République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi –Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie appliquée

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master LMD

En : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

Par :

M^{elle}. Moumene Hadil & **M**^{elle}. Gahfaz Amina

Intitulé :

Valorisation des restes végétaux : Développement et évaluation d'un complément alimentaire bio pour la perte de poids

Devant le jury :

M. Gasmi Salim	**MCA**	**Université de Tébessa**	**Présidente**
M. Ben Aicha Brahim	**MCB**	**Université de Tébessa**	**Rapporteur**
Mm. Guedri Kamilia	**MCA**	**Université de Tébessa**	**Examinatrice**
M. Merzoug Soltane	**MCA**	**Université de Tébessa**	**Représentant de l'incubateur**
M. Ghellab Ali	**Subdivisionnaire**	**Daïra d'Elkouif, Tébessa**	**Représentant de DSA**
M. Fathallah Walid	**Directeur**	**Laboratoire de contrôle de la qualité**	**Invité**

Date de soutenance : 08 /07/2025

Résumé

Face à l'augmentation alarmante de l'obésité, une pathologie métabolique aux causes complexes, les approches nutritionnelles à base d'ingrédients fonctionnels naturels représentent une alternative prometteuse. Cette étude vise à développer et évaluer un complément nutritionnel destiné à la perte de poids, formulé à partir de son de blé (55%), graines de chia (30%) et thé vert (15%), trois ingrédients connus pour leurs propriétés nutritionnelles, métaboliques et antioxydantes.

Dans une première étape, un contrôle rigoureux de la qualité des matières premières a été réalisé à travers l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques (pH, humidité, teneur en sucre, cendres) et valeurs nutritionnelles (teneurs en protéines, glucides, lipides, et valeur énergétique). En parallèle, des analyses microbiologiques ont été effectuées conformément à l'arrêté interministériel du 4 octobre 2016, publié dans le Journal Officiel n° 39 du 02 juillet 2017, démontrant la conformité sanitaire des ingrédients.

Dans un second temps, l'efficacité et la sécurité du complément ont été évaluées *in vivo* à l'aide d'un modèle animal de rat Wistar. Quarante rats ont été répartis en cinq groupes : témoin, témoin obèse, et trois groupes obèses traités avec le complément à des doses croissantes (D1, D2, D3).

Le protocole expérimental a duré six semaines et a inclus :

- La mesure hebdomadaire du poids corporel,
- La surveillance quotidienne de la consommation alimentaire,
- L'évaluation clinique des signes apparents de toxicité,
- Et la réalisation d'un bilan biologique complet, comprenant : formule sanguine complète (FNS), cholestérol total, triglycérides, urée, créatinine, phosphatase alcaline, transaminases (ALAT, ASAT) et protéine C-réactive (CRP).
- Enfin, une analyse histologique du foie, des reins et de l'intestin a été menée pour détecter d'éventuelles altérations tissulaires.

Les résultats ont révélé une réduction significative du poids corporel, une amélioration des profils lipidiques, hépatiques, rénaux et inflammatoires, ainsi qu'une amélioration des constantes hématologiques. Par ailleurs, aucune toxicité histologique n'a été observée au niveau du foie, des reins ou de l'intestin. Ces observations traduisent une amélioration globale de tous les paramètres évalués, confirmant à la fois l'efficacité et l'innocuité du complément testé.

En conclusion, ce complément nutritionnel naturel présente un profil de qualité, de sécurité et d'efficacité satisfaisant, en faisant un candidat prometteur dans la perte de poids. Des études cliniques humaines sont recommandées pour confirmer ces résultats précliniques.

Mots clés : Complément alimentaire, Son de blé, Graines de chia, Thé vert, Obésité, Perte de poids.

Abstract

Given the alarming rise in obesity a complex metabolic disorder nutritional approaches based on natural functional ingredients represent a promising alternative. This study aimed to develop and evaluate a nutritional supplement intended for weight loss, formulated from wheat bran (55%), chia seeds (30%), and green tea (15%), three ingredients known for their nutritional, metabolic, and antioxidant properties.

In the first phase, a rigorous quality control of the raw materials was conducted through the analysis of several physicochemical parameters (pH, moisture, sugar content, ash) and nutritional values (protein, carbohydrate, lipid contents, and energy value). In parallel, microbiological analyses were performed in accordance with the Interministerial Decree of October 4, 2016, published in Official Journal No. 39 on July 2, 2017, confirming the sanitary compliance of the ingredients.

In the second phase, the efficacy and safety of the supplement were evaluated *in vivo* using a Wistar rat model. Forty rats were divided into five groups: control, obese control, and three obese groups treated with increasing doses of the supplement (D1, D2, D3). The Six-Week experimental protocol included:

- Weekly measurement of body weight,
- Daily monitoring of food consumption,
- Clinical observation of visible signs of toxicity,
- And a comprehensive biochemical assessment including complete blood count (CBC), total cholesterol, triglycerides, urea, creatinine, alkaline phosphatase, transaminases (ALT, AST), and C-reactive protein (CRP).
- Finally, histological analysis of the liver, kidneys, and intestine was performed to detect potential tissue damage.

The results revealed a significant reduction in body weight, improvement in lipid, hepatic, renal, and inflammatory profiles, as well as improved hematological parameters. No histological toxicity was observed in the liver, kidneys, or intestine. These findings demonstrate a global improvement in all assessed parameters, confirming both the efficacy and safety of the tested supplement.

In conclusion: This natural nutritional supplement exhibits a satisfactory profile in terms of quality, safety, and effectiveness, making it a promising candidate for weight loss. Human clinical trials are recommended to confirm these preclinical findings.

Keywords: Dietary supplement, Wheat bran, Chia seeds, Green tea, Obesity, Weight loss.

الملخص

نظرًا للارتفاع المقلق في معدلات السمنة، وهي اضطراب استقلابي معقد، فإن المقاربات التغذوية المبنية على مكونات طبيعية وظيفية تمثل بديلًا واعدًا. تهدف هذه الدراسة إلى تطوير وتقييم مكمل غذائي طبيعي مخصص لإنقاص الوزن، مكوّن من نخالة القمح (55٪)، بذور الشيا (30٪)، والشاي الأخضر (15٪)، وهي مكونات معروفة بخصائصها الغذائية، الأيضية، ومضادات الأكسدة.

في المرحلة الأولى، تم إجراء مراقبة صارمة لجودة المواد الأولية من خلال تحليل عدد من المعايير الفيزيائية-الكيميائية (الرقم الهيدروجيني، الرطوبة، نسبة السكر، الرماد)، والقيم الغذائية (محتوى البروتينات، الكربوهيدرات، الدهون والقيمة الطاقوية). كما أُجريت تحاليل مكروبيولوجية وفقًا للقرار الوزاري المشترك المؤرخ في 4 أكتوبر 2016، والمنشور في الجريدة الرسمية رقم 39 بتاريخ 2 يوليو 2017، مما أكد سلامة المكونات صحياً.

في المرحلة الثانية، تم تقييم فعالية وسلامة المكمل في نموذج حيواني (فئران Wistar). تم تقسيم أربعين فأرًا إلى خمس مجموعات: مجموعة شاهدة، مجموعة شاهدة بدينة، وثلاث مجموعات بدينة عولجت بجرعات متزايدة من المكمل (D1، D2، D3).

وشمل البروتوكول التجريبي (لمدة 6 أسابيع):

- قياس الوزن أسبوعيًا،
- متابعة الاستهلاك الغذائي اليومي،
- ملاحظة العلامات السريرية للتسمم،
- إجراء فحوصات بيولوجية شاملة تضمنت: العد الدموي الكامل، الكولسترول الكلي، الدهون الثلاثية، اليوريا، الكرياتينين، الفوسفاتاز القلوي، إنزيمات الكبد (ALT, AST) والبروتين التفاعلي-(CRP) C.
- كما أجريت تحاليل نسيجية للكبد، الكلى، والأمعاء للكشف عن أي تلف نسيجي محتمل.

أظهرت النتائج انخفاضًا ملحوظًا في الوزن، وتحسنًا في المؤشرات الدهنية، الكبدية، الكلوية والالتهابية، وكذلك تحسنًا في القيم الدموية، مع غياب أي علامات سُمية نسيجية. وتشير هذه النتائج إلى تحسن شامل في جميع المعايير المدروسة، مما يؤكد فعالية وسلامة هذا المكمل الغذائي.

في الختام يُظهر هذا المكمل الغذائي الطبيعي ملفًا مرضيًا من حيث الجودة، السلامة والفعالية، مما يجعله مرشحًا واعدًا في سياق إنقاص الوزن. ويوصى بإجراء تجارب سريرية بشرية لتأكيد هذه النتائج ما قبل السريرية.

الكلمات المفتاحية: مكمل غذائي، نخالة القمح، بذور الشيا، الشاي الأخضر، السمنة، إنقاص الوزن.

Remerciements

*Nous remercions en tout premier lieu notre Dieu**, Allah** Le Tout-Puissant, pour la volonté, le courage et la patience qu'Il nous a accordés tout au long de notre parcours. C'est par Sa grâce que nous avons pu mener à bien ce travail. Il a toujours été, et restera, notre source de force face à chaque défi.*

Nous tenons à adresser une reconnaissance toute particulière à notre encadrant, ***Monsieur Ben Aïcha Brahim****, Maître de conférences B à l'Université de Tébessa, pour son accompagnement exceptionnel. Il n'a pas été simplement un directeur de mémoire, mais un véritable mentor qui a su, avec bienveillance et dévouement, nous guider, nous conseiller et nous faire progresser. Toujours présent, à l'écoute, patient et encourageant, il a su éveiller en nous une vision plus profonde, plus critique et plus curieuse. Grâce à lui, nous avons appris à aller au-delà du cadre strict de la recherche : à comprendre, à analyser, à nous interroger. Sa précision scientifique, son ouverture d'esprit et sa pédagogie resteront gravées dans notre mémoire. Nous lui devons beaucoup : son soutien constant, sa confiance, et surtout sa capacité à nous transmettre la passion pour la recherche. Son implication dans notre parcours a été déterminante, et les mots nous manquent pour exprimer toute notre gratitude.*

Nous remercions vivement ***M. Gasmi Salim****, Maître de conférences A à l'Université de Tébessa, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider ce jury malgré ses nombreuses responsabilités. Qu'il trouve ici l'expression de notre plus grand respect. Nos sincères remerciements vont à* ***M. Guedri Kamilia,*** *Maître de conférences A à l'Université de Tébessa, pour l'intérêt qu'elle a porté à notre travail et pour avoir accepté d'en faire l'évaluation en tant qu'examinatrice.*

Nous exprimons également toute notre gratitude à ***M. Merzoug Soltane****, Maître de conférences A à l'Université de Tébessa, représentant de l'incubateur universitaire, pour sa disponibilité et ses remarques constructives.*

Nous remercions avec considération ***M. Ghellab Ali****, subdivisionnaire agricole à la daïra d'Elkouif – Tébessa, représentant de la DSA, pour sa participation et l'intérêt accordé à notre mémoire.*

Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à ***M. Fathallah Walid****, directeur du laboratoire de contrôle de la qualité, pour sa présence en tant qu'invité et pour son soutien précieux.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidées, soutenues, ou encouragées dans la réalisation de ce mémoire. À vous tous, notre profonde reconnaissance.

Dédicace

À ceux dont l'amour a bercé nos pas

...Et dont la foi silencieuse a éclairé nos chemins

Nous dédions ce travail, de tout cœur

À nos pères et mères

Ces âmes nobles qui ont semé en nous la patience, la force et le désir d'apprendre

À vous qui avez veillé sur nos rêves dans le silence des nuits

À vous qui avez essuyé nos doutes d'un simple regard plein de tendresse

Que ce modeste fruit de nos efforts vous rende hommage

À nos frères et sœurs

Présences discrètes mais essentielles

Partageant nos joies, nos peines, nos silences et nos fous rires Vous êtes les battements rassurants de notre quotidien

Et à nos ami(e)s chers

Compagnons d'âme et de lutte

Vous qui avez su être des éclats de lumière dans les instants

D'ombre, Des épaules solides dans les tempêtes de l'effort

Merci d'avoir embelli cette aventure

Ce mémoire est plus qu'un aboutissement académique

C'est un hommage, un message d'amour

إهداء

الحمد لله الذي ألهم، وأعان، ووفّق، الحمد لله الذي بنعمته تتمّ الطيّبات، وبفضله تُنال الغايات.

له الحمد في البدء والختام، ظاهرًا وباطنًا، على ما منحني من صبر، وثبات، ونور في الطريق. إلى من كانوا لي عماداً وسنداً...

إلى أبي العزيز، الذي كان لي دعامة منذ أولى خطواتي، بوقاره، وحكمته، وحنانه الثابت. إلى أمي الغالية، بدعائها الذي كان ظلال رحمة تلازمني، وقلبها الذي زرع في دربي السكينة.

إلى نرجس، إلهام، وسيرين... أخواتي ونبض قلبي، فرح أيامي ورفيقات دربي.

إلى محمد وعماد، إخوتي وسندي، لصمودهما إلى جانبي، ومحبتهما النقيّة التي لم تخبُ يومًا. إلى نسيمة، الصديقة والأخت، التي حضرَت بقلبها في كل لحظة، فكانت دفئًا وضياءً.

إلى أستاذي الفاضل إبراهيم بن عيشة، الذي لم يكن مشرفًا فحسب، بل كان دليلًا وبصيرة، فتح لي نوافذ العلم، ورافقني بنُبلٍ وأمانة حتى النهاية... فله التقدير والعرفان بمداد لا ينضب.

إلى الدكتورة شفاء إيمان، رئيسة مخبر الطب البيطري بمعهد باستور - الحامة، ولفريقها الكريم، على دعمهم السخي، ووقفتهم النبيلة.

وإلى الأستاذ فتح الله وليد، مدير مخبر مراقبة الجودة، على دعمه الملموس وتشجيعه الكريم. وإلى كل من غرس في دربي بذور المعرفة، وفتح لي أبواب الفهم والإدراك، أُهدي خالص امتناني...

إلى أساتذتي منذ بداية مشواري الدراسي، من علّمني حرفًا، أو وجّهني يومًا، أو آمن بقدرتي، فلكم في القلب مكان لا يزول. وإلى أساتذة قسم علوم الطبيعة والحياة، جزاكم الله عنّي خير الجزاء، فقد كنتم
منارات أضاءت لي طريق العلم.

وإلى من تقاسمت معهم نبض العمر وصفاء اللحظات، من أهلٍ، وأقارب، وأصدقاء، إلى الذين أحببتهم ورافقوني في تفاصيل هذه الرحلة...

أُهدي هذا العمل المتواضع عربون محبّة، وذكرى عرفان لا تبهت.

Liste d'abréviation

OMS	Organisation mondiale de la santé
IMC	Indice de masse corporelle
AVAI	Année de vie corrigée de l'incapacité
HTA	Hypertension Artérielle
LDL	Low_Density Lipoprotein
HDL	High-Density Lipoprotein
PAL-1	Phenylalanine Ammonia-Lyase
TNF-a	Tumor Necrosis Factor
ICAM-1	Intercellulaire Adhesion Molecule
VCAM-1	Vascular Cell Adhesion Molecule
SAOS	Syndrome des Apnées Obstructives du Sommeil
RSR	Résistance du système respiratoire
RAW	Résistance Of Airways
RAWS	Résistance spécifique des voies aériennes
RINT	Interruption Resistances
UE	Union européenne
LCD	Law carbohydrate Diet
FA	Les Fibres alimentaire
AGCC	Agénésie du corps calleux
CRP	C_ Reactive Protein
GIP	Gastric Inhibitory Polypeptide
AGL	Acides Gras Libres
AOMS	Anti-Obesity Medications
GLP_1	Glucagon_Like peptide
EGCG	Épigallocatéchine gallate

PYY	Peptide YY
AJR	Apport Journalier Recommandé
AGPI	Acides Gras Polyinsaturés
AL	L'acide linoléique
ALA	L'acide alpha-linoléique
L'EPA	Acide Eicosapentaénoique
DHA	Acide Docosahewaénoique
AGPI-LC n-3	Acides Gras PolyInsaturés à Longue Chaîne de type oméga-3
LPL	Lipoprotéine lipase
FMD	Fasting-Mimcking Diet
PKC	Protéine kinase C
NADPH	Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate réduit
ERO	Les espèces réactives de l'Oxygène
OSI	Organisation internationale de normalisation
MS	Matière sèche
MTQ	Matière totale quantifiée
APC	Activated Protein C
UFC	Unité Formant Colonie
L'ASAT	Aspartate Amino transférase
MDH	Malate déshydrogénase
ALAT	Alanine Aminotransférase
LDH	Lectate déshydrogénase
ALP	Alkaline Phosphatase
FNS	Formule Numération sanguine
L'EDTA	Éthylènediaminetétraacétique
GR	Globules rouges
GB	Globules blanc
HB	Hémoglobine
HCT	Hématocrite
PLT	Plaquettes

Liste des figures

N°	Figures	Page
01	Facteurs impliqués dans le développement de l'obésité.	**07**
02	Histoire naturelle de l'obésité.	**07**
03	Modifications métaboliques induits par le surpoids.	**10**
04	Conséquences métaboliques d surpoids	**10**
05	Lien entre la perte du poids et la réduction de la pression artérielle	**12**
06	Conséquences fonctionnelles respiratoires de l'obésité	**14**
07	Désordres physiologiques liés à l'obésité	**15**
08	Proportions des macronutriments dans l'alimentation classique et dans l'alimentation cétogène	**19**
09	Métabolisme des fibres alimentaires dans le corps humain et prévention des maladies.	**21**
10	Schéma des options chirurgicales. Crédit image : Dr Walter Pories, MD, FACS	**26**
11	Vue d'ensemble des principaux tissus et organes cibles des approches pharmacothérapeutiques actuelles contre l'obésité	**28**
12	Réduction du signal de l'appétit par les fibres alimentaires via les hormones de l'axe neuro-intestinal	**34**
13	Régulation du métabolisme lipidique par les fibres alimentaires : Cycle entéro hépatique des sels biliaires	**35**
14	Structure des acides gras oméga 3, oméga 6.	**38**
15	Effet des Oméga-3 sur les dysfonctionnements du tissu adipeux associés à l'obésité.	**39**
16	Structure chimique de Catéchine	**41**
17	L'activation de l'axe TRP_SNS.	**42**
18	Les différentes cibles des Espèces Réactives de l'Oxygène.	**45**
19	Relation entre obésité, stress oxydant et syndrome métabolique.	**46**
20	Mécanisme antioxydant des polyphénols du thé vert.	**64**
21	**:** Répartition des 40 rates femelles en 5 groupes expérimentaux logés dans des cages numérotées.	**65**
22	Galerie illustrant les principales étapes de l'autopsie terminale réalisée sur les rats.	**65**
23	Prélèvement sanguin.	**66**
24	Galerie illustrant les étapes de la dissection abdominale et du prélèvement des organes internes (foie, reins, intestin grêle) chez les rats.	**70**

25	Schéma expérimental de l’étude in vivo chez les rats (Répartition des groupes, suivi physiologique et analyses biochimiques, hématologiques et histologiques).	**72**
26	Evaluation de la quantité d’aliment ingéré des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**73**
27	Evaluation de poids corporel des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**74**
28	Evaluation de l’indice de masse corporelle des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**76**
29	Evaluation des paramètres hématologiques, notamment (a) les globules rouges (GR), (b) l’hémoglobine (Hb), (c) l’hématocrite (HCT), (d) les globules blancs (GR) et (e) les plaquettes (PLT) des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**77**
30	Evaluation du profil lipidique, notamment (a) taux de Cholestérol total, (b) taux de Triglycéride chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**78**
31	Evaluation du profil hépatique, notamment (a) taux d’ALAT, (b) taux d’ASAT chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**79**
32	Evaluation du profil rénal, notamment (a) taux d’urée, (b) taux de créatinine chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines.	**79**
33	Analyse histologique du foie, du rein et de l’intestin chez les rats des différents groupes expérimentaux	**80**

.

Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Classification des risques pour la santé selon l'indice de masse corporelle.	**08**
02	Changement dans le classement de la charge mondiale de morbidité (mesurée en années de vie ajustées sur l'incapacité - AVAI) pour les cinq principales causes	**09**
03	Anomalies métaboliques associées à l'obésité abdominal	**13**
04	Résumé des anomalies fonctionnelles respiratoires de repos chez l'adulte obèse.	**14**
05	Les différents types de régimes hypocaloriques	**17**
06	Les principales formes d'activité physique et leurs effets spécifiques sur l'organisme humain	**19**
07	Médicaments approuvés pour le traitement de l'obésité.	**21**
08	Composition chimique des sons gros et fins	**29**
09	Composition en fibres alimentaire de son de blé (exprimée en % de la matière sèche.)	**32**
10	Composition des graines de Chia.	**33**
11	Composition chimique du Thé vert.	**37**
12	Les paramètres physico-chimiques des matières premières	**41**
13	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g	**54**
14	Analyses microbiologiques	**54**
15	Évaluation des signes cliniques observés chez les rats traités par des doses croissantes du complément alimentaire	**54**

Table des matières



Résumé
Abstract
ملخص
Remerciement
Dédicace
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'obésité et la perte de poids

1 Généralités sur l'obésité et la perte de poids **07**
2 Définition de l'obésité **07**
3 Indice de masse corporelle (IMC) et seuils de classification…..... **08**
4. Conséquences de l'obésité sur la santé **09**
5. Stratégies actuelles pour la perte de poids **16**
5.1. Approches alimentaires : régimes hypocaloriques, cétogènes, riches en fibre **16**
5.2 Activité physique et son rôle dans la dépense énergétique **22**
5.3 Interventions médicales : chirurgie bariatrique, médicaments anti obésité **25**
5.4 Compléments alimentaires comme alternative naturelle pour la gestion du poids.....**30**

Chapitre II : intérêt des ingrédients sélectionnés dans la perte de poids

1. Le son de blé : Un ingrédient riche en fibres… **32**
1.1 Composition nutritionnelle : fibres insolubles, protéines, minéraux…..... **32**
1.2 Effet sur la digestion et la régulation de la satiété **33**
1.3 Impact sur l'absorption des graisses et des sucres **34**
1.4 Effets bénéfiques sur la santé intestinale et le micro biote **35**
2. Le graines de chia : Une source d'Oméga_ 3 ..... **36**
2.1 Composition en fibres solubles et insolubles **36**
2.2 Rôle des acides gras oméga_ 3 dans la modulation de l'inflammation et la lipolyse **38**
2.3 Effets sur la glycémie et La métabolisme lipidique **40**
3. Le Thé vert : Un brûleur de graisses naturel… **40**
3.1 Composition en polyphénols et catéchines…..... **40**
3.2 Effet thermogénique et stimulation du métabolisme des graisses…..... **42**
3.3 Action sur la régulation du glucose et de l'insuline **43**
3.4 Rôle antioxydant et protection contre le stress oxydatif lié à l'obésité **44**

Partie pratique

Chapitre I : Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologique du Son de blé, Des graines de Chia et du thé vert

1. Matériels biologiques…. **49**
2. Evaluation de la qualité des matières première **49**
2.1 Les paramètres physico-chimiques… **49**
2.1.1 Mesure du PH… **49**
2.1.2 Taux d'humidité **50**
2.1.3 Taux de sucre **50**
2.1.4 Taux de cendres… **50**
2.2 Les valeurs nutritionnelle **50**
2.2.1 Dosage des protéines… **50**
2.2.2 Dosage des lipides… **51**
2.2.3 Dosage des glucides… **51**
2.3 Analyses microbiologiques…. **51**
Résultats **54**
Discussion **56**

Chapitre II : Evaluation in vivo de l'efficacité et de la sécurité du complément alimentaire

1. Lieu et cadre expérimental de l'étude… **63**
2. Justification des doses et préparation de l'extrait aqueux… **63**
3. Animaux et conditions d'élevage **63**
4. Evaluation de la consommation alimentaire, de l'IMC et des signes cliniques…. **65**
5. Autopsie, prélèvement sanguin et collecte des organes… **65**
6. Analyses des paramètres biochimiques sanguins **66**
6.1 Dosage de l'urée **66**
6.2 Dosage de la créatinine… **66**
6.3 Dosage des transaminases…. **67**
6.3.1 Dosage de L'ASAT **67**
6.3.2 Dosage de L'ALAT… **67**
6.4 Dosage des Cholestérol total **68**
6.5 Dosage des triglycérides **68**
6.6 Protéine C réactif (CRP)…. **68**
6.7 Formule Numération Sanguine (FNS)… **69**
7. Etude histologique **69**
8. Analyse Statistiques **69**
Résultats **72**
Discussion **82**
Conclusion et perspectives **90**
Références **93**
Annex de Start-up

INTRODUCTION

Introduction

Actuellement, l'obésité est reconnue comme l'un des principaux enjeux de santé publique à l'échelle mondiale. Elle est caractérisée par une accumulation excessive de tissu adipeux qui a des effets néfastes sur la santé. Selon les données de l'OMS, le taux d'obésité a presque triplé depuis 1975, affectant plus de 650 millions d'adultes en 2016. Les prévisions suggèrent une augmentation constante de ce phénomène, notamment dans les pays à revenu intermédiaire et faible **(Askia, 2022)**. D'un point de vue clinique, un indice de masse corporelle (IMC) dépassant 30 kg/m² est le principal critère diagnostique de cette maladie **(Ziegler *et al*., 2018)**. L'obésité est liée à diverses comorbidités métaboliques et cardiovasculaires telles que le diabète de type 2, l'hypertension artérielle, les dyslipidémies, certains cancers, ainsi qu'à une altération de la qualité de vie et une réduction de l'espérance de vie **(Auclair, 2016)**.

Les facteurs contribuant à l'obésité sont nombreux et interdépendants. Les facteurs incluent des éléments génétiques, comportementaux, environnementaux et socio-économiques. La modification des habitudes de vie, caractérisée par une alimentation déséquilibrée contenant un excès de calories, de sucres simples et de graisses saturées, associée à une diminution de l'activité physique, est l'un des principaux facteurs contribuant à cette épidémie **(Safi-Stibler, 2019)**. Les méthodes traditionnelles de contrôle du poids, telles que les régimes à faible teneur en calories, les médicaments anti-obésité ou les procédures chirurgicales, présentent fréquemment des résultats à long terme limités, accompagnés d'effets secondaires ou de risques cliniques. Dans ce cadre, il est primordial d'étudier des approches alternatives, qui sont à la fois naturelles, durables et abordables **(Askia, 2022)**.

L’une des voies les plus prometteuses repose sur l’approche nutritionnelle utilisant des ingrédients fonctionnels d’origine végétale. Ces derniers extraits de plantes, de fruits, de graines ou encore de coproduits issus de l’agroalimentaire renferment une diversité de composés bioactifs (fibres, antioxydants, acides gras essentiels, polyphénols) aux effets bénéfiques sur le métabolisme énergétique, la satiété, la régulation de la glycémie et des lipides plasmatiques, ainsi que sur le microbiote intestinal **(Hornero-Ramirez, 2024).** La formulation de compléments alimentaire à base de ces ingrédients s’inscrit non seulement dans une logique de prévention de l’obésité et de soutien à la perte de poids, mais également dans une dynamique de développement de produits bio, sains et écoresponsables, répondant aux attentes croissantes des consommateurs.

Par ailleurs, la valorisation des sous-produits végétaux ou coproduits issus des filières agroalimentaires (son de céréales, graines, écorces, résidus de feuilles, etc.) s'impose comme une stratégie durable et innovante. Ces matières premières, autrefois négligées ou destinées à l'alimentation animale, sont aujourd'hui reconnues pour leur richesse en nutriments et composés bioactifs. Leur intégration dans des formulations nutritionnelles permet de limiter le gaspillage alimentaire, de renforcer la durabilité des systèmes de production et de générer de la valeur ajoutée dans une logique d'économie circulaire **(Pilate, 2024).**

Dans cette perspective, notre étude s'attache à concevoir et évaluer un complément alimentaire bio destiné à favoriser la perte de poids, à partir de trois ingrédients végétaux fonctionnels choisis pour leur profil nutritionnel, leur synergie potentielle et leur caractère biodisponible :

- ✓ Le son de blé (55 %), coproduit de la mouture, riche en fibres insolubles, en minéraux et en antioxydants, reconnu pour ses effets positifs sur la satiété, le transit intestinal et la réduction de l'absorption lipidique ;
- ✓ Les graines de chia (30 %), riches en acides gras oméga-3 (acide α-linolénique), en protéines végétales, en fibres solubles (mucilage) et en composés phénoliques, connues pour moduler la réponse glycémique et favoriser la sensation de satiété ;
- ✓ Le thé vert (15 %), source de catéchines (notamment épigallocatéchine gallate), aux propriétés antioxydantes, thermogéniques et lipolytiques démontrées dans plusieurs études cliniques.

L'objectif de ce travail est double :

- D'une part, évaluer la qualité des matières premières utilisées dans la formulation, à travers des analyses physico-chimiques (pH, humidité, teneur en sucre, cendres), nutritionnelles (protéines, lipides, glucides, valeur énergétique) et microbiologiques, conformément aux normes réglementaires.
- D'autre part, tester l'efficacité et l'innocuité du complément alimentaire formulé via une étude préclinique *in vivo* menée sur un modèle expérimental de rat Wistar. Le protocole expérimental s'étale sur six semaines, au cours desquelles les animaux sont répartis en cinq groupes (témoin sain, témoin obèse, et trois groupes obèses traités avec le complément à différentes doses). L'étude repose sur un suivi hebdomadaire du poids corporel, une mesure quotidienne de la consommation alimentaire, ainsi que l'observation des signes cliniques. À la fin du traitement, un bilan biologique complet est effectué incluant

: formule sanguine, profil lipidique (cholestérol total, triglycérides), marqueurs de la fonction hépatique (ALAT, ASAT, phosphatase alcaline), rénale (urée, créatinine) et inflammatoire (CRP). En complément, une analyse histologique des organes cibles (foie, reins, intestin) est réalisée afin de détecter d'éventuelles altérations tissulaires. À travers cette démarche, notre étude vise à démontrer la pertinence d'un complément alimentaire naturel, fonctionnel et durable dans la prévention et le traitement du surpoids. Si les résultats confirment une réduction significative du gain pondéral, une amélioration des paramètres métaboliques et une absence de toxicité, ce produit pourrait représenter une alternative nutritionnelle innovante, accessible et compatible avec les objectifs de santé publique et de développement durable. Il pourrait également servir de base au développement futur de formulations bioactives à partir de ressources végétales locales sous-exploitées, en intégrant une approche scientifique, écologique et sociétale.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR L'OBESITE ET LA PERTE DE POIDS

1. Généralités

Au cours des dernières décennies, l'obésité est devenue l'un des défis majeurs de santé publique à l'échelle mondiale. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), en 2022, 890 millions de personnes dans le monde étaient touchées par l'obésité, avec une prévalence qui est passée de 90 % en 1990 à deux fois plus chez les adultes et quadruplée chez les adolescents **(OMS, 2024).**

L'obésité est considérée comme un trouble du bilan énergétique, se manifestant par une accumulation excessive de graisse corporelle, ce qui impacte négativement la santé. Comme d'autres maladies chroniques, l'obésité présente une physiopathologie complexe, résultant de l'interaction de facteurs génétiques, biologiques, environnementaux et comportementaux. Ces facteurs perturbent la régulation énergétique, entraînant une consommation calorique supérieure aux besoins du corps, et favorisant ainsi l'apparition et le maintien d'un excès de graisse corporelle **(Set Point Theory, 2021).**

Le mode d'alimentation moderne est considéré comme l'un des principaux responsables de l'augmentation préoccupante des taux d'obésité à l'échelle mondiale. Cela est dû à une consommation accrue d'aliments à haute densité énergétique, riches en graisses saturées et en sucres libres, parallèlement à une diminution de la consommation de fruits, de légumes et de fibres alimentaires. Ce déséquilibre alimentaire, associé à une faible activité physique, conduit à un déséquilibre énergétique, où l'énergie provenant des aliments et des boissons est insuffisamment dépensée, contribuant ainsi progressivement au développement de l'obésité **(Simos., 2022).**

L'obésité augmente de manière significative le risque de maladies chroniques, telles que l'incapacité, la dépression, le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires, certains types de cancers, ainsi que la mortalité **(Hruby & Hu, 2015).** Cette prise de conscience croissante des risques associés à l'obésité a conduit non seulement les individus, mais aussi les systèmes de santé à accorder une attention particulière à la gestion du poids. Ainsi, la recherche de solutions pour la perte de poids est devenue non seulement un objectif pour de plus en plus de personnes, mais aussi une priorité pour les politiques de santé publique. Parallèlement, un intérêt croissant est porté aux régimes alimentaires naturels et préventifs, visant à maintenir un poids optimal tout en réduisant les risques des maladies liées à l'obésité.

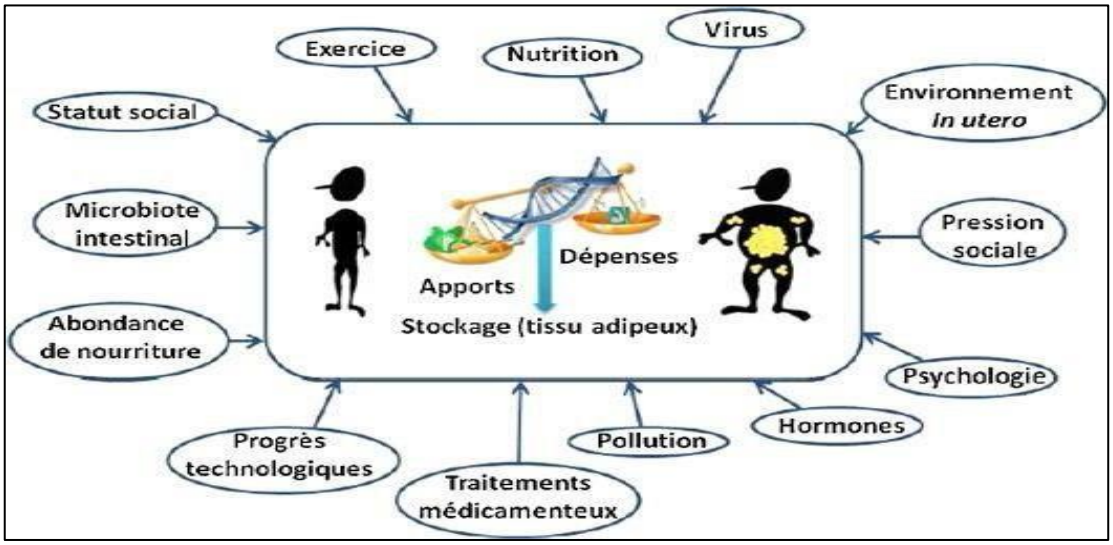


Figure 01 : Facteurs impliqués dans le développement de l'obésité **(Faucher & Poitou, 2015)**

2. Définition de l'obésité

L'obésité est définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme une accumulation excessive de tissu adipeux susceptible d'avoir des effets néfastes sur la santé **(OMS, 2024)**. Elle est désormais reconnue comme une maladie chronique, évolutive et multifactorielle, ce qui implique la nécessité d'une approche globale pour sa prévention et sa prise en charge **(Bray et al., 2017)**. Par ailleurs, il est bien établi que l'obésité, notamment dans sa forme abdominale, constitue un facteur déterminant dans l'émergence de diverses altérations métaboliques, telles que la résistance à l'insuline, les dyslipidémies, l'hypertension artérielle, ainsi qu'un état inflammatoire chronique de bas grade **(Tchernof & Després, 2013).**

Sur le plan clinique, le diagnostic de l'obésité repose principalement sur l'indice de masse corporelle (IMC), un outil simple et largement utilisé. Mais que mesure réellement cet indicateur, et comment en interpréter les valeurs ? C'est ce que nous allons découvrir dans la section suivante.

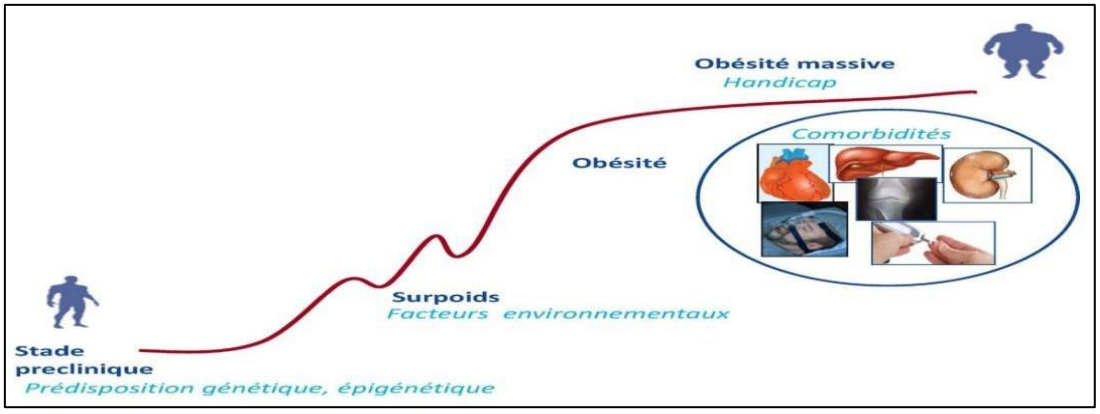


Figure 02 : Histoire naturelle de l'obésité **(Faucher & Poitou, 2015)**.

3. Indice de masse corporelle (IMC) et seuils de classification

Le diagnostic de l'obésité repose principalement sur l'évaluation de l'indice de masse corporelle (IMC), reconnu comme un indicateur simple, standardisé et largement utilisé de l'adiposité corporelle, tant en pratique clinique qu'épidémiologique. Il est calculé en divisant le poids corporel (en kilogrammes) par le carré de la taille (en mètres) **(Faucher & Poitou, 2015). Formule de l'IMC : IMC = Poids (kg) / Taille² (m²)**

Tableau 01 : Classification des risques pour la santé selon l'indice de masse corporelle **(Tchernof & Després, 2013).**

Classification	Catégorie d'indice de masse corporelle, kg / m²	Risque de développer des problèmes de santé
Insuffisance pondérale	< 18,5	Augmenté
Poids normal	18,5-24,9	Le moins
Surpoids	25,0-29,9	Augmenté
Obèse		
Classe I	30,0-39,9	Élevé
Classe II	35,0-39,9	Très élevé
Classe III	≥ 40,0	Extrêmement élevé

Chez les enfants et les adolescents, les seuils d'IMC doivent être adaptés selon l'âge et le sexe, conformément aux courbes de référence proposées par **Cole et al. (2000).**

Malgré son utilisation répandue comme indicateur de l'état nutritionnel, l'IMC présente néanmoins certaines limites scientifiques qui méritent d'être considérées :

- Absence de différenciation entre la masse grasse et la masse maigre, pouvant conduire à une mauvaise classification, notamment chez les sportifs **(Griffiths et al., 2011).**
- Incapacité à estimer la distribution des graisses, en particulier la graisse viscérale, plus associée aux risques métaboliques **(Humayun et al., 2009 ; Kesavachandran et al., 2012).**
- Influence des facteurs démographiques (âge, sexe, origine ethnique), qui impose une interprétation contextualisée **(Bhurosy & Leewon, 2013).**
- Précision réduite chez certaines populations telles que les enfants, les personnes âgées ou les femmes enceintes **(dos Santosa & Sichierib, 2005 ; Nevill et al., 2006).**

Bien que certaines critiques aient été formulées à l'égard de l'IMC, celui-ci demeure un outil clinique précieux, en raison de sa facilité d'utilisation, de son faible coût et de sa disponibilité universelle. Il repose uniquement sur deux mesures simples (le poids et la taille) aisément accessibles, même par un personnel peu formé **(Garvey & Martins, 2024).** De plus, l'IMC est corrélé à plusieurs pathologies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et certains cancers. Il constitue également un outil clé dans les recommandations cliniques internationales, tant pour la prévention que pour le dépistage de l'obésité **(Zhou et al., 2024 ; Obesity Canada, 2023).**

4. Conséquences de l'obésité sur la santé

L'obésité est un facteur de risque majeur pour de nombreuses maladies chroniques. Ses effets sur la santé ne se limitent pas à un excès de graisse corporelle, mais incluent également des troubles métaboliques, cardiovasculaires, respiratoires, musculosquelettiques et même psychologiques. Comprendre ces impacts est essentiel pour améliorer les stratégies de prévention et les approches thérapeutiques efficaces **(WHO, 2023 ; Hruby & Hu, 2015).** Le fardeau mondial de la maladie lié à l'obésité n'a cessé de croître. Le tableau suivant montre clairement l'évolution du classement des principales causes de charge de morbidité (mesurée en DALYs) entre 1990 et 2020, soulignant l'émergence des maladies non transmissibles en lien avec l'obésité :

Tableau 02 : Changement dans le classement de la charge mondiale de morbidité (mesurée en années de vie ajustées sur l'incapacité - AVAI) pour les cinq principales causes**, (Monde 1990–2020). (Kumanyika et al., 2002)**

Ordre	Rang en 1990	Rang en 2020
1	Infection respiratoires basses	Maladie cardiaque ischémique
2	Maladies diarrhéiques	Dépression majeure unipolaire
3	Conditions périnatales	Accidents de la route
4	Dépression majeure unipolaire	Maladie cérébrovasculaire
5	Maladie cardiaque ischémique	Bronchopneumopathie chronique Obstructive

4.1. Conséquences métaboliques de l'obésité

L'obésité entraîne de multiples perturbations de l'équilibre métabolique, incluant la résistance à l'insuline, l'inflammation chronique, le stress oxydatif et une diminution de l'efficacité énergétique. Elle contribue également à l'aggravation des déficiences en

micronutriments, en raison d'un déséquilibre alimentaire, ce qui accroît le risque de développer des troubles métaboliques graves tels que le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires et les pathologies inflammatoires. Le dépistage précoce de ces déséquilibres et l'apport adéquat en micronutriments constitue une étape essentielle dans les stratégies de prévention et de prise en charge **(Roussel, 2017).**

