of-the-Softmax-activation-function-For-a-definition-of-its-functional\\_fig81\\_339240163](https://www.researchgate.net/figure/Figure-B4-Plot-of-the-Softmax-activation-function-For-a-definition-of-its-functional_fig81_339240163). [Accessed 25 Mai 2025].
- [78] Data Bird, “reseaux-de-neurones,” 25 Octobre 2022. [Online]. Available: <https://www.data-bird.co/blog/reseaux-de-neurones>. [Accessed Janvier 2025].
- [79] P. Liu, F. Ma, H. Lou and Y. Liu, “The utility of fat mass index vs. Body mass index and percentage of body fat in the screening of metabolic syndrome,” *BMC Public Health*, vol. 13, no. 629, Juillet 2013.
- [80] Pinterest, n.d. [Online]. Available: Pininerest [internet]. Image, n.d. [consulté le 10 Oct 2015]. Disponible : <https://www.pinterest.com/pin/359443613986092768/>.
- [81] p. Marques-Vidal, M. Bochud, V. Mooser, F. Paccaud, G. Waeber and P. Vollenweider, “Obesity markers and estimated 10-year fatal cardiovascular risk in Switzerland,” *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, vol. 19, no. 7, pp. 462-468, 2009.
- [82] International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring, “International Consensus on Use of Continuous Glucose Monitoring,” *Diabetes Care*, vol. 14, no. 12, p. 1631–1640, Décembre 2017.
- [83] D. Nathan, J. Kuenen, R. Borg, H. Zheng, D. Schoenfeld and A1c-Derived Average Glucose Study Group, “Translating the A1C assay into estimated average glucose values,” *Diabetes Care*, vol. 31, p. 1473–1478, 2008.
- [84] N. Wei, H. Zheng and D. Nathan, “Empirically establishing blood glucose targets to achieve HbA1c goals,” *Diabetes Care*, vol. 37, p. 1048–1051, 2014.

- [85] A. M. Sophia, “Diabète : les analyses médicales / La mesure de l’HbA1c,” 15 Mai 2018. [Online]. Available: <https://www.ameli.fr/sophia/diabete/analyse-medicale/hba1c>.
- [86] F. Mach, C. Baigent, A. Catapano, K. Koskinas, M. Casula, L. Badimon, M. Chapman, G. De Backer, V. Delgado, B. Ference, I. Graham, A. Halliday, U. Landmesser, B. Mihaylova, T. Pedersen, G. Riccardi, D. Richter, M. Sabatine, M. Taskinen, L. Tokgozoglu, O. Wiklund and ESC Scientific Document Group, “2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk,” *Eur Heart J*, vol. 41, no. 1, 1 Janvier 2020.
- [87] “Cholestérol LDL moyen et prévalence de l’hypercholestérolémie LDL chez les adultes de 18 à 74 ans, Etude nationale nutrition santé (ENNS) 2006-2007 ; France métropolitaine”. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*.
- [88] Haute autorité de santé (HAS), “Principales dyslipidémies : stratégies de prise en charge,” Paris, Février 2017.
- [89] Agence nationale de sécurité du médicaments et des produits de santé (ANSM), “Prise en charge thérapeutique du patient dyslipidémique,” ANSM, Paris, 2000.
- [90] Haute Autorité de santé (HAS), “Efficacité et efficience des hypolipémiants Une analyse centrée sur les statines.,” Haute Autorité de santé, Paris, Juillet 2010.
- [91] D. Pascal , *Guide pratique des analyses médicales*, Maloine, Ed., Paris: 6e edition , 2015.
- [92] A. Coin, S. Giannini and N. Minicuci, “Valeurs de référence de la masse maigre et de la masse grasse des membres par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) chez une population italienne âgée de 20 à 80 ans,” *Nutrition clinique*, vol. 31, no. 4, p. 506–511, 2012.
- [93] Holick and F. Michael , *Vitamine D : Métabolisme, régulation et maladies associées*, Paris: Elsevier Masson, 2015.
- [94] S. Vanlint, “Vitamine D et obésité,” *Nutriments*, vol. 5, no. 3, p. 949–956, 2013.

- [95] I. González-Molero, G. Rojo-Martínez and S. Morcillo, "Hypovitaminose D et incidence de l'obésité : une étude prospective," *Européenne de nutrition clinique*, vol. 67, pp. 680 - 682, 2013.
- [96] K. S. Vimalaswaran, D. Berry and C. Lu, "Relation causale entre obésité et statut en vitamine D : analyse de randomisation mendélienne bidirectionnelle de cohortes multiples," *PloS Medicine*, 2013.
- [97] J. Wortsman, L. Matsuoka, T. Chen, Z. Lu and M. Holick, "Diminution de la biodisponibilité de la vitamine D chez les personnes obèses," *American Journal Clinical Nutrition*, 2022.
- [98] Canadian Paediatric society, "Vitamin D supplementation: recommendations for Canadian mothers and infants," *Paediatrics & child health*, vol. 12, no. 7, pp. 583-598, 2007.
- [99] Institut nationale de la santé et de la recherche médicale (INSERM), "Diabète de type 2 Un trouble du métabolisme principalement lié au mode de vie," février 2019.
- [100] I. Coutière-Collignon, Folate, vitamine B12, Bioforma, Ed., Paris, 2019, pp. 147 - 154.
- [101] J. Leboulanger, Vitamine B12, F. Hoffmann and La Roche et Cie Ed, Eds., Neuilly/seine, 2022, pp. 141 - 151.
- [102] J. Zittoun , Vitamine B12 (cobalamines et folates), Paris: 4e Ed. Médecine-Sciences, Flammarion, 2020.
- [103] Current Diabetes Reviews. (2012), vol. 8, no. 2, pp. 76 - 83, 2012.
- [104] Agence française de sécurité sanitaire des aliments, "Les glucides," 2021. [Online]. Available: <https://www.anses.fr/fr/content/laboratoire-de-securite-des-aliments-sites-de-maisons-alfort-et-de-boulogne-sur-mer>. [Accessed 20 Novembre 2024].
- [105]