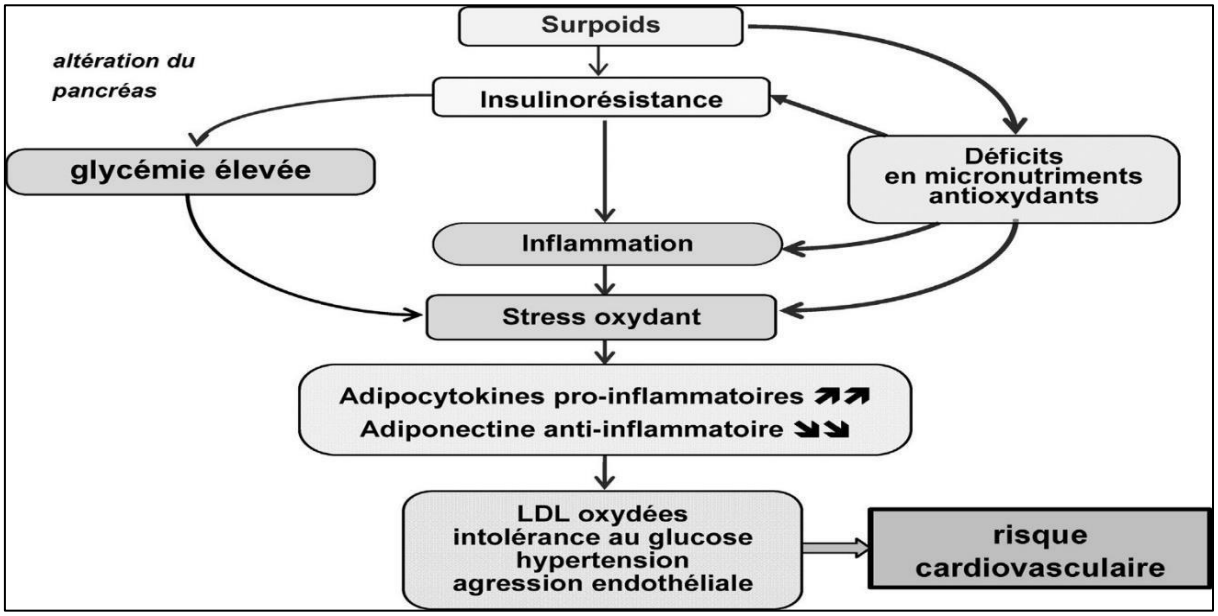


Figure 03 : Modifications métaboliques induits par le surpoids **(Roussel,2017).**

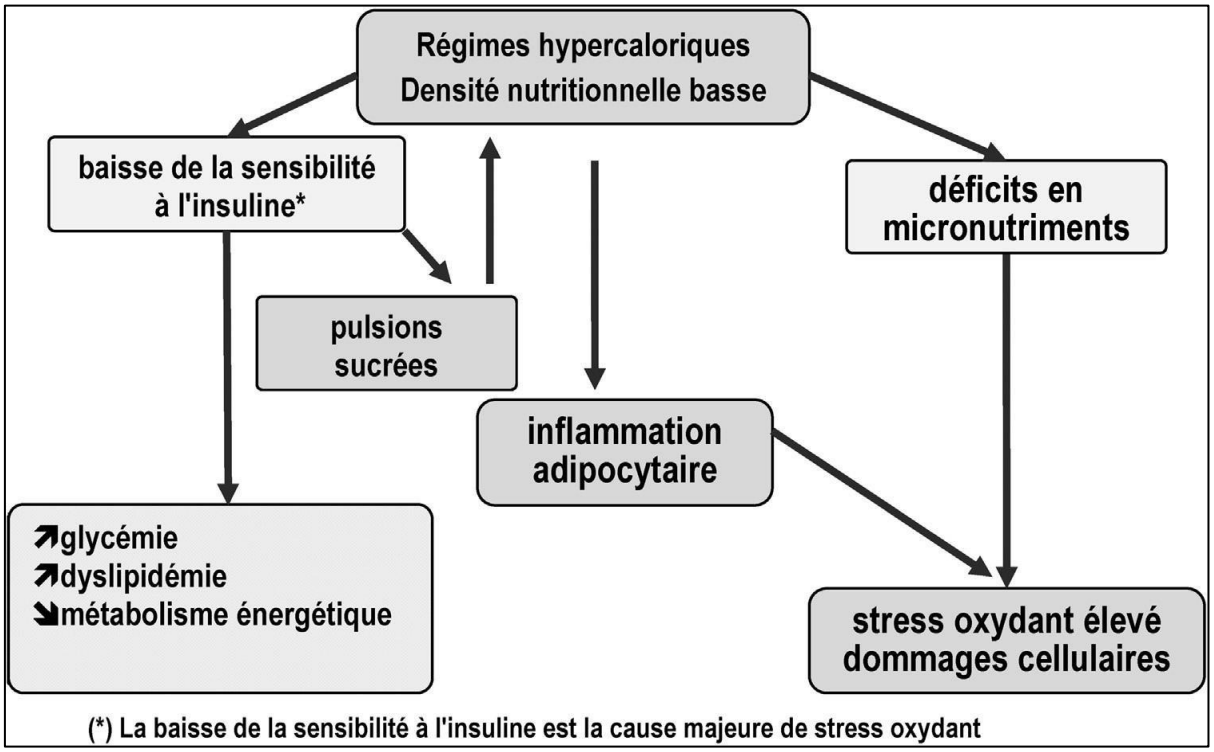


Figure 04 : Conséquences métaboliques du surpoids **(Roussel,2017).**

4.2. Conséquences cardiovasculaires de l'obésité

L'obésité constitue un facteur de risque majeur pour diverses affections cardiovasculaires. Elle est associée à l'hypertension artérielle (HTA), notamment par l'augmentation du volume sanguin et de la résistance vasculaire périphérique, aux dyslipidémies (élévation des triglycérides, du LDL, et diminution du HDL), ainsi qu'à une altération de la fonction endothéliale. De plus, elle favorise la survenue de cardiomyopathies, d'insuffisance cardiaque, et augmente le risque de troubles du rythme cardiaque ainsi que de mort subite. Ces effets sont en grande partie liés aux perturbations métaboliques et à l'état d'inflammation chronique induits par l'excès de tissu adipeux, contribuant ainsi à une détérioration progressive de la santé cardiovasculaire **(Corcos, 2012)**.

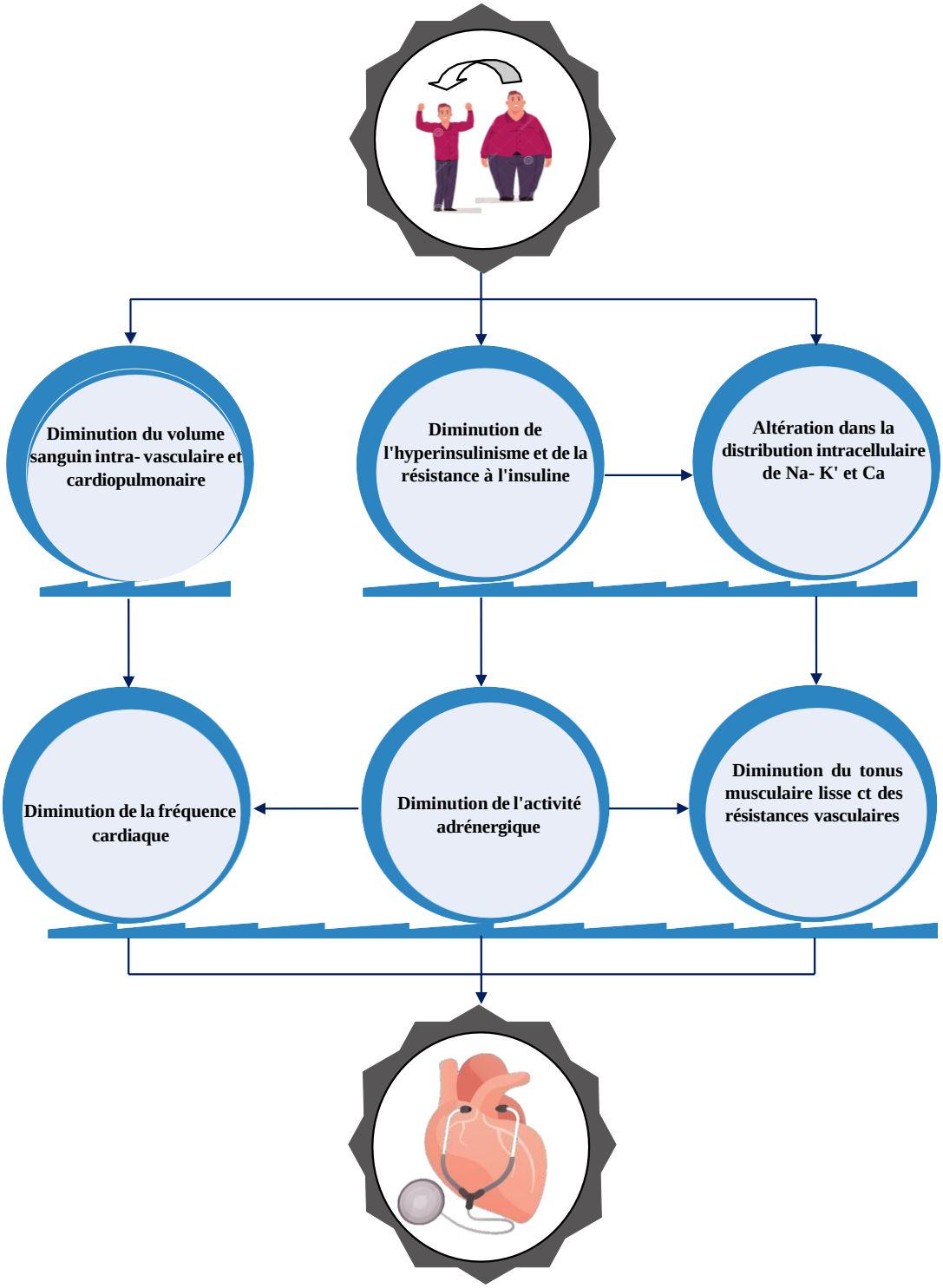


Figure 05 : Lien entre la perte du poids et la réduction de la pression artérielle **(Geronooz et Krzesinski,2000).**

Plusieurs anomalies métaboliques liées à l'obésité abdominale favorisent le développement des maladies cardiovasculaires. Le tableau suivant présente les principales altérations identifiées, ainsi que leurs effets physiopathologiques potentiels sur le système cardiovasculaire.

Tableau 03 : Anomalies métaboliques associées à l'obésité abdominal **(Poirier & Després, 2003).**

↑ Triglycérides
↓ Cholestérol HDL
Cholestérol LDL : peu de changement
↑ LDL petites et denses
↑ Apolipoprotéine B
↑ Hyperlipidémie post-prandiale
↑ Antigène et activité du PAI-1
↑ Activité facteur VII
↑ Activité facteur VIIIc coagulant
↑ Antigène t-PA
↑ Fibrinogène
↑ Protéine C-réactive
↑ Cytokines (TNF-α, IL-6)
↑ Molécules d'adhérence (P-sélectine, ICAM-1VCAM-1)
Dysfonctionnement endothélial

4.3. Conséquences respiratoires de l'obésité

L'obésité entraîne plusieurs altérations de la fonction respiratoire, notamment une diminution de la compliance pulmonaire, une augmentation de la résistance des voies aériennes et une fatigue des muscles respiratoires. Ces perturbations favorisent l'apparition de pathologies respiratoires spécifiques telles que le syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) et le syndrome d'hypoventilation lié à l'obésité (SHO). Même en l'absence de maladie pulmonaire sous-jacente, ces déséquilibres peuvent compromettre significativement la qualité de vie et

accroître la morbidité. La perte de poids constitue une approche thérapeutique essentielle pour améliorer ces complications **(Murugan & Sharma, 2008).**

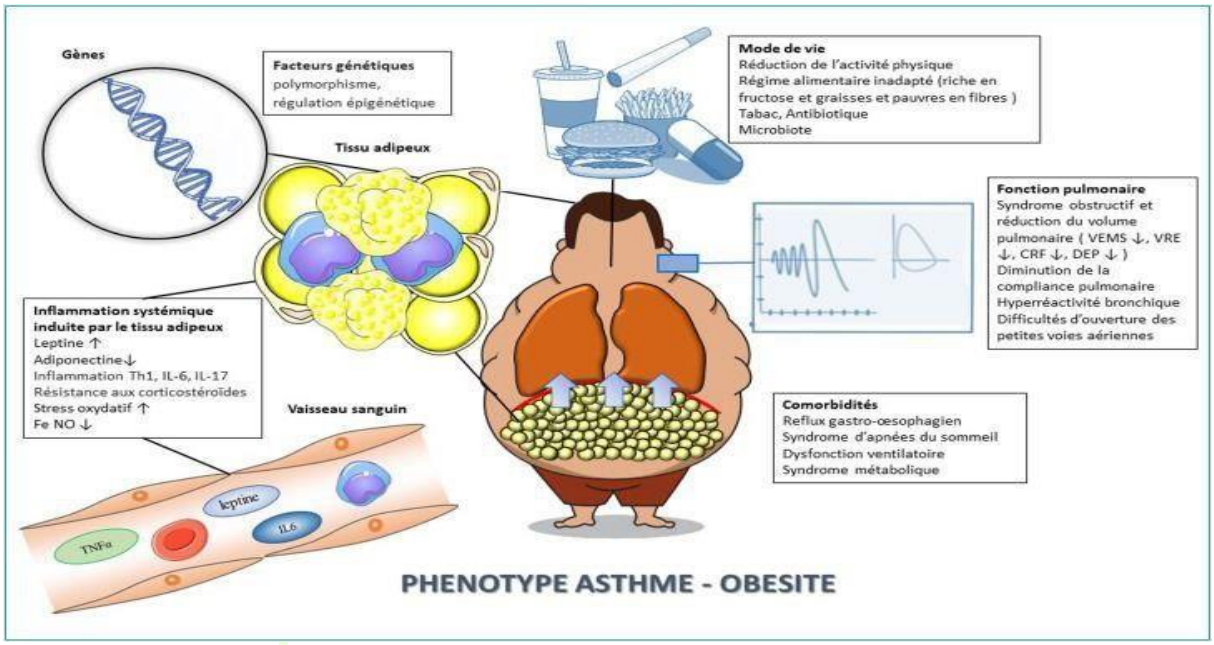


Figure 06 : Conséquences fonctionnelles respiratoires de l'obésité **(Villeneuve & Guilleminault, 2019)**

Afin d'illustrer de manière claire ces altérations, la figure suivante résume les principales conséquences fonctionnelles respiratoires de l'obésité chez l'adulte, mettant en évidence les modifications des volumes pulmonaires, l'augmentation des résistances des voies aériennes ainsi que les effets secondaires comme l'hyperréactivité bronchique et l'asthme.

Tableau 04 : Résumé des anomalies fonctionnelles respiratoires de repos chez l'adulte obèse **(Bokov et al., 2019).**

	Adulte	Enfant
Spirométrie	VEMSetCVFrares↔VEMS/CVF	VEMSetCVFlégères VEMS/CVF
légère		
Pléthysmographie	CPTrare ↘CRF↔VR VRE	↔CPT CRF VR VRE
Résistances	Rsr ↗Raw↔sRaw	↔Rsr Rint↔sRaw

↔:normalité; ↗:augmentation; ↘:diminution.

Rsr:résistancedusystèmerespiratoire;Raw:résistancedesvoiesaériennes;sRaw:résistancespécifiquedesvoiesaériennes;Rint: résistanceparinterruptiondedébit.

4.4. Conséquences musculosquelettiques de l'obésité

L'obésité est étroitement liée à une augmentation des plaintes musculosquelettiques et des douleurs articulaires. Elle représente un facteur de risque majeur pour le développement de l'arthrose, notamment au niveau des articulations portantes telles que la colonne lombaire et les genoux, qui constituent souvent les premiers sites de douleur chez les patients obèses. Des données récentes montrent que la réduction de la masse grasse, quelle que soit la méthode de perte de poids utilisée, peut atténuer les contraintes mécaniques et biochimiques impliquées dans la dégénérescence articulaire **(Vincent & Heywood, 2012).**

4.5. Conséquences psychologiques de l'obésité

Les effets de l'obésité ne se limitent pas uniquement à l'aspect physique, mais s'étendent également à des dimensions psychologiques profondes qui altèrent la qualité de vie quotidienne de l'individu. L'obésité est ainsi associée à divers troubles émotionnels et comportementaux, tels qu'une faible estime de soi, des troubles de la motivation, une image corporelle altérée, des troubles de l'alimentation, ainsi qu'un risque accru de dépression. Il est important de souligner que la relation entre l'obésité et la dépression n'est ni linéaire ni unidirectionnelle ; elle varie selon l'âge et le sexe. De plus, certaines études ont montré que l'utilisation d'antidépresseurs peut également augmenter le risque de développer une obésité. Par conséquent, la prise en charge de l'obésité ne devrait pas se limiter à ses aspects physiologiques, mais inclure également un accompagnement psychologique global afin de réduire ses répercussions à long terme sur la santé mentale et la qualité de vie (Chu et al., 2018).

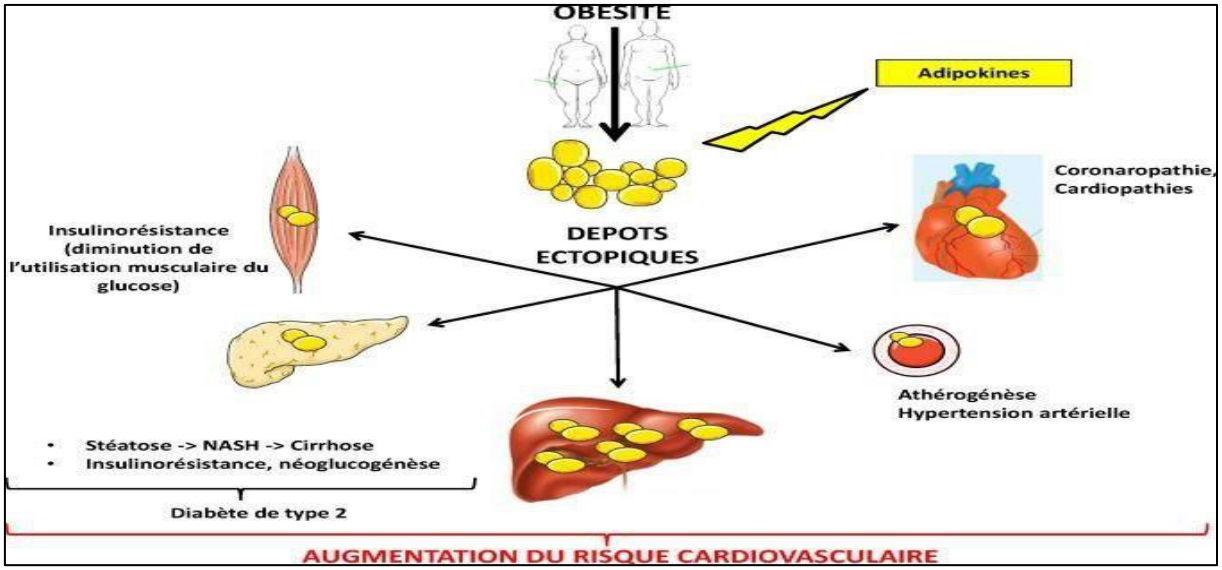


Figure 07 : Désordres physiologiques liés à l'obésité **(Faucher et Poitou, 2016).**

5. Stratégies actuelles pour la perte de poids

L'obésité, avec les comorbidités qui y sont associées, est aujourd'hui considérée comme un véritable enjeu de santé publique. Traditionnellement, elle est attribuée à un déséquilibre entre l'apport calorique et la dépense énergétique. Des études cliniques ont toutefois démontré qu'une perte de poids modérée, comprise entre 5 % et 10 %, suffit à améliorer de manière significative plusieurs facteurs de risque métabolique, notamment la glycémie élevée et les biomarqueurs liés aux maladies cardiovasculaires. Face à cette problématique, des institutions telles que l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Union européenne (UE) et l'Académie américaine de nutrition recommandent des modifications durables du mode de vie, notamment une réduction de l'excès calorique et une amélioration de la qualité nutritionnelle de l'alimentation. Toutefois, dans certains cas, ces mesures peuvent ne pas suffire, rendant alors nécessaire le recours à une pharmacothérapie adjuvante **(Aaseth et al., 2021).**

5.1. Approches alimentaires

5.1.1. Régimes hypocaloriques

Le régime hypocalorique repose sur la création d'un déficit énergétique, où la dépense énergétique dépasse l'apport calorique quotidien, entraînant ainsi une perte de poids. Plusieurs études ont démontré que la combinaison d'un tel régime avec une activité physique régulière permet d'obtenir des résultats significativement meilleurs, tant en termes de réduction pondérale qu'en matière d'amélioration du phénotype métabolique et de la santé cardiovasculaire chez les personnes obèses. Par ailleurs, la restriction calorique entraîne une diminution conjointe de la masse grasse et de la masse musculaire squelettique, contribuant ainsi à la perte de poids globale **(Verheggen et al., 2016).** Pour garantir l'efficacité d'un régime hypocalorique, l'adoption de nouvelles habitudes alimentaires est essentielle. Cela inclut le choix d'aliments équilibrés, riches en nutriments essentiels, le contrôle des portions, ainsi que le respect d'horaires de repas réguliers, afin de limiter les comportements de grignotage. Dans ce cadre, les professionnels de santé, notamment les nutritionnistes et les diététiciens, jouent un rôle central en élaborant des plans alimentaires individualisés, adaptés aux besoins spécifiques et au mode de vie de chaque patient. Toutefois, selon les recommandations d'Ameli, ce type de régime ne devrait pas être envisagé seul ; il est indispensable de l'associer à une activité physique pour optimiser ses bénéfices **(Hauser, 2024).**

Tableau 05 : Les différents types de régimes hypocaloriques.

Type de régime	Principe	Avantages	Inconvénients / Risques
Régime standard équilibré	Réduction modérée des apports calorique (environ 500 kcal /jour), maintien d'une alimentation variée et équilibrée, avec un apport suffisant en protéines.	Perte de poids progressive, maintien de la masse musculaire, faible risque de carences nutritionnelles.	Peut nécessiter un suivi professionnel pour assurer l'équilibre nutritionnel.
Régime dissocié	Séparation des macronutriments selon les repas (par exemple, glucides le midi, protéines le soir), comme dans le régime Montignac.	Peut entraîner une réduction spontanée de l'apport calorique en raison de la monotonie des repas.	Manque d'équilibre nutritionnel, risque de carences, efficacité non prouvée scientifiquement.
Mono régime	Consommation Exclusive où Prédominante d'un Seul aliment (ex Ananas, Chou) sur une Période donnée.	Perte de poids rapide à courte terme due à la restriction calorique sévère.	Carences Nutritionnelles Majeures, fonte Musculaire, effet Yo-Yo fréquent.
Régime à faible index glycémique	Favorise les glucides à faible index Glycémique pour Contrôler la glycémie Et prolonger la satiété.	Amélioration du Contrôle glycémique, Réduction de la masse Grasse, bénéfices Cardiovasculaires Potentiels.	Peut-être complexe à Suivre sans éducation Nutritionnelle Adéquate.
Régimes très hypocalorique VLCD	Apport calorique très Réduit (généralement Entre 800 et 1000 Kcal/jour), souvent	Perte de poids rapide, Peut être utile à court Terme sous Supervision médicale.	Risques de carences, Fatigué, perte de Masse musculaire, Nécessité un

	Sous forme de Substituts de repas.		Encadrement médical Strict.
Jeûne ou cure de Jeûne	Restriction calorique Extrême ou absence Totale d'apport Alimentaire sur une Période déterminée.	Perte de poids rapide.	Risques graves pour La santé, notamment Hypoglycémie, Hypotension, troubles Electrolytiques, Déconseillé Médicalement.
Régime méditerranéen hypocalorique	Réduction modérée Des apports Caloriques en S'inspirant du modèle Méditerranéen (Richesse en fruits, Légumes, poissons Huile d'olive)	Bénéfices Cardiovasculaires, Amélioration du profil Lipidique, bonne Acceptabilité à long Terme.	Peut nécessiter une Adaptation culturelle Et des conseils Nutritionnels pour une Mise en cuivre Efficace.

1.1.2. Le régime cétogène

Au cours des dernières années, les régimes cétogènes ont suscité un intérêt croissant en tant que stratégie nutritionnelle d'intervention dans le traitement de l'obésité et du surpoids. Ces régimes sont caractérisés par une réduction drastique de l'apport en glucides et une augmentation significative des lipides, ce qui pousse l'organisme à entrer dans un état de cétose, un état métabolique au cours duquel le corps produit des corps cétoniques comme source alternative d'énergie à la place du glucose. Ce processus, appelé cétogenèse, se déroule principalement au niveau du fois.

Dans une alimentation classique, les glucides représentent environ 50 à 60 % de l'apport calorique total, contre 10 à 15 % de protéines et 35 à 40 % de lipides. En revanche, le régime cétogène se distingue par une proportion élevée de lipides (70 à 90 %), une quantité modérée de protéines (15 à 20 %), et une très faible proportion de glucides (5 à 10 %) **(Hauser, 2021).**

Comme nous pouvons le voir sur les diagrammes ci-dessus :

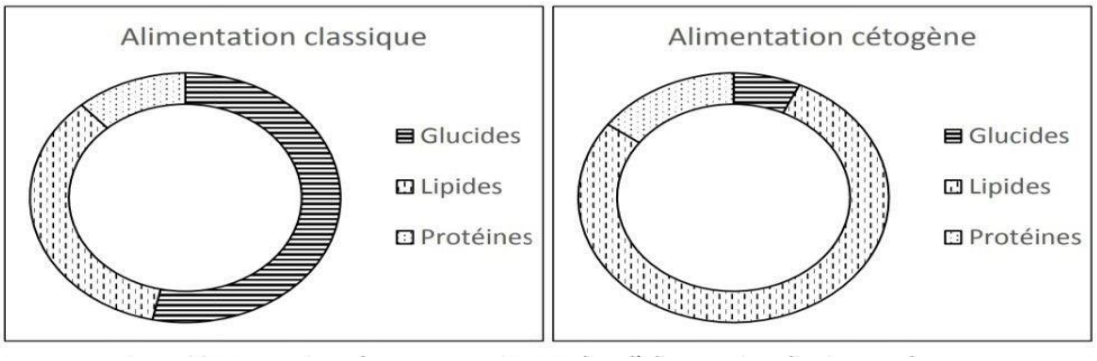


Figure 08 : Proportions des macronutriments dans l'alimentation classique et dans l'alimentation cétogène **(Hauser, 2021) .**

Le régime cétogène très pauvre en calories (VLCKD) représente une variante particulièrement étudiée, ayant démontré des effets positifs sur la perte de poids, la modulation du profil métabolique, la réduction de la sensation de faim, tout en préservant la masse maigre dans plusieurs cas.

Cependant, son efficacité à long terme, ses répercussions nutritionnelles et son impact sur le microbiote intestinal demeurent des axes de recherche essentiels. Il est donc crucial de comprendre ses mécanismes et son application clinique pour en évaluer la pertinence dans un cadre thérapeutique personnalisé. (Di Rosa et al ., 2020)

1.1.3. Régime riche en fibre

Les fibres alimentaires (FA) sont les parties comestibles des plantes, qui peuvent être entièrement ou partiellement fermentées dans le gros intestin, et restent non digérées et non absorbées dans l'intestin grêle humain. Elles représentent la somme des glucides et de leurs analogues, incluant les polysaccharides non digestibles, les oligosaccharides et les substances végétales associées. Les fibres alimentaires peuvent être divisées en fibres alimentaires solubles (FAS) et fibres alimentaires insolubles (FAI) **(He et al., 2021).**

Selon leur solubilité dans l'eau, les fibres alimentaires se classent en deux catégories principales, chacune apportant des effets physiologiques spécifiques et complémentaires.

5.1.3.1. Fibres solubles

Ce sont des polysaccharides comme les pectines, les gommes et les mucilages. Elles forment un gel visqueux en présence d'eau, ce qui ralentit la vidange gastrique et diminue l'absorption des glucides et des lipides. Leur fermentation colique génère des acides gras à chaîne courte (AGCC), aux effets prébiotiques et anti-inflammatoires. Elles participent ainsi à la réduction du cholestérol, de la CRP (protéine C-réactive) et des pathologies intestinales inflammatoires **(Menadi, 2022)**

5.1.3.2. Fibres insolubles

Elles se distinguent par leur structure poreuse et leur capacité à absorber plusieurs fois leur poids en eau, ce qui augmente le volume fécal et stimule le péristaltisme. Elles accélèrent le transit digestif, réduisent l'absorption des glucides simples et contribuent à la régulation de la glycémie en stimulant le GIP (polypeptide insulinotrope) et en diminuant les AGL (acides gras libres). De plus, elles favorisent la satiété, aidant ainsi à limiter l'apport énergétique et à contrôler le poids **(Menadi, 2022).**

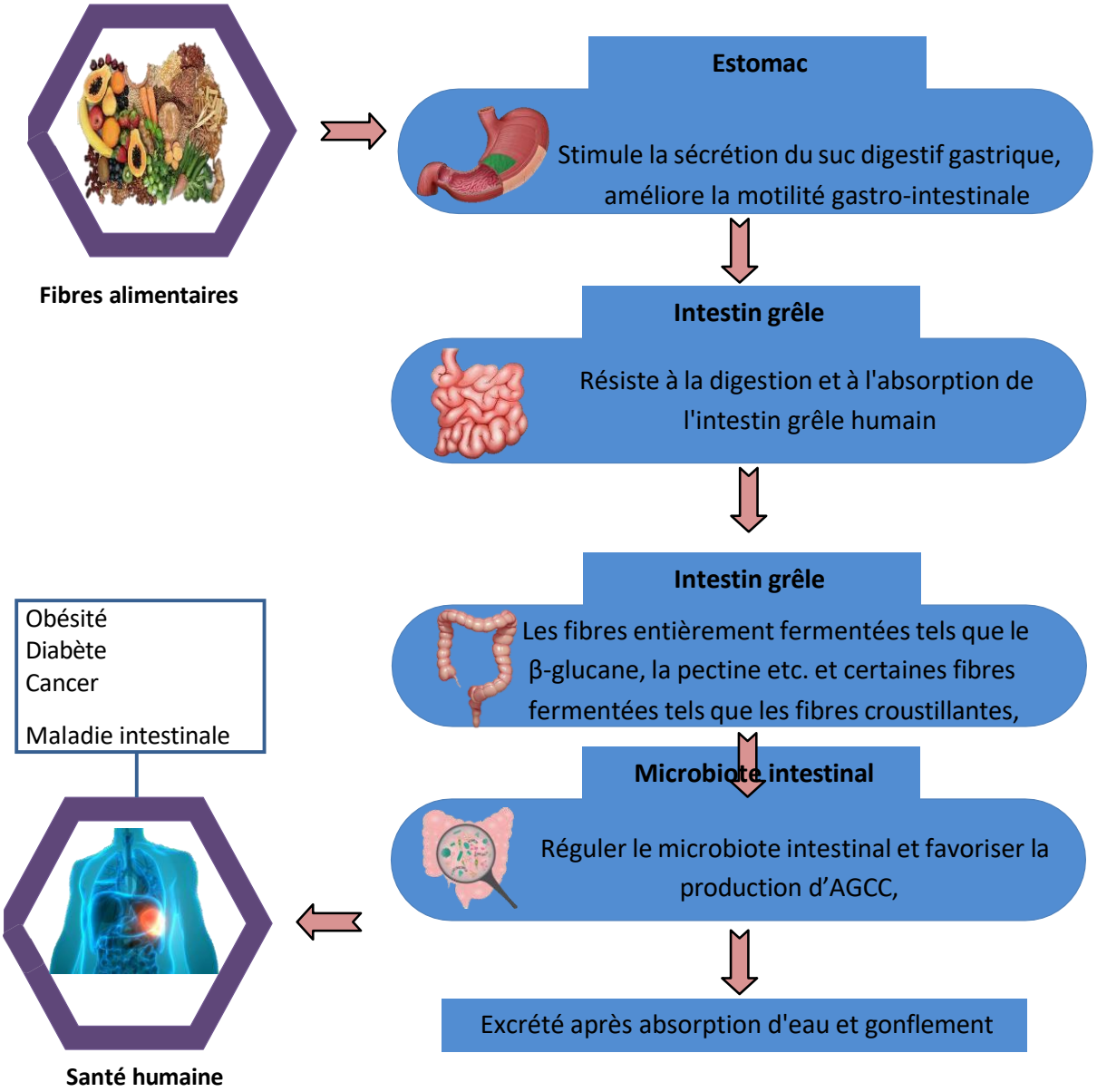


Figure 09 : Métabolisme des fibres alimentaires dans le corps humain et prévention des maladies **(He et al., 2022).**

5.1.3.3. Propriétés physico-chimiques des fibres alimentaires

Certaines propriétés physico-chimiques des fibres alimentaires (FA) sont essentielles pour comprendre leur comportement au cours de la digestion, notamment : la solubilité, les propriétés d'hydratation et la viscosité.

a. Solubilité

La solubilité des fibres alimentaires permet de les classer en deux catégories principales : les fibres solubles, telles que les pectines et les gommes, et les fibres insolubles, comme la cellulose et la lignine. Cette caractéristique influence à la fois leurs fonctions technologiques dans les

aliments et leurs effets physiologiques dans l'organisme. En effet, les fibres solubles sont connues pour leur capacité à augmenter la viscosité du contenu intestinal, ce qui contribue à la réduction de la réponse glycémique postprandiale ainsi qu'à la diminution du cholestérol plasmatique. En revanche, les fibres insolubles se distinguent par leur porosité et leur faible densité, jouant un rôle clé dans l'augmentation du volume des selles et l'accélération du volume des selles et l'accélération du transit intestinal **(Mudgil & Barak, 2013).**

b. Propriétés d'hydratation

Les propriétés d'hydratation font référence à la thermodynamique et à la cinétique d'absorption et de libération de l'eau. Elles comprennent :

- La capacité de gonflement : le volume occupé par une unité de masse de fibres après hydratation dans des conditions spécifiques.
- La capacité de rétention d'eau (également appelée capacité de liaison ou de maintien de l'eau selon la méthode de mesure) : la quantité d'eau retenue par unité de masse de fibres dans des conditions données.

L'eau retenue comprend deux types :

- Une eau extra-particulaire, située entre les particules de fibres, influencée par leur taille, leur forme et leur élasticité.
- Une eau intra-particulaire, piégée à l'intérieur des pores ou à la surface des particules, dépendant de la surface totale des particules et des vides intra-particulaires.

En général, les fibres solubles ont une capacité de rétention d'eau beaucoup plus élevée que les fibres insolubles.

c. Viscosité

La viscosité désigne la résistance à l'écoulement. Les fibres alimentaires présentent une capacité variable à former des solutions visqueuses lors de leur dissolution dans l'eau. Cette capacité dépend fortement de leur poids moléculaire, de leur concentration et de leur degré de solubilité, avec une corrélation positive entre ces facteurs (Capuano, 2016).

1.2. Activité physique et son rôle dans la dépense énergétique

Selon la définition actualisée de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'activité physique correspond à tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques et entraînant une dépense énergétique. Ce concept englobe non seulement les exercices pratiqués

dans un cadre sportif, mais aussi les mouvements réalisés au cours des déplacements, des activités professionnelles, domestiques ou de loisir. Quelle que soit son intensité – modérée ou soutenue – l'activité physique joue un rôle essentiel dans la promotion de la santé et la prévention des maladies chroniques **(OMS, 2024).**

Les principales catégories d'activité physique :

D'après la classification proposée par l'Université de Sherbrooke (2017), l'activité physique peut être structurée en trois grandes catégories, chacune se distinguant par ses effets physiologiques spécifiques sur l'organisme **(voir Tableau).**

Tableau 06 : Les principales formes d'activité physique et leurs effets spécifiques sur l'organisme humain **(Joris & Rose, 2017) .**

Types d'activité physique	**Endurance**	**Force**	**Souplesse**
Définition de l'activité	L'endurance désigne une activité physique soutenue, d'intensité faible à modérée, pouvant être prolongée au-delà de 20 minutes. Elle se décline en deux formes distinctes : 1/ L'endurance générale (aérobie) : repose sur une disponibilité optimale en oxygène, assurée par le système cardio-respiratoire, permettant de répondre efficacement aux besoins énergétiques de l'organisme durant l'exercice. 2/ L'endurance spécifique : implique une sollicitation mixte des filières aérobie et anaérobie. Dans ce cas,	Il s'agit de la tension exercée par un muscle ou un groupe musculaire contre une résistance, lors d'un effort unique de nature maximale. On distingue trois formes principales de force : 1. Force maximale : Niveau de force le plus élevé que les muscles peuvent générer, correspondant à une charge maximale soulevée en une seule répétition (1RM). 2. Endurance de force : Capacité à résister à des charges supérieures à 30 % de la 1RM personnelle, sur une durée prolongée.	Capacité à exécuter des mouvements avec une amplitude maximale, dépendant principalement de la mobilité articulaire.

	l'oxygénation devient partiellement insuffisante, ce qui contraint l'organisme à mobiliser des voies métaboliques alternatives pour maintenir l'effort.	3. Force explosive : Capacité à déplacer l'ensemble du corps ou un objet le plus rapidement possible, en un temps minimal.	
Effets sur l'organisme	• Augmentation du nombre de globules rouges. • Meilleure élimination du dioxyde de carbone et de l'acide lactique. • Activation des organes de détoxification, notamment le foie et les reins. • Réduction du pouls de repos. • Amélioration du rythme respiratoire. • Augmentation de la capacité de récupération. • Diminution du poids corporel.	• Augmentation de la masse musculaire. • Renforcement des structures osseuses et articulaires. • Amélioration du tonus musculaire. • Optimisation du métabolisme de base. • Soutien à la prévention des blessures et des déséquilibres posturaux.	Effets sur l'organisme : • Réduction des risques de chutes • Diminution du risque de blessures • Amélioration des capacités de mouvement et de la performance • Rééquilibrage des déséquilibres musculaires • Meilleure posture • Prise de conscience corporelle

Exemple d'activités Physique	La course à pied, le ski de fond, le vélo et la natation sont des exemples typiques d'activités d'endurance. L'entraînement fractionné (interval training) repose sur l'alternance d'efforts intenses et de phases de récupération à intensité modérée. Ce principe est également appliqué dans le CrossFit, à travers des exercices comme les courses de 200 à 800 mètres ou la corde à sauter.	Musculation avec charges libres ou guidées (haltères, barres, machines), exercices au poids du corps (pompes, tractions), entraînement en circuit, CrossFit axé sur le développement de la force, haltérophilie.	Étirements, yoga, tai-chi, gymnastique douce (Université de Sherbrooke.

Les études indiquent que la pratique de l'activité physique n'entraîne pas nécessairement une compensation énergétique par une augmentation de l'apport alimentaire, ce qui conduit à un déficit énergétique efficace. Dans une étude menée par **Woo et al. (2017**) chez des femmes obèses, il a été démontré que les participantes ne compensaient pas l'augmentation de la dépense énergétique induite par l'activité physique, ce qui a permis d'atteindre un bilan énergétique négatif et de favoriser ainsi la perte de poids .Chez les femmes minces, un équilibre spontané entre la consommation alimentaire et la dépense énergétique a été observé, suggérant un mécanisme de régulation énergétique autonome propre à cette population .Par ailleurs, il a été démontré que l'activité physique, qu'elle soit intense ou de faible intensité mais prolongée, peut temporairement supprimer la sensation de faim. Toutefois, cet effet anorexigène reste de courte durée et ne conduit pas à une surconsommation alimentaire ultérieure. D'autre part, certaines recherches ont montré une corrélation entre l'activité physique et une préférence accrue pour les aliments riches en glucides, ce qui pourrait traduire un besoin qualitatif spécifique de l'organisme en matière d'énergie, plutôt qu'un besoin quantitatif. **(Joris & Rose, 2017)** qui conduit à un déficit énergétique efficace.

5.3. Interventions médicales : chirurgie bariatrique, médicaments anti-obésité.

5.3.1. Chirurgies bariatriques

Dans le cadre du traitement de l'obésité sévère plusieurs chirurgies peuvent être proposées :

1. Bypass gastrique en Y de Roux (Roux-en-Y Gastric Bypass) : C'est l'une des interventions chirurgicales les plus utilisées dans le traitement de l'obésité. Elle consiste à créer une petite poche gastrique d'une capacité d'environ 30 ml, qui est connectée directement au jéjunum, contournant ainsi l'estomac, le duodénum et la partie proximale du jéjunum. Cette technique entraîne une malabsorption de certains micronutriments tels que le calcium, le fer et la vitamine B12, bien que la malabsorption globale des nutriments énergétiques reste minimale. **(Wolfe et al., 2016).**

2. Dérivation biliopancréatique avec switch duodénal : Il s'agit d'une intervention chirurgicale complexe qui commence par une sleeve gastrectomie, suivie d'une anastomose entre le duodénum proximal et l'intestin contourné, ce qui induit un certain degré de malabsorption des nutriments. Toutefois, cette procédure est rarement réalisée en raison d'un taux plus élevé de complications à court et à long terme **(Wolfe et al., 2016).**

3. L'anneau gastrique : est une technique chirurgicale qui consiste à diminuer le volume de l'estomac en introduisant un anneau en silicone à diamètre modulable au niveau de la partie supérieure de l'estomac. Cette intervention permet de diminuer la quantité d'aliments ingérés et provoque l'apparition rapide de la sensation de satiété**. (Locke et al., 2015, cité dans Bouaziz,2024).**

4. La sleeve gastrectomie : est une technique restrictive et irréversible qui consiste à retirer environ 85 % de l'estomac, afin de limiter la prise alimentaire et de diminuer la sensation de faim en limitant la sécrétion de ghréline. **(Barnett, 2013, cité dans Bouaziz, 2024).**

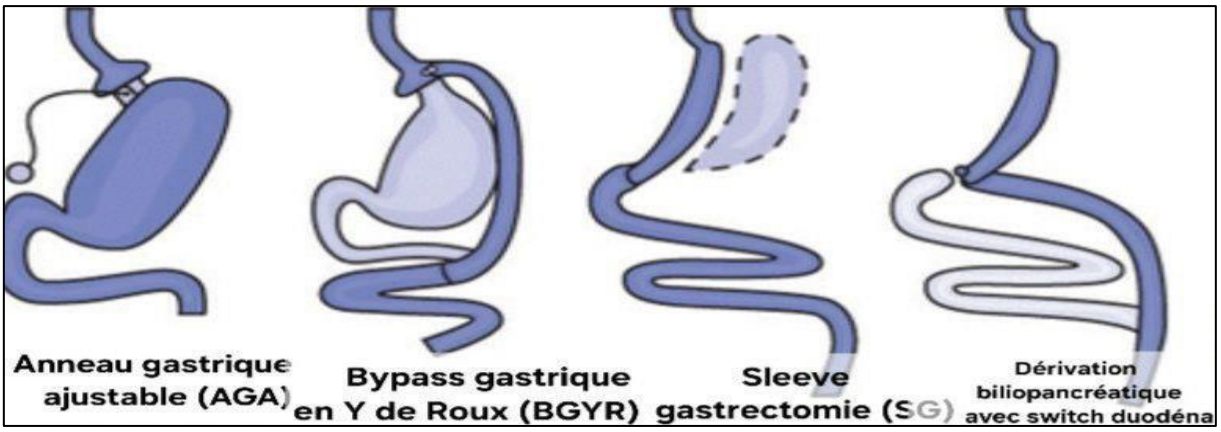


Figure 10 : Schéma des options chirurgicales. Crédit image : Dr Walter Pories, MD, FACS **(Wolfe et al., 2016).**

5.3.2. Médicaments anti-obésité.

Le traitement de première intention de l'obésité repose essentiellement sur une modification durable du mode de vie, incluant l'adoption d'un régime hypocalorique ou normocalorique, la pratique régulière d'une activité physique adaptée, et, dans certains cas, le recours à une thérapie cognitivo-comportementale. Lorsque ces interventions ne permettent pas d'atteindre les objectifs thérapeutiques escomptés, une pharmacothérapie peut être envisagée en complément, afin d'optimiser les résultats du traitement **(Angelidi et al., 2022).**

Dans ce contexte, plusieurs sociétés savantes telles que The Obesity Society, The Endocrine Society et The American Association of Clinical Endocrinologists recommandent le recours aux médicaments anti-obésité (AOMs) chez les patients dont l'IMC est ≥ 30 kg/m², ou ≥ 27 kg/m² en présence de comorbidités, et ce, après l'échec d'une prise en charge hygiéno-diététique sur une durée minimale de six mois, sans perte de poids cliniquement significative (≥ 5 %) **(Tchang et al., 2024).**

Avec les avancées continues dans la compréhension de la physiopathologie de l'obésité, le traitement pharmacologique ne se limite plus uniquement à la suppression de l'appétit ou à la réduction de l'absorption des graisses. Il s'est transformé en une approche plus ciblée et personnalisée, visant des voies cellulaires complexes et des structures organiques impliquées dans la régulation de l'équilibre énergétique, de la faim et de la satiété. La figure suivante offre une vue d'ensemble des tissus et organes clés ciblées par les approches pharmacothérapeutiques actuelles et innovantes, incluant le système nerveux central, les tissus adipeux blanc et brun, le tractus gastro-intestinal, les muscles squelettiques, les reins et le microbiote intestinal, reflétant ainsi la nature multi-cible de ces traitements. **(Angelidi et al., 2022).**

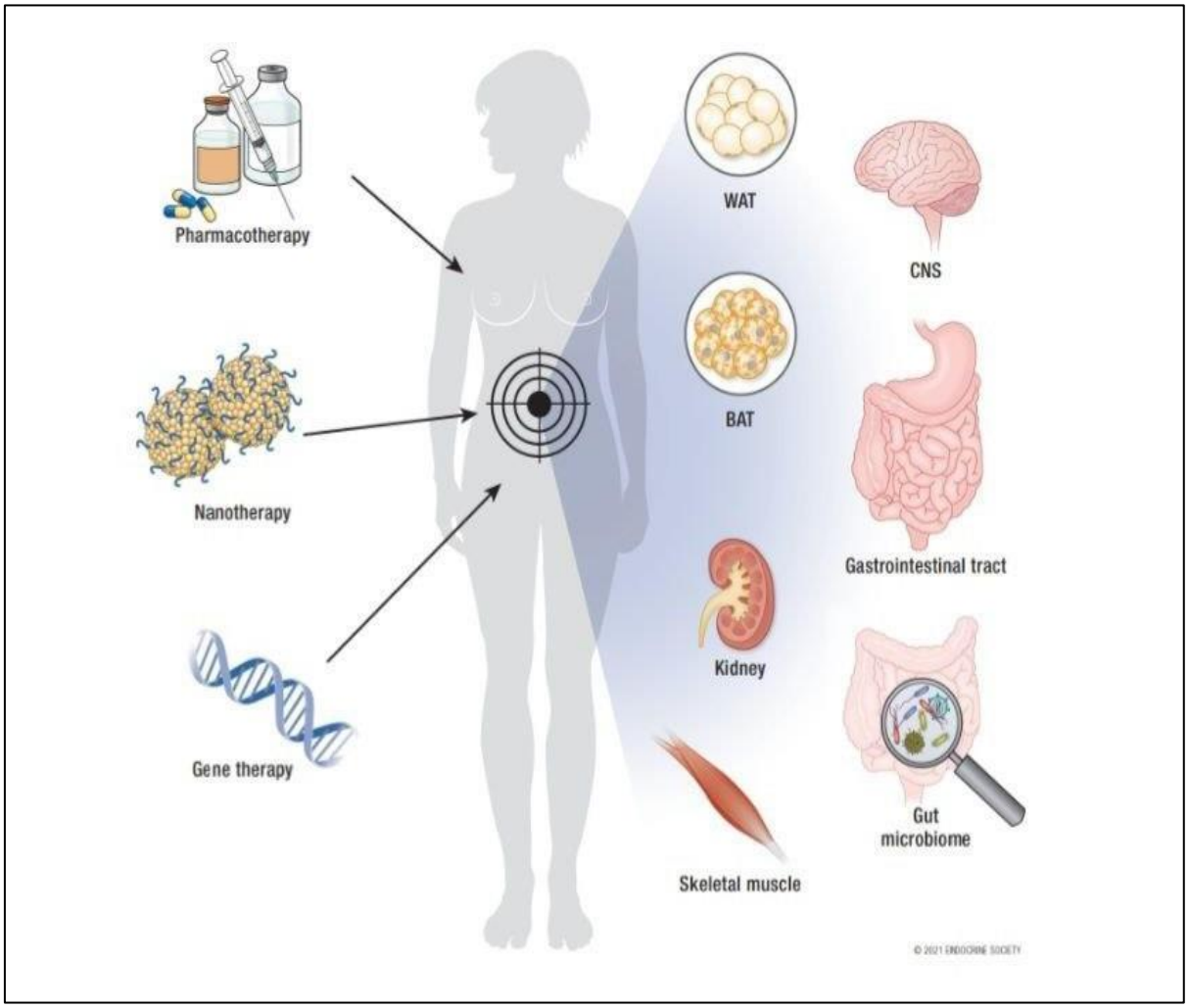


Figure 11 : Vue d'ensemble des principaux tissus et organes cibles des approches pharmacothérapeutiques actuelles contre l'obésité. **(Angelidi et al., 2022).**

Pour illustrer la diversité des traitements médicamenteux de l'obésité, le tableau suivant présente les principaux médicaments approuvés, leur mécanisme d'action, leur efficacité et leurs effets indésirables.

Tableau 07 : Médicaments approuvés pour le traitement de l'obésité **(Angelidi et al., 2022).**

Médicament	Dose et mode d'administration	Mécanisme d'action	Approbation	Perte de poids moyenne comparée au placebo (%)	Effets indésirables
Phentermine	15–37,5 mg une fois/jour, oral	Sympathomimétique à action centrale	USA, adjuvant à court terme	NA*	Sécheresse buccale, insomnie, étourdissements, palpitations, bouffées de chaleur, fatigue, constipation
Phentermine/topiramate	15 mg/92 mg une fois/jour, oral	Sympathomimétique à action centrale ; agoniste GABA / antagoniste glutamate / inhibiteur d'anhydrase carbonique	USA	8,6–9,3	Paresthésies, sécheresse buccale, constipation, insomnie, dysgueusie, anxiété, dépression
Orlistat	120 mg trois fois/jour, oral	Inhibiteur des lipases gastro-intestinales et pancréatiques	USA, UE	3	Ballonnements, flatulences, stéatorrhée légère, urgence fécale
Naltrexone/bupropion	16 mg/180 mg deux fois/jour, oral	Antagoniste des récepteurs opioïdes ; inhibiteur de la recapture de dopamine et de noradrénaline	USA, UE	5,2	Nausées, étourdissements, sécheresse buccale, insomnie, constipation
Liraglutide	3,0 mg une fois/jour, SC	Agoniste des récepteurs GLP-1	USA, UE	5,7 (1 an), 4,4 (3 ans)	Nausées, diarrhée
Semaglutide	2,4 mg une fois/semaine, SC	Agoniste des récepteurs GLP-1	USA	10,3–12,4	Nausées, diarrhée

Les traitements anti-obésité initiaux visaient un effet anorexigène en ciblant la noradrénaline, la dopamine et/ou la sérotonine, mais ont été retirés du marché européen en raison de leurs effets indésirables, notamment cardiovasculaires. Aujourd'hui, les recherches se tournent vers des biomédicaments mimant des hormones digestives telles que le GLP-1, et en développement le GIP, le glucagon ou la cholécystokinine, offrant un profil cardio-métabolique favorable malgré des effets digestifs parfois limitants (Scheen, 2021).

5.4. Les compléments alimentaires comme alternative naturelle pour la gestion du poids

Les compléments alimentaires sont définis comme des denrées destinées à compléter l'alimentation normale. Ils constituent des sources concentrées de nutriments ou d'autres substances à effet nutritionnel ou physiologique, présentées sous forme de gélules, comprimés, poudres ou solutions buvables. Bien qu'ils ne soient pas des médicaments, leur utilisation est devenue courante, notamment dans le cadre de la perte de poids **(Charton, 2023).**

Dans cette optique, plusieurs types de compléments alimentaires ont suscité l'intérêt en raison de leur impact potentiel sur le métabolisme, la satiété ou la combustion des graisses. Parmi eux, les fibres alimentaires occupent une place de choix. Leur fermentation dans le côlon produit des acides gras à chaîne courte (acétate, propionate, butyrate), métabolites bénéfiques impliqués dans la régulation de l'énergie et du poids corporel **(Shallangwa et al., 2024).** Un autre ingrédient fréquent est la caféine, naturellement présente dans le thé, le café ou la guarana. Elle stimule le système nerveux sympathique, favorisant la lipolyse par la libération d'acides gras des tissus adipeux. Ce mécanisme est renforcé par l'inhibition de la phosphodiestérase, qui prolonge l'effet des catécholamines **(Charton, 2023).** De plus, le chrome, un oligo-élément présent dans les aliments comme les œufs et les céréales, est souvent utilisé sous forme de picolinate de chrome. Il serait capable d'améliorer la sensibilité à l'insuline, de réduire les fringales, et de stimuler le métabolisme de base, bien que son efficacité reste débattue selon les méta-analyses disponibles **(Onakpoya et al., 2013).** Enfin, le thé vert, riche en épigallocatéchine-3-gallate (EGCG), présente des propriétés intéressantes. Ce polyphénol inhibe l'enzyme COMT, augmentant ainsi la disponibilité de la noradrénaline, ce qui stimule l'oxydation des graisses, notamment au repos et durant l'activité physique. Toutefois, tout comme la caféine, ses effets sont modérés **(Charton, 2023).**

En somme, les compléments alimentaires peuvent constituer des outils intéressants dans une stratégie globale de gestion du poids. Cependant, leur utilisation doit être encadrée par une approche fondée sur des preuves scientifiques et adaptée au profil individuel de chaque patient.

CHAPITRE II :

INTERET DES INGREDIENTS SELECTIONNES DANS LA PERTE DE POIDS

1. Le son de blé : un ingrédient riche en fibres

1.1. Composition nutritionnelle fibres insolubles, protéines, minéraux

Le son de blé, obtenu lors de la mouture des grains, est bien plus qu'un simple sous-produit : c'est un concentré de nutriments aux vertus impressionnantes. Qu'il soit fin ou grossier, il reste avant tout une formidable source de fibres alimentaires, représentant près de la moitié de sa matière sèche – un véritable tout pour le bien-être digestif et métabolique. Mais ses bienfaits ne s'arrêtent pas là. Le son de blé renferme aussi des amidons, des protéines, des lipides, des composés phénoliques, des vitamines et des minéraux essentiels. L'amidon y est présent en quantité variable (14 à 25 %), sous forme de deux types de granulés qui influencent sa digestibilité et ses propriétés fonctionnelles **(Apprich et al., 2014).** Côté protéines, le son en contient entre 13 et 18 %, principalement sous forme d'albumines et de globulines. Ces protéines se distinguent par une richesse en acides aminés essentiels comme la lysine ou l'arginine, souvent moins présents dans d'autres parties du grain. Les lipides, quant à eux, représentent environ 3,5 à 3,9 % de sa composition. L'acide linoléique, un oméga-6 bénéfique, en constitue la majorité, suivi par l'acide oléique **(Apprich et al., 2014)**. Le son de blé est aussi une source remarquable de composés bioactifs, notamment des phénols comme l'acide férulique, connu pour ses effets antioxydants, anti-inflammatoires et même anticancéreux **(Kim et al., 2006).** Ces substances, souvent liées aux parois cellulaires, peuvent être mieux assimilées après hydrolyse alcaline, ce qui renforce leurs bienfaits **(Apprich et al., 2014).** Enfin, sa teneur élevée en minéraux comme le fer, le zinc, le magnésium ou encore le phosphore fait du son de blé un ingrédient précieux pour enrichir l'alimentation quotidienne **(Onipe, Jideani et Beswa, 2015).**

Tableau 08 : Composition chimique des sons gros et fins **(Cheng et al., 2021)**

Constituants (% ms)	Sons gros	Sons fins
Matière minérales	7,5	6,1
Protéine (N%x5,7 MS)	16,18	17,2
Matière grasse	2,3	3,4
Amidon	14,7	19,3
Sucres (*)	7,1	8,3
Fibres alimentaires	50	46

Le son de blé dur a une teneur élevée en fibres alimentaires totales, généralement rapportée à plus de 50% du poids total du son de blé, dont plus de 90 % sont des fibres alimentaires insolubles **(Cheng et al., 2021)**. Parmi les FA retrouvées dans le son de blé, les Cellulose hémicelluloses, amidons résistants. Les sons de céréales peuvent également contenir des quantités variables d'arabinoxylanes et de Bêta-glucanes, mais pas de pectines **(Hillier, 2007).**

Tableau 09: Composition en fibres alimentaire de son de blé (exprimée en % de la matière sèche) d'après **(Hasselman ,1987).**

Fibres solubles	Fibres insolubles	Références
15,6	84,4	Scweizer et wursch 1979
5,0	95,0	Anderson et clydesdale 1980
6,2	93,8	Florich et asp 1981

1.2. Effets sur la digestion et la régulation de la satiété

Les fibres alimentaires, souvent négligées dans les démarches de perte de poids, jouent pourtant un rôle essentiel et multifacette. Elles agissent à différents niveaux de notre organisme pour favoriser une perte de poids naturelle et durable. D'une part, les fibres insolubles, comme la cellulose, augmentent le volume des selles et stimulent le transit intestinal, permettant une meilleure élimination des déchets **(Huang et al., 2014).** Il est démontré qu'un gramme de fibre insoluble peut accroître la masse fécale de 3,5 à 5 g **(Vuksan et al., 2008).** D'autre part, les fibres solubles, comme le bêta-glucane, se dissolvent dans l'eau pour former un gel visqueux qui ralentit la digestion et prolonge la sensation de satiété **(Wanders et al., 2011)**. Ainsi, une consommation régulière de ces fibres — entre 5 et 20 g de pectine ou 13 g de bêta-glucane par jour — peut ralentir la vidange gastrique de 50 minutes **(Schwartz et al., 1988),** ce qui aide à manger moins sans effort. Ce mécanisme s'accompagne d'une réduction spontanée de l'apport calorique, comme l'a montré une méta-analyse regroupant 54 études : un apport en fibres de 14 à 30 g par jour peut entraîner une diminution de 10 % des calories quotidiennes, avec une perte de poids moyenne de 1,4 kg en deux mois **(Howarth et al., 2001)**, pouvant même aller jusqu'à 8 kg en trois mois **(Rigaud et al., 1990).**Enfin, les fibres influencent la régulation hormonale de l'appétit : elles stimulent la sécrétion d'hormones de satiété comme le GLP-1 et le PYY, tout en inhibant la ghréline, hormone de la faim **(Chaudhri et al., 2006)**. Ces effets deviennent visibles après deux à trois semaines de consommation régulière **(Peters et al., 2009).** Ainsi, en

agissant à la fois sur le système digestif, l'apport énergétique et la régulation hormonale, les fibres alimentaires représentent un complément naturel précieux dans toute stratégie de perte de poids.

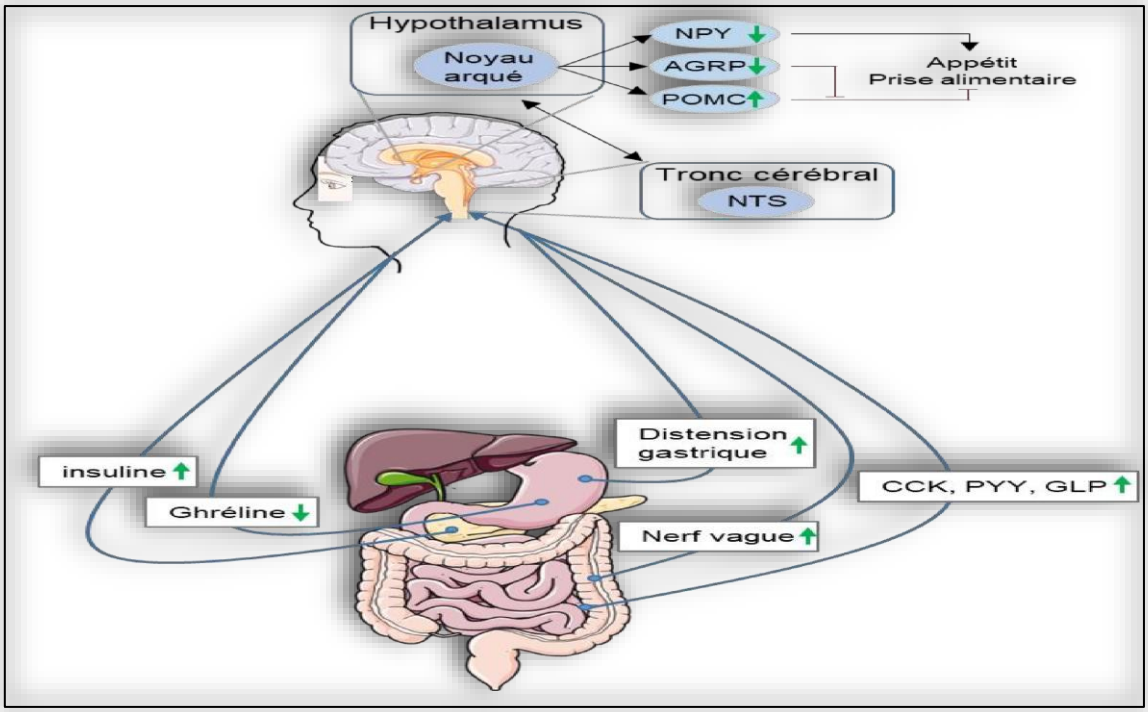


Figure 12 : Réduction du signal de l'appétit par les fibres alimentaires via les hormones de l'axe neuro-intestinal. **(Chaudhri, O. et al 2008).**

1.3. Impact sur l'absorption des graisses et des sucres

Les effets des prébiotiques sur la lipémie semblent dépendre du type de fibres utilisées, de la dose, de la durée du traitement, ainsi que des caractéristiques des participants. Les fibres alimentaires modulent les niveaux de cholestérol total, LDL-c et triglycérides principalement en limitant l'absorption intestinale des lipides grâce à leur capacité à capter les lipides et les sels biliaires **(Fernandez et al. 2000).** Par ailleurs, la diminution de la réabsorption des sels biliaires au niveau hépatique favorise la capture du LDL plasmatique pour renouveler le pool de sels biliaires, contribuant ainsi à la baisse du cholestérol circulant. Concernant la glycémie et la résistance à l'insuline, celle-ci se traduit par une moindre réponse des tissus à l'insuline, provoquant une hyperglycémie souvent associée à une dyslipidémie et une adiposité **(Hardy et al., 2012)**. Perdre du poids, pratiquer une activité physique régulière et adopter un régime riche en fibres sont les moyens les plus efficaces pour améliorer cette sensibilité. Les fibres solubles visqueuses (β-glucanes, pectine, psyllium, gommes…) ralentissent la digestion et l'absorption

des nutriments en formant un gel dans l'intestin, ce qui réduit le pic glycémique postprandial et améliore la sensibilité à l'insuline **(Thondre et al., 2013)**. De plus, une consommation d'aliments à faible index glycémique (céréales complètes, fruits, légumes) est associée à une moindre incidence du diabète **(Jenkins et al., 1981).**Les amidons résistants, bien que non solubles mais fermentescibles, augmentent le temps de transit intestinal et favorisent la fermentation bactérienne produisant des acides gras à chaîne courte, lesquels peuvent stimuler la sécrétion de peptides intestinaux (GLP-1) et l'expression des transporteurs de glucose sensibles à l'insuline **(Zhang et al., 2015).**Ainsi, les fibres alimentaires contribuent à une meilleure régulation du métabolisme lipidique et glucidique, en limitant l'absorption des lipides et en améliorant la gestion de la glycémie.

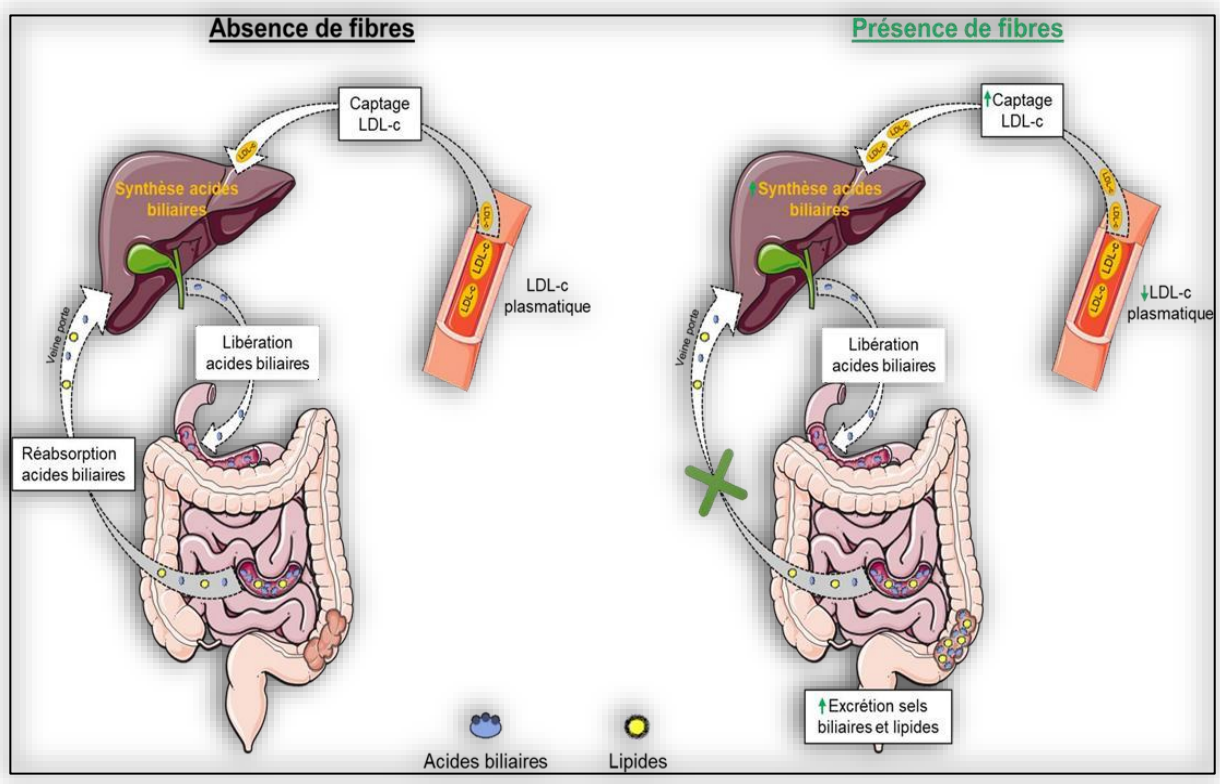


Figure 13 : régulation du métabolisme lipidique par les fibres alimentaires : Cycle entéro hépatique des sels biliaires. (**Fernandez, M. et al. (2000)**

1.4. Effets bénéfiques sur la santé intestinale et le microbiote

Les fibres alimentaires jouent un rôle fondamental dans le maintien de la santé gastro-intestinale. Elles accélèrent le transit intestinal **(Burkitt et al., 1972)** et servent de substrats fermentescibles pour la microbiote intestinale **(Sonnenburg 2014).** La fermentation de ces fibres augmente la production d'acides gras à chaîne courte (AGCC), notamment le butyrate, qui est la principale source d'énergie des cellules épithéliales du côlon **(Roediger, 1982).** De

plus, le butyrate exerce des effets anti-inflammatoires et influence la différenciation cellulaire **(Hamer et al., 2008).** La disponibilité de polysaccharides fermentescibles issus des fibres limite aussi les fermentations protéolytiques délétères et préserve la couche de mucus intestinale **(De Preter et al., 2010).** En favorisant la croissance des micro-organismes commensaux, la consommation de fibres réduit les risques d'invasions pathogènes par un abaissement du pH luminal et une résistance à la colonisation **(Lawley et Walker, 2013).** Le son de blé constitue une source majeure de fibres alimentaires dans les régimes occidentaux **(Stevenson et al., 2012).** Ses composants spécifiques, tels que les arabinoxylanes, exercent un effet prébiotique en modulant positivement l'écosystème microbien intestinal **(Broekaert et al., 2011).** Santé Canada autorise une allégation santé pour le son de blé lorsque l'apport quotidien atteint 7 g de fibres grossières (>0,75 mm), mettant en avant la prévention de la constipation et la régulation des fonctions intestinales **(ACIA, 2004).** L'effet bénéfique du son est d'autant plus marqué que la taille des particules est grande. Les fibres alimentaires solubles (β-glucanes, pectines, gommes, inuline) sont bien fermentées dans le côlon, stimulant la prolifération bactérienne et la production d'AGCC, tandis que les fibres insolubles (cellulose, lignine, hémicelluloses) sont partiellement fermentées **(Caballero et al., 2004).** Jusqu'à 40 % des fibres insolubles du son de blé peuvent être fermentées, un taux qui dépend aussi de la taille des particules (Caballero ete de 5,7 g de selles par gramme de son consommé, supérieure à celle observée avec la cellulose (3 g/g), ce qui contribue à son effet laxatif **(Institute of Medicine, 2002).**

2. Les graines de chia : Une source d'Oméga-3

Ces dernières années, le nombre de publications scientifiques consacrées à la chia a fortement augmenté, soulignant son intérêt en tant qu**'**additif alimentaire. Cette reconnaissance est due à ses propriétés nutritionnelles remarquables**,** notamment sa teneur élevée en lipides, en polyphénols et en fibres alimentaires. **(Din et al.2021).** Les graines de chia sont très riches en fibres (environ 34 g / 100 g), ce qui en fait un aliment idéal pour la gestion du poids. En effet, les aliments riches en fibres favorisent la satiété rapide, réduisent la sensation de Faim, et aident ainsi à consommer moins de calories. **(Petit, 2024).** Les graines de chia sont sans gluten et peuvent donc être consommées par les patients cœliaques. De plus, les graines de chia fournissent de nombreux minéraux, phosphore, calcium, potassium et du magnésium trouvé en plus grande quantité. Des études ont également confirmé la présence de certaines vitamines, principalement la vitamine B1, la vitamine B2 et la niacine. Les graines de chia sont également

une riche source de groupes particulièrement intéressants de phytocomposés caractérisés par une activité biologique élevée comme les polyphénols.Il a été constaté que les graines de chia contiennent également des tocophérols : tocophérol (8 mg/kg de lipides), α-tocophérol (422 mg/kg de lipides) et β-tocophérol (15 mg/kg de lipides**) (Kulczyński et al., 2019).**

Tableau 10 : Composition des graines de Chia selon **(Norlaily et al., 2012)**

Eléments	**Pourcentage**
Protéines	15_25%
Acides gras	30_ 33%
Carbohydrates	26_41%
Fibres alimentaires	18_30%
Cendre	4_5%
Minéraux et Vitamines	90_93%

Ce qui rend les graines de chia si particulières, ce n'est pas seulement leur richesse nutritionnelle, mais aussi leur impact réel sur la santé et le bien-être au quotidien. Pour mieux comprendre leurs bienfaits, il est essentiel de se pencher sur un de leurs atouts majeurs : les fibres alimentaires, notamment les fibres solubles et insolubles.

2.1 Composition en fibres solubles et insolubles

Les apports journaliers recommandés (AJR) en fibres totales sont de 38 grammes par jour pour les hommes et 25 grammes par jour pour les femmes âgés de 19 à 50 ans.
Il est important de souligner que ces recommandations s'adressent aux personnes en bonne santé, et ne s'appliquent pas nécessairement aux individus atteints de maladies chroniques. **(Soliman.2019).**

Les fibres solubles résistent à l'hydrolyse par les enzymes de l'intestin grêle humain, mais sont fermentées par les bactéries du côlon, produisant ainsi des acides gras à chaîne courte (AGCC). Ces AGCC modifient favorablement la flore intestinale et participent aux effets hypocholestérolémiants des fibres solubles. Par ailleurs, les fibres alimentaires augmentent le volume du bol alimentaire, adsorbent et fixent le cholestérol, réduisent son absorption hépatique et favorisent son élimination par la bile, les lipides fécaux et les acides biliaire. **(Harvey.2011).**
La graine de chia**,** tout comme celle de chanvre, est particulièrement riche en fibres insolubles. Très hydrophile, elle peut absorber jusqu'à 12 à 15 fois son volume en eau, formant ainsi un

mucilage visqueux qui facilite le transit intestinal. Toutefois, un cas a été rapporté d'un individu ayant subi une dilatation œsophagienne obstructive après avoir consommé une cuillère à café de graines de chia suivie immédiatement d'un verre d'eau — ce qui souligne l'importance de consommer ce type de fibres avec prudence et dans des conditions appropriées (**Din et al. (2021).**

2.2. Rôle des acides gras Oméga 3 dans la modulation de l'inflammation et la lipolyse

Les graines de chia se distinguent par leur richesse en acides gras oméga-3 et oméga-6, avec un ratio élevé en faveur des oméga-3, ce qui en fait une source importante de nutriments essentiels pour la santé **(Chardot et al., 2023)**. Elles contiennent également entre 5 % et 8 % d'acide gamma-linolénique, ainsi que d'autres acides gras comme l'acide linoléique, oléique et palmitique en plus faibles proportions. Comparées aux graines de lin, les graines de chia présentent une teneur plus élevée en oméga-3 et constituent aussi une bonne source de protéines végétales, ce qui en fait un choix idéal pour les végétariens ou ceux qui souhaitent réduire leur consommation de protéines animales **(Grosclaude, 2019).**Les acides gras polyinsaturés essentiels (AGPI), tels que l'acide linoléique (AL) et l'acide alpha-linolénique (ALA), sont dits « essentiels » car le corps humain ne peut pas les synthétiser à partir d'autres lipides saturés ou mono-insaturés, ils doivent donc être apportés par l'alimentation **(Trautwein, 2001)**. Les acides gras oméga-3 à longue chaîne, comme l'EPA et le DHA, peuvent être produits dans l'organisme à partir de l'ALA, tandis que les oméga-6 à longue chaîne sont synthétisés à partir de l'AL**.**

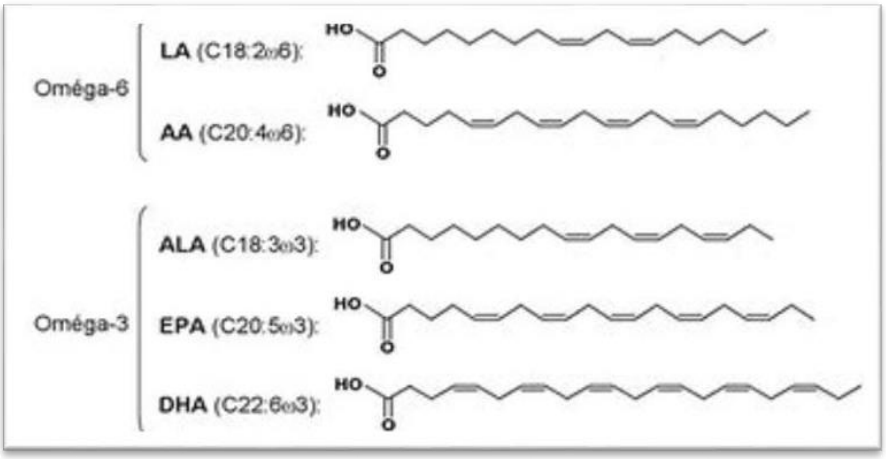


Figure 14 : Structure des acides gras oméga 3, oméga 6 **(Simopoulos, 2002).**

Les oméga-3, en particulier les acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC n-3) comme l'EPA et le DHA, jouent un rôle important dans la régulation du tissu adipeux,

notamment en réduisant la masse grasse chez les animaux et les humains obèses **(Buckley et Howe, 2010).** Par ailleurs, leur précurseur métabolique, l'acide α-linolénique (ALA), a aussi montré des effets prometteurs en diminuant la masse adipeuse viscérale chez certains modèles animaux **(Chicco et al., 2009)** Cependant, les résultats restent parfois contradictoires, probablement à cause des différences dans les ratios entre acide linoléique (LA) et ALA dans les régimes alimentaires **(Ghafoorunissa et al., 2005)** Les AGPI-LC n-3 exercent leur action en modulant la différenciation des adipocytes et en favorisant la dégradation des lipides via l'oxydation mitochondriale et peroxysomale, tout en réduisant la lipogenèse**(Buckley et Howe, 2010).** Par exemple, le DHA peut même induire l'apoptose des préadipocytes, limitant ainsi le développement du tissu adipeux **(Kim et al., 2006).** Ces effets ont également été observés chez l'homme, où une consommation accrue d'oméga-3 marins est associée à une réduction de la masse grasse **(Buckley et Howe, 2010).** Concernant l'inflammation, les études sur l'ALA sont moins nombreuses mais montrent que cet acide gras peut diminuer certains marqueurs inflammatoires comme la protéine C-réactive et l'IL-6 chez les sujets en surpoids **(Zhao et al., 2004).** Cependant, ces effets ne sont pas toujours constatés, surtout à des doses plus élevées d'ALA **(Nelson et al., 2007).** Une étude chez le rat suggère que l'ALA réduit l'expression de cytokines pro-inflammatoires dans le tissu adipeux **(Baranowski et al., 2012).** En résumé, les oméga-3, qu'ils soient sous forme d'ALA ou d'AGPI-LC, semblent jouer un rôle bénéfique dans la modulation de la masse grasse et l'inflammation associée, bien que certains résultats restent à confirmer en raison des variations dans les modèles expérimentaux et les dosages utilisées.

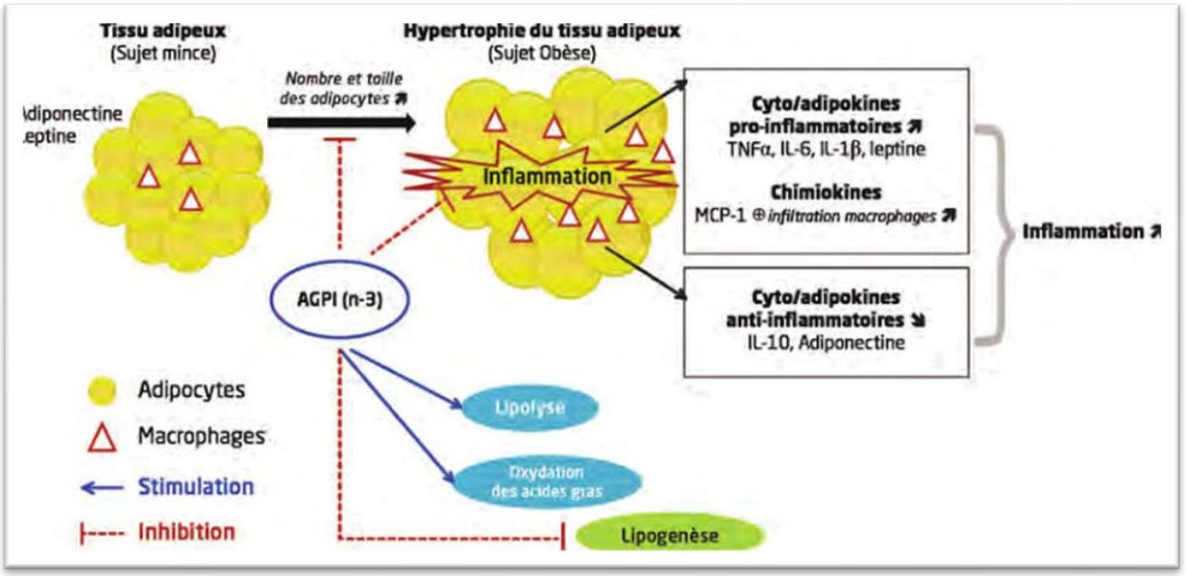


Figure 15 : Effet des Oméga-3 sur les dysfonctionnements du tissu adipeux associés à l'obésité

(Kim et al., 2006).

2.3. Effet sur la glycémie et le métabolisme lipidique

Plusieurs études montrent que les graines de chia peuvent jouer un rôle important dans la prévention et le traitement du diabète. Leur richesse en fibres en fait un aliment particulièrement efficace pour réduire le risque de cette maladie. En effet, les graines de chia contribuent à diminuer la glycémie et à stabiliser les niveaux de sucre dans le sang **(Creus et al., 2017).** Une étude récente de 2017 a même suggéré que ces graines pourraient prévenir le diabète de type 2 chez les personnes obèses **(Vuksan et al., 2017).** Dans un modèle expérimental chez la souris, où la dyslipidémie et la résistance à l'insuline étaient induites par une alimentation riche en sucres, la supplémentation en graines de chia a montré un potentiel significatif pour corriger ces troubles métaboliques **(Chicco et al., 2009).** D'autres recherches suggèrent qu'elles pourraient améliorer les défenses immunitaires de l'organisme **(Ullah et al., 2016).**Le chia, appartenant à la famille des Lamiacées, se distingue par une teneur élevée en fibres (entre 30,8 % et 38,5 %) et en acide alpha-linolénique (ALA), représentant environ 62,8 % de ses lipides totaux **(Kulczynski et al., 2019).** En plus, ses protéines (22 à 25,5 %) et ses antioxydants contribuent à ses nombreux bienfaits pour la santé C **(Ullah et al., 2016)**. Plus précisément, des études animales ont démontré que les graines de chia atténuent la dyslipidémie (profil lipidique anormal) et l'adiposité viscérale (graisse abdominale), améliorent la sensibilité à l'insuline ainsi que la tolérance au glucose, et favorisent la redistribution des lipides dans les tissus, ce qui protège le cœur **(Poudyal et al., 2012).** La supplémentation en huile de chia a également montré une réduction du cholestérol total, du LDL (mauvais cholestérol) et des triglycérides, tout en augmentant le HDL (bon cholestérol) **(Oliveira-de-Lira et al., 2018).** C'est pourquoi il est nécessaire de réaliser une méta-analyse ciblant exclusivement les effets de la supplémentation en graines de chia sur le profil lipidique chez les personnes en surpoids, obèses, hypertendues, ou atteintes de diabète de type 2.

3. Le Thé vert : Un bruleur de graisses naturel

3.1 Composition en polyphénols et Catéchines

Le thé vert (*Camellia sinensis L.*), appartenant à la famille des Théacées, est une boisson issue de feuilles non oxydées et non fermentées. Il se distingue par sa richesse en composés bioactifs qui lui confèrent des propriétés physiologiques et thérapeutiques remarquables. Sa composition chimique est variée : il contient des polyphénols, des alcaloïdes (dont la caféine), des acides aminés, des glucides, des protéines, de la chlorophylle, des

composés organiques volatils, ainsi que des minéraux, oligoéléments, fluorures et même de l'aluminium **(Okamura et al., 2012).**

Tableau 11 : Composition chimique du Thé vert **(Kumar et al.2017)**

Polyphénols (Simples)	**25_ 35%**
Cellulose, Lignine, Amidon etc.	**20_ 30%**
Protéine	**10_20%**
Lipides	**3_9%**
Minéraux	**4_8%**
Polysaccharides	**4_7%**
Acides Aminés	**3_4%**
Caféine	**2_4%**
Chlorophylle & Caroténoides	**2_ 3%**
Composés volatiles	**Traces**

Parmi les composants phares du thé vert, les catéchines, une sous-classe de polyphénols, jouent un rôle central. On y retrouve notamment l'épigallocatéchine gallate (EGCG), l'épigallocatéchine, l'épicatéchine et l'épicatéchine gallate, avec l'EGCG comme molécule la plus abondante et biologiquement active **(Liao, 2000).** Ces composés sont reconnus pour leurs puissantes propriétés antioxydantes et antimutagènes **(Wolfram, 2006).**

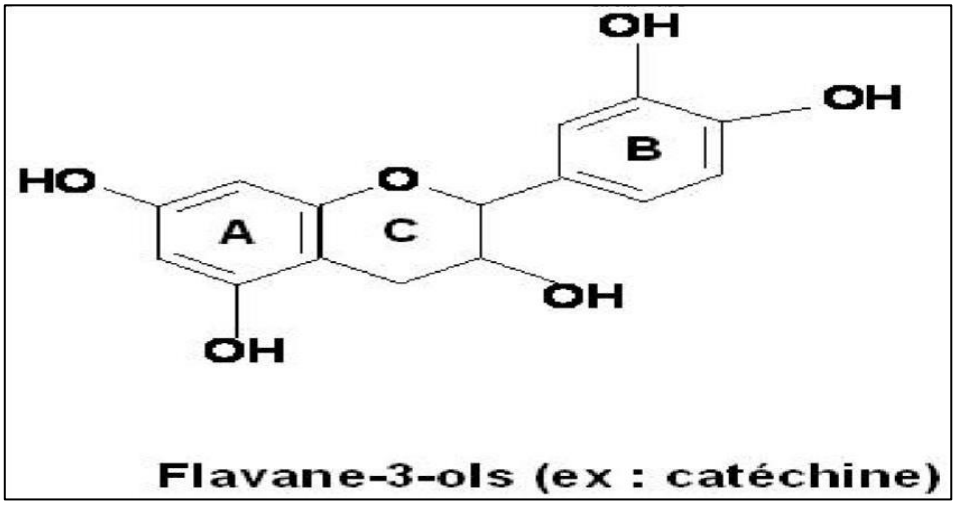


Figure 16 : Structure chimique de Catéchine **(Liao, 2000).**

3.2 Effet thermogénique et stimulation du métabolisme des graisses

Le déficit thermogénique désigne la différence entre le métabolisme de repos mesuré (RMR) et celui prédit, réduisant une adaptation métabolique de l'organisme à une réduction de la dépense énergétique plus importante que prévue face à un changement de bilan énergétique. Ce phénomène a été décrit dès 1902 par Neumann, puis confirmé par de nombreux travaux récents **(Doucet et al., 2001).** Il reflète une forme de résistance biologique à la perte de poids, souvent observée lors de régimes hypocaloriques prolongés. Dans ce contexte, certaines substances naturelles peuvent aider à soutenir la thermogenèse. Le thé vert, plante originaire de Chine utilisée depuis l'Antiquité, est souvent qualifié de « brûle-graisses » grâce à sa teneur en caféine (3 à 4 %) et en catéchines, qui augmentent les niveaux de noradrénaline, stimulant ainsi **la** lipolyse et la thermogenèse **(Rains et al., 2011).** Parmi les catéchines, l'épigallocatéchine gallate (EGCG) se distingue par ses propriétés antioxydantes puissantes**,** sa capacité **à** chélater les ions de fer, à réduire le cholestérol LDL **(Trevisanato, 2000),** ainsi que ses effets antimutagènes, antiviraux, antiulcéreux, apoptotiques et antimicrobiens **(Hung et al., 2005**). Au-delà de son effet sur la combustion des graisses, le thé vert pourrait aussi jouer un rôle dans la régulation du glucose et de l'insuline, renforçant ainsi son intérêt métabolique global.

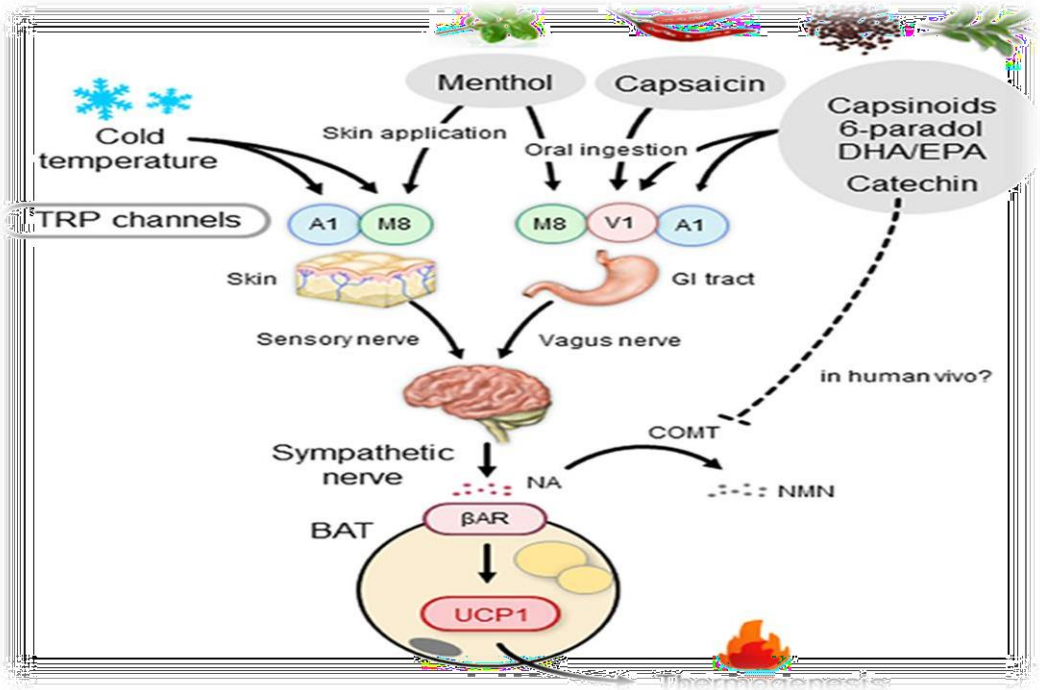


Figure 17 : Thermogenèse du tissu adipeux brun induite par les ingrédients alimentaires via l'activation de l'axe TRP_SNS**. (Saito,M,et al 2020).**

3.3 Action sur la régulation du glucose et de l'Insuline

La résistance à l'insuline est une condition où les cellules de l'organisme répondent moins efficacement à l'action de l'insuline, hormone essentielle à la régulation du glucose sanguin. Elle est souvent associée à l'obésité abdominale et au syndrome métabolique, et constitue un facteur de risque majeur pour le développement du diabète de type 2. L'insuline joue également un rôle clé dans le métabolisme des lipides, notamment après les repas, en activant la lipoprotéine lipase (LPL), une enzyme qui facilite l'élimination des triglycérides circulants. Plusieurs études ont montré que les polyphénols du thé, en particulier ceux du thé vert, peuvent améliorer la sensibilité à l'insuline par divers mécanismes :

- ✓ Inhibition de la production hépatique de glucose **(Waltner-Law et al., 2002).**
- ✓ Stimulation de l'absorption périphérique du glucose par les tissus **(Anderson et Polansky, 2002).**
- ✓ Inhibition du transport intestinal du glucose **(Shimizu, 1999).**

Des extraits de thé vert riches en épigallocatéchine gallate (EGCG), le principal antioxydant du thé, ont montré une augmentation de l'absorption du glucose par les adipocytes en laboratoire. Chez l'animal, une alimentation enrichie en catéchines du thé améliore la tolérance au glucose. D'un point de vue clinique, plusieurs essais contrôlés ont confirmé les effets bénéfiques du thé vert :

- ✓ Une méta-analyse de 14 essais randomisés a montré une réduction significative du LDL-cholestérol **(Zheng et al., 2011).**
- ✓ Chez les patients obèses, la supplémentation en thé vert a amélioré les taux de glucose et les profils lipidiques **(Suliburska et al., 2012).**
- ✓ Chez les femmes ménopausées en bonne santé, une intervention de deux mois avec du thé vert a permis une meilleure régulation du glucose **(Wu et al., 2012).**
- ✓ Cependant, l'effet du thé noir est moins marqué, probablement en raison d'une concentration plus faible en EGCG.

Enfin, le thé vert semble également améliorer la fonction vasculaire, notamment via la dilatation dépendante de l'endothélium (FMD)**,** indicateur de santé cardiovasculaire. Une consommation modérée (2–3 tasses/jour) pourrait contribuer à cette amélioration **(Ras et al., 2011).**

3.4 Rôle antioxydant et protection contre le stress oxydatif lié à l'obésité

Le stress oxydatif désigne un déséquilibre entre la production d'espèces oxydantes, comme les radicaux libres, et la capacité de l'organisme à les neutraliser à l'aide de systèmes antioxydants. Lorsque ce déséquilibre penche en faveur des oxydants, il en résulte des dommages cellulaires importants **(Atamer et al.2008).** Phénomène peut être déclenché par plusieurs facteurs, tels qu'une production excessive de radicaux libres d'origine inflammatoire **(Picchi et al., 2006),** un apport insuffisant en antioxydants à travers l'alimentation, ou encore une exposition à des substances prooxydantes comme le tabac, l'alcool, certains médicaments ou la pollution **(Valko et al., 2005).**

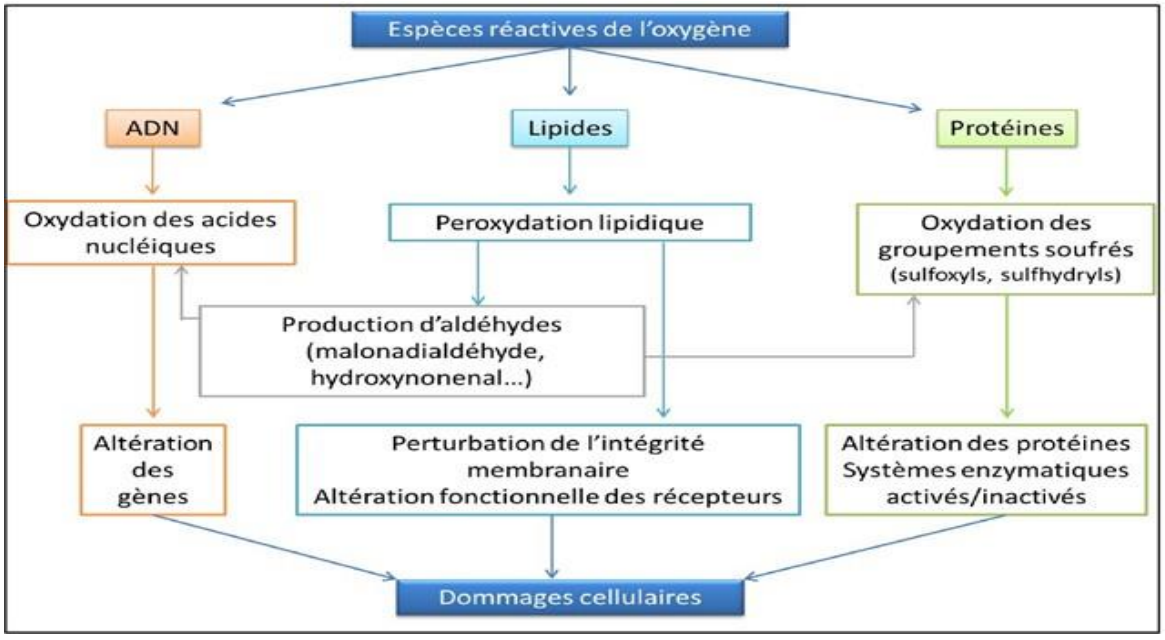


Figure 18 : Les différentes cibles des Espèces Réactives de l'Oxygène **(Poisson, 2013)**

Dans le contexte de l'obésité, l'accumulation de graisses dans les tissus adipeux favorise l'apparition d'un stress oxydatif généralisé **(Gouranton et Landrier, 2007).** Ce stress se manifeste soit par une production accrue de radicaux libres, soit par un affaiblissement des mécanismes de défense antioxydants **(Favier, 2003).** Les recherches ont montré que l'obésité n'est pas seulement une conséquence du stress oxydatif, mais aussi une cause. En effet, ce dernier peut encourager la transformation des pré-adipocytes (cellules souches du tissu adipeux) en adipocytes matures, contribuant ainsi à l'augmentation de la masse grasse **(Spiegelman et Flier, 2001).** Par exemple, le peroxyde d'hydrogène a été observé comme un facteur favorisant cette différenciation en stimulant des facteurs de transcription clés **(Lee et al., 2009).** La protéine kinase C (PKC), particulièrement sensible au stress oxydatif, joue-t-elle aussi un rôle

central dans ce processus **(Fleming et al., 1998).** Au-delà du stockage lipidique, le stress oxydatif affecte aussi l'équilibre inflammatoire et métabolique de l'organisme. Il dérègle la production de cytokines pro-inflammatoires comme le TNF-α, et contribue au développement de l'insulinorésistance – un facteur majeur dans l'apparition des maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2 **(Anderson et al., 2009).** Par ailleurs, l'obésité est fortement liée au développement du syndrome métabolique, notamment à travers la perturbation de la sécrétion d'adipokines. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO), générées par l'enzyme NADPH oxydase, jouent ici un rôle central. Cette enzyme est impliquée dans des mécanismes pathologiques tels que l'hypertension, l'athérosclérose et le dysfonctionnement endothélial **(Violi et al., 2009).** Une telle perturbation affecte des molécules clés comme l'adiponectine, le PAI-1, l'IL-6 et le MCP-1, contribuant à un terrain propice au développement de troubles métaboliques **(Furukawa et al., 2004).**

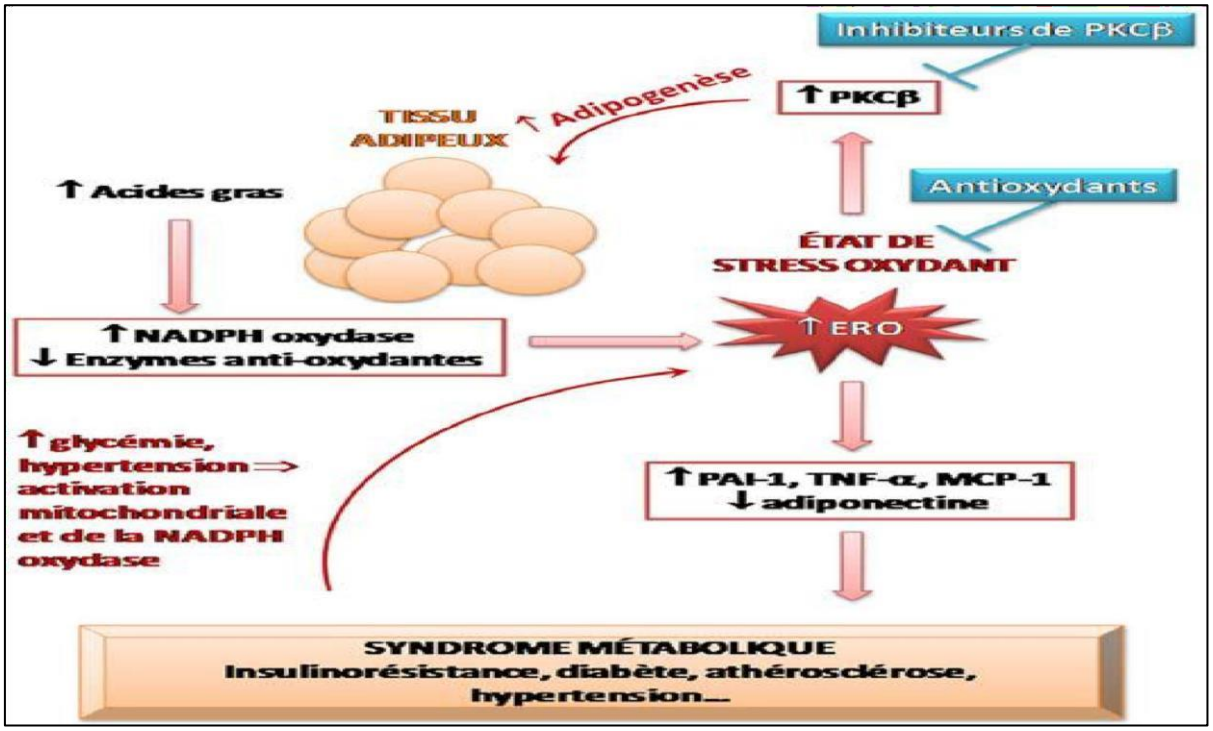


Figure 19 : Relation entre obésité, stress oxydant et syndrome métabolique **(D'après Furukawa et al, 2004)**.

Dans cette lutte contre le stress oxydatif, les antioxydants naturels jouent un rôle clé. Le thé vert, par exemple, est particulièrement riche en catéchines – des flavonoïdes puissants. Toutefois, lors de sa transformation en thé noir, une grande partie de ces principes actifs est perdue. Les catéchines subissent alors une série de réactions d'oxydation catalysées par la

polyphénol oxydase, donnant naissance à des composés colorés comme les théaflavines et théaflagallines Ces molécules, bien que différentes, conservent une activité antioxydante intéressante, mais elle reste inférieure à celle des catéchines du thé vert **(Middleton et al., 2000).** Les flavonoïdes neutralisent les radicaux libres et peuvent même chélater les métaux lourds comme le fer ou le cuivre, empêchant ainsi leur rôle atalytique dans la formation d'espèces réactives de l'oxygène **(Miller et al., 1996).** Parmi les catéchines, l'EGCG (gallate d'épigallocatéchine) et l'ECG (gallate d'épicatéchine) sont les plus puissants pour piéger les radicaux peroxydes générés dans certaines réactions d'oxydation **(Guo et al., 1996).** Elles protègent aussi les LDL contre l'oxydation, un processus impliqué dans l'athérosclérose. De plus, elles préviennent l'oxydation de l'ADN et l'hémolyse des globules rouges **(Berset, 2006)**. Leur action antioxydante repose sur deux mécanismes principaux : la capture directe des radicaux libres, et la formation de complexes inertes avec les ions métalliques. Cette double capacité est attribuée à la structure chimique particulière des catéchines, notamment la présence de groupes hydroxyles sur leurs noyaux aromatiques **(Aubert et Carlin, 2006).**

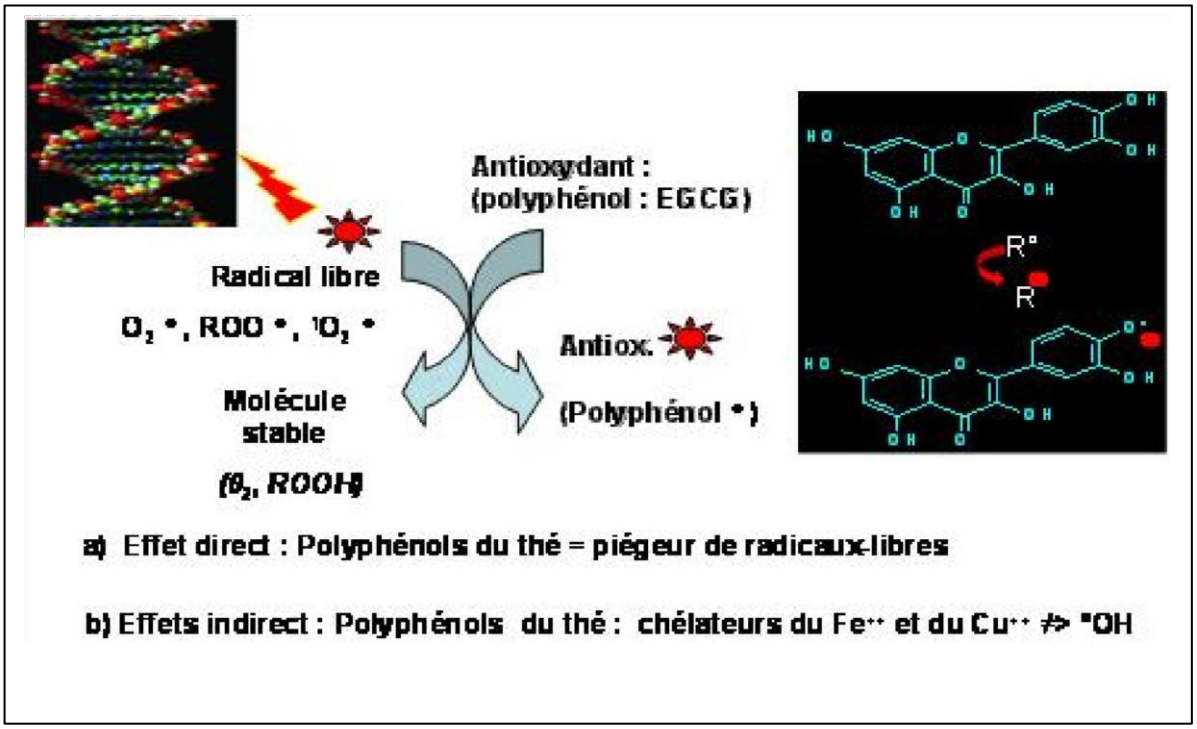


Figure 20 : Mécanisme antioxydant des polyphénols du thé vert **(Guo et al., 1996).**

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE I :

ÉTUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU SON DE BLE, DES GRAINES DE CHIA ET DU THE VERT

MATERIELS ET METHODES

1. Matériels biologiques

Dans le cadre de cette étude, trois matières premières ont été utilisées. Le son de blé a été collecté en février 2025 auprès de la société Al Marjan El-Dhahabi, spécialisée dans la production de semoule et de farine, située dans la commune de Bir El Ater, wilaya de Tébessa (Algérie). Quant aux graines de chia et au thé vert, ils ont été achetés au cours du même mois dans une herboristerie spécialisée située dans la commune d'El Biar, wilaya d'Alger (Algérie), reconnue pour la qualité de ses produits naturels. L'ensemble de ces matières a été conservé dans des contenants hermétiques, à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur, jusqu'à leur utilisation dans les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques.

2. Évaluation de la qualité des matières premières

Dans le cadre du développement de notre complément alimentaire naturel à base de son de blé, de graines de chia et de thé vert, une série d'analyses de contrôle de qualité a été effectuée afin d'évaluer la conformité physico-chimique et microbiologique des matières premières utilisées. Ces analyses sont indispensables pour garantir la sécurité sanitaire, la stabilité et l'efficacité du produit final. Les analyses ont été réalisés au sein du Laboratoire FATHALLAH, spécialisé dans le contrôle de qualité des produits agroalimentaires, cosmétiques et détergents, en suivant des méthodes normalisées et reconnues à l'échelle internationale. Les référentiels utilisés incluent notamment les normes algériennes, les protocoles analytiques en vigueur selon le Journal Officiel n° 39 du 02 juillet 2017.

2.1. Les paramètres physico-chimiques

2.1.1. Mesure du pH

Le pH est un paramètre physico-chimique fondamental qui permet d'évaluer l'acidité et l'alcalinité d'un ingrédient alimentaire. Il influence non seulement la stabilité du produit final, mais également la biodisponibilité de certains nutriments et la croissance microbienne. Dans cette étude, la mesure du pH a été réalisée selon la méthode potentiométrique décrite dans la norme ISO 4316 :1977, en utilisant un pH-mètre étalonné. La procédure consiste à préparer une solution aqueuse à 10 % (m/v) en dissolvant 10 g de l'échantillon (son de blé, graines de chia ou thé vert) dans 100 ml d'eau distillée. Après homogénéisation, la suspension est laissée à température ambiante (20 °C) pendant 10 à 15 minutes avant la lecture **(Multon, 1982).**

2.1.2. Taux d'humidité

L'humidité est un paramètre essentiel permettant d'évaluer la stabilité, la qualité de conservation et le risque de développement microbien dans les produits alimentaires. L'humidité a été déterminée à l'aide d'un analyseur d'humidité de type CMB-25 (CAS, Corée du Sud), selon le principe de la thermogravimétrie automatique. Un échantillon de 10 g a été soumis à une température de 160 °C pendant 20 minutes à pression atmosphérique normale. L'appareil calcule automatiquement la perte de masse, correspondant à l'eau évaporée. Cette méthode repose sur les fondements de la norme ISO 712 :2009, bien qu'elle soit appliquée ici via un dispositif moderne.

2.1.3. Taux de sucre

La teneur en sucres solubles a été déterminée par réfractométrie, à l'aide d'un réfractomètre étalonné. L'analyse a été réalisée dans des conditions contrôlées à 20 °C, conformément à la norme ISO 2173 :2003. Cette méthode permet d'exprimer l'indice de réfraction mesuré en pourcentage de sucres solubles (% Brix), assurant ainsi une évaluation rapide et fiable de la concentration en extraits solubles totaux dans les échantillons analysés.

2.1.4. Taux de cendres

La teneur en cendres, exprimée en pourcentage de matière sèche (MS) ou de matière totale quantifiée (MTQ), permet d'évaluer la fraction minérale résiduelle présente dans les échantillons après incinération. L'analyse a été réalisée selon une méthode gravimétrique d'incinération. Une prise d'essai de 1 g de poudre (matière sèche) a été déposée dans une capsule tarée, puis introduite dans un four à moufle préchauffé à 550 °C, et maintenue pendant 3 heures, jusqu'à obtention de cendres de couleur gris clair ou blanchâtre.
La teneur en cendres est calculée selon les formules :

$$\text{Taux de cendres (MS)} = \left(\frac{m_{\text{cendre}}}{m_{\text{échantillon sec}}}\right) \times 100 \qquad \text{Taux de cendres (MTQ)} = \left(\frac{m_{\text{cendre}}}{m_{\text{échantillon brut}}}\right) \times 100$$

2.2. Les valeurs nutritionnelles

2.2.1. Dosage des protéines

La méthode de Kjeldahl est utilisée pour le dosage des protéines, cette méthode permet de déterminer le taux d'azote et comprend trois phases : la minéralisation, la distillation et le dosage de l'ammoniac. Pour cela : 1,5 g d'huile de palme est minéralisé avec 20 ml d'acide sulfurique concentré

en présence de 2 g de catalyseur, ce dernier est composé de 100 g de sulfate de potassium, 10 g de sulfate de cuivre pure et 1 g de sélénium en poudre pure jusqu'au changement de la couleur du noir au vert, ensuite le matras est placé dans un distillateur relié à une solution d'acide borique et de rouge de méthyle, le mélange est coloré au rose, puis un titrage à l'acide sulfurique à 0,1 N est réalisé **(Gbogouri, 2004).** La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'une autre couleur, le volume du titrage est noté et le taux de protéine est calculé selon la formule suivante :

$$\%\ \text{des protéines} = \frac{\text{Masse molaire(azote)} * \text{volume du tirage} * \text{facteur de conversion (6,25)}}{\text{Prised'essaie}}$$

2.2.2. Dosage des lipides

La détermination des lipides présents dans l'huile de palme est effectuée à l'aide de la méthode Soxhlet. Cette méthode implique la pesée et le placement de l'échantillon dans une capsule en cellulose, où les graisses sont extraites par de l'éther éthylique à une température de 35°C. Une fois que le solvant s'est évaporé, les lipides se concentrent dans le ballon jusqu'à la fin du processus d'extraction, où ils seront ensuite pesés **(Gbogouri, 2004)**. La teneur en matières grasses est alors déterminée en utilisant la formule suivante :

$$\%\,\text{lipide} = \frac{(M)\ \text{lipide} \times 100}{(M)\ \text{échantillon}}$$

2.2.3. Dosage des glucides

La teneur en sucres réducteurs a été déterminée selon la méthode classique de Lane–Eynon, fondée sur un titrage d'oxydoréduction. Cette méthode repose sur la capacité des sucres réducteurs présents dans l'échantillon à réduire les ions cuivre (II) en cuivre (I) dans un milieu alcalin chaud, en présence du réactif de Fehling. L'échantillon est titré à chaud, en ajoutant progressivement la solution sucrée à un mélange de Fehling A et B, jusqu'à décoloration complète de l'indicateur (bleu de méthylène), marquant le point d'équivalence. La quantité de sucres réducteurs est ensuite calculée en fonction du volume d'échantillon utilisé et du facteur d'étalonnage préalablement établi à partir d'une solution standard de glucose **(Lane, 1923)**

2.3. Analyses microbiologiques

Les matières premières utilisées dans la formulation du complément alimentaire à savoir le son de blé, les graines de chia et le thé vert sont d'origine végétale et destinées à un usage nutritionnel humain. Étant susceptibles d'une contamination microbiologique lors des étapes de récolte, de transport ou de stockage, une série d'analyses microbiologiques a été effectuée afin d'évaluer leur qualité sanitaire et leur conformité aux exigences réglementaires.

Micro-organisme	Norme (NA/ISO)	Milieu de culture	Température / Durée	Aspect des colonies
Escherichia coli	ISO 7251 N.A 6812	VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar)	44 ± 1 °C / 24 à 48 h	Colonies bleues-vertes sur TBX ; noires à centre métallique sur EMB
Staphylocoques à coagulase +	N.A 760	Baird Parker Agar (BP)	37 ± 1 °C / 24–48 h	Colonies noir brillant, halo clair dû à la lécithinase
Bacillus cereus	ISO 21871 N.A 15518	Milieu MYP (Mannitol-Yolk-Polymyxin Agar)	30 ± 1 °C / 24 h	Colonies roses, précipitation autour, non mannitol-fermentantes
Moisissures	ISO 21527-2	Sabouraud Dextrose Agar (Dosab)	25–30 °C / 3–5 jours	Levures : rondes, brillantes ; Moisissures : duveteuses, de couleur variée
Anaérobies sulfito réducteurs	ISO 15213 N.A 15176	Milieu viande-foie (VF)	37–44 °C / 24–48 h (anaérobie)	Colonies noires ou grisâtres, noircissement du milieu
Germes aérobies mésophiles à 30 °C	ISO 7251 N.A 6812	PCA (Plate Count Agar)	30 ± 1 °C / 72 h	Colonies variées, lisses ou rugueuses, pour évaluation globale
Salmonella	ISO 6579 N.A 1203	Gélose XLD ou Hektoen	37 ± 1 °C / 24–72 h	Colonies rouges à centre noir (XLD) ou noires verdâtres (Hektoen)

ISO : International Organization for Standardization; **N.A:** Norme Algerienne

RESULTATS

Les résultats des paramètres physico-chimiques portant sur le pH, le taux d'humidité, la teneur en sucres et le taux de cendres sont présentés dans le Tableau 1. Les valeurs nutritionnelles, comprenant les protéines, les lipides, les glucides ainsi que la valeur énergétique, sont regroupés dans le Tableau 2. Par ailleurs, les résultats de l'évaluation microbiologique des matières premières sont détaillés dans le Tableau 3.

Tableau 12: Les paramètres physico-chimiques des matières premières.

	Son de blé	**Thé vert**	**Graines de chia**
PH a 20 °C (solution 10%)	6.80	5.46	6.32
Teneur réel en eau (Humidité)	12.85 %	8.65 %	8.55 %
Taux de sucre (solution 10%)	0.40 %	1.40 %	0.00 %
Taux de cendre	(MS) 3.78 % (MTQ) 3.30 %	(MS) 3.97 % (MTQ) 3.62 %	(MS) 3.40 % (MTQ) 3.11 %

Tableau 13 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g.

	Son de blé	**Thé vert**	**Graines de chia**
Glucides (g)	21.60	01.40	0.70
Protéines (g)	14.80	0.30	18.55
Lipides (g)	03.91	0.00	29.10
Valeur énergétiques	161.56 Kcal 763.47 KJ	06.80 Kcal 28.90 KJ	338.90 Kcal 1403.95 KJ

Tableau 14 : Analyses microbiologiques.

Analyses effectuées	**Son de blé**	**Thé vert**	**Graines de chia**	**Normes**
Escherichia coli	Absence	Absence	Absence	≤10 ufc/g
Staphylocoques a coagulase+	Absence	/	/	$\leq 10^2$ ufc/g
Bacillus cereus	10 ufc/g	/	/	$\leq 10^3$ ufc/g
Moisissures	Absence	Absence	Absence	$\leq 10^3$ ufc/g
Anaérobies sulfito-réducteurs	Absence	Absence	Absence	$\leq 10^2$ ufc/g
Germes aérobies a 30 °C	/	$2.8\ 10^3$ ufc/g	$2.5\ 10^3$ ufc/g	$\leq 10^4$ ufc/g
Salmonella	/	Absence	Absence	Absence

DISCUSSION

Dans le cadre du développement d'un complément alimentaire naturel à base de son de blé, de graines de chia et de thé vert, il est essentiel d'évaluer la qualité des matières premières utilisées. Ce chapitre a pour objectif de caractériser ces ingrédients sur les plans physico-chimique et microbiologique, en vue de garantir leur sécurité, leur stabilité et leur conformité aux normes en vigueur. L'analyse physico-chimique permet de déterminer des paramètres fondamentaux tels que le pH, l'humidité, la teneur en sucres, les cendres, ainsi que les valeurs nutritionnelles (protéines, lipides, glucides, énergie), qui influencent la conservation, la formulation et la valeur nutritive du produit final. Parallèlement, l'analyse microbiologique vise à détecter la présence éventuelle de germes pathogènes ou indicateurs de contamination, notamment les coliformes, *Staphylocoques*, moisissures, *Salmonella spp.*, et autres bactéries d'intérêt sanitaire. L'ensemble de ces analyses permet de valider l'aptitude des matières premières à être intégrées dans une formulation alimentaire sécurisée et de qualité.

Les résultats d'analyses physico-chimiques du son de blé grains de chia et thé vert sont présentés dans le tableau 1.

Les valeurs du pH révèlent des profils acido-basiques distincts. Le thé vert présente un pH légèrement acide (5,46), s'aligne avec les données de (**Długaszek & Mierczyk 2023),** ce qui peut être attribué à la présence de composés phénoliques et acides organiques tels que l'acide gallique ou l'acide caféique. Le son de blé (6,80) et les graines de chia (6,32) ont des pH proches de la neutralité, indiquant une stabilité chimique favorable à leur incorporation dans des formulations alimentaires selon (**Olivos-Lugo & Wall-Medrano 2012)**. Un pH légèrement acide ou neutre peut influencer à la fois la stabilité microbiologique et la biodisponibilité des nutriments.

La teneur en humidité reflète la stabilité microbiologique et la capacité de conservation des échantillons. Dans notre étude, elle s'est élevée à 12,85 % pour le son de blé, 8,55 % pour les graines de chia, et 8,65 % pour le thé vert. La valeur obtenue pour le son de blé dépasse légèrement la plage rapportée dans la littérature (entre 8,1 % et 12,7 %) selon (**Curti *et al*. 2013 et Onipe *et al*. 2015)**, ce qui pourrait s'expliquer par l'humidité résiduelle ou des conditions de stockage suboptimales, bien qu'elle demeure acceptable pour la conservation. Pour les graines de chia, notre valeur est proche de la limite supérieure (5 % à 8 %) signalée par (**Agarwal *et al*. 2023),** nécessitant une attention particulière lors du stockage. Concernant le thé vert, la teneur mesurée est

conforme à celle décrite par (**Lecoq 1965)** pour le thé de Chine (8,56 %), confirmant ainsi la bonne stabilité de notre échantillon. Ces résultats sont en accord avec les exigences des normes alimentaires, qui recommandent une humidité inférieure à 12 % pour les produits secs.

Le thé vert présente la teneur la plus élevée en sucres solubles (1,40 %), ce qui peut être expliqué par la présence de glucides simples (glucose, fructose) et de composés phénoliques glycosylés naturellement présents dans les feuilles. Le son de blé contient 0,40 % de sucres solubles, représentant probablement des oligosaccharides résiduels. À l'inverse, aucune teneur en sucres solubles n'a été détectée dans les graines de chia, ce qui corrobore leur profil connu à index glycémique bas, et en fait un ingrédient de choix pour des formulations destinées aux personnes diabétiques ou suivant des régimes hypoglycémiques.

La teneur en cendre, indicatrice de la richesse minérale des échantillons, a été mesurée à 3,78 % dans le son de blé, 4,80 % dans les graines de chia, et 3,97 % dans le thé vert. Le résultat pour le son de blé reste conforme aux valeurs classiques (3,9-8,10 %) selon (**Onipe *et al*. 2015),** confirmant une composition équilibrée. Les graines de chia, quant à elles, montrent une teneur élevée en cendres, en accord avec les données de (**Zare *et al*. 2024)**, ce qui reflète leur teneur importante en minéraux essentiels. Le thé vert, avec 3,97 %, se situe en dessous des valeurs africaines (5,19-5,66 %) mais au- dessus de celles du thé de Chine (2,50 %) décrites par (**Lecoq 1965),** ce qui témoigne d'une variabilité naturelle liée à l'origine géographique ou à la méthode d'analyse.

Afin d'évaluer le potentiel nutritionnel des matières premières sélectionnées pour la formulation de notre complément alimentaire, une analyse approfondie de leurs macronutriments (glucides, protéines, lipides) ainsi que de leur valeur énergétique a été réalisée. Ces paramètres constituent des indicateurs essentiels pour apprécier la densité nutritionnelle, la complémentarité des ingrédients et leur intérêt fonctionnel dans l'alimentation humaine. Le son de blé, les graines de chia et le thé vert présentent des profils nutritionnels variés, permettant une synergie équilibrée entre apport énergétique, richesse protéique et composition lipidique bénéfique. Le Tableau 2 résume les résultats obtenus pour 100 g de chaque échantillon.

Sur le plan protéique, les graines de chia présentent la teneur la plus élevée avec

18,55 %, ce qui corrobore les données de **Agarwal *et al*. 2023,** confirmant son statut de

source protéique complète, riche en tous les acides aminés essentiels. Le son de blé, avec 14,80 % de protéines, s'inscrit également dans la fourchette rapportée par (**Onipe *et al.* 2015)**, qui soulignent la richesse des fractions protéiques (albumines et globulines), notamment en lysine et arginine. À l'inverse, le thé vert affiche une faible teneur apparente en protéines (0,30 %), ce qui s'explique par le fait que seules les protéines solubles sont mesurées lors des extractions aqueuses. Toutefois, la littérature indique que les feuilles sèches de Camellia sinensis peuvent contenir jusqu'à 21-28 % de protéines sur matière sèche **(Gu, Lu & Ye, 2002).**

Concernant les lipides, les graines de chia se distinguent à nouveau avec une teneur élevée de 29,10 %, dominée par les acides gras oméga-3 (acide alpha-linolénique), comme l'indique (**Agarwal *et al*. 2023),** ce qui leur confère un fort potentiel fonctionnel et cardioprotecteur. Le son de blé affiche une teneur modérée en matières grasses (3,91 %), attribuée aux résidus du germe de blé **(Hernandez-Diaz *et al*. 2007).** En revanche, le thé vert ne contient pratiquement pas de lipides détectables (0,00 %), ce qui est cohérent avec sa nature végétale fibreuse et son profil antioxydant **(Gu *et al*. 2002).**

Sur le plan glucidique, le son de blé est reconnu pour sa richesse en glucides complexes, en particulier en fibres alimentaires insolubles et amidon résistant, représentant jusqu'à 80 % de la matière sèche selon (**Yang *et al*. 2001)**. Cependant, dans notre analyse, seule une teneur apparente de 21,60 g/100 g a été mesurée, en raison des limites des méthodes analytiques classiques **(Saulnier *et al.*, 2007).** Les graines de chia, quant à elles, présentent une teneur totale en glucides de 39–41 g/100 g, dominée par des fibres insolubles **(Zettel *et al.*, 2021)**. Toutefois, notre dosage n'a révélé que 0,70 g/100 g de glucides digestibles, ce qui reflète à nouveau la difficulté à quantifier les polysaccharides complexes. Le thé vert contient également une très faible quantité de glucides solubles, ce qui est attendu vu la nature des composés extraits et la faible digestibilité des structures fibreuses de la feuille.

La valeur énergétique globale reflète la contribution combinée des macronutriments. Les graines de chia atteignent 338,90 kcal (1403,95 kJ/100 g), ce qui en fait un ingrédient dense en énergie et adapté aux formulations à haute valeur nutritive. Le son de blé se situe à un niveau intermédiaire avec 161,56 kcal (763,47 kJ),

tandis que le thé vert est très peu calorique (6,80 kcal ; 28,90 kJ), ce qui conforte son utilisation comme agent bioactif non énergétique, idéal dans les formulations minceur.

Le Tableau 3 regroupe les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur les trois matières premières. Ces données sont essentielles pour garantir l'innocuité des ingrédients avant leur incorporation dans un produit destiné à la consommation humaine.

Les analyses microbiologiques ont d'abord révélé que *Escherichia coli*, *Staphylococcus* à coagulase positive, les moisissures, les anaérobies sulfito-réducteurs et *Salmonella* étaient totalement absents dans les échantillons de son de blé, de thé vert et de graines de chia. Cette absence d'agents pathogènes témoigne d'une excellente qualité microbiologique, confirmant que les conditions de récolte, de traitement, de séchage et de stockage ont été rigoureusement contrôlées.

Selon les critères établis par le Codex Alimentarius et les réglementations européennes, l'absence de *Salmonella* dans 25 g et de *Staphylococcus aureus* dans 1 g est exigée pour les denrées sèches prêtes à la consommation, tandis que les seuils tolérés pour E. coli et les moisissures sont généralement inférieurs à 10^2 à 10^3 UFC/g **(ICMSF, 2005 ; European Commission, 2005 ; Ray & Bhunia, 2013**).Ainsi, l'absence de E. coli reflète une bonne maîtrise des sources potentielles de contamination fécale ou environnementale, souvent liées à une hygiène insuffisante ou à un lavage inadéquat des matières premières. De même, l'absence de *S. aureus* indique une limitation efficace de la contamination humaine lors de la manipulation. En ce qui concerne *Salmonella*, sa non-détection renforce la fiabilité des étapes de traitement thermique ou de décontamination. Enfin, l'absence des moisissures et des anaérobies sulfito-réducteurs peut s'expliquer par une faible activité de l'eau (aw), souvent inférieure à 0,85, ce qui inhibe efficacement leur croissance **(Beuchat, 1981 ; Leistner & Gorris, 1995).**

Dans le prolongement de ces résultats favorables, l'analyse des germes aérobies totaux à 30 °C a permis de constater des charges microbiennes totales de $2,8 \times 10^3$ UFC/g pour le thé vert et de $2,5 \times 10^3$ UFC/g pour les graines de chia, tandis qu'aucune croissance n'a été observée dans l'échantillon de son de blé. Ces valeurs demeurent bien inférieures à la limite réglementaire généralement acceptée, fixée à $\leq 10^4$ UFC/g pour les produits secs non transformés, conformément aux normes en vigueur **(ISO 4833-1, 2013 ; THIE, 2023).**

Bien que ces niveaux restent conformes, leur présence modérée indique une activité microbienne environnementale limitée, pouvant résulter d'une légère contamination post-récolte ou lors du stockage, notamment dans des conditions favorables comme une humidité résiduelle ou une aération insuffisante **(Beckmann *et al.*, 2007).** À titre d'exemple, plusieurs études ont montré que les infusions sèches peuvent contenir des APC comprises entre 10^3 et 10^5 UFC/g, ce qui reste considéré comme acceptable si aucun pathogène n'est détecté **(Zhang *et al.*, 2023).**

Par ailleurs, la valeur nulle observée dans le son de blé met en évidence un excellent contrôle hygiénique, probablement lié à une plus faible activité de l'eau et à une meilleure stabilité microbiologique intrinsèque. Cela renforce la qualité de cette matière première sur le plan sanitaire.

Enfin, concernant la présence de *Bacillus cereus*, celle-ci a été détectée à des concentrations faibles dans les échantillons de thé vert et de graines de chia, alors qu'elle était absente dans celui de son de blé. Cette constatation est cohérente avec les données scientifiques, qui indiquent que *B. cereus* est fréquemment retrouvé dans les produits végétaux secs comme les graines, les épices et les céréales **(Martin *et al.*, 2022 ; Osés *et al.*, 2013).** Sa présence s'explique par sa capacité à former des spores résistantes, lui permettant de survivre dans des conditions environnementales difficiles, notamment lors du séchage ou en présence d'un taux d'humidité faible. Cependant, la littérature souligne que la germination de ces spores ne peut se produire que si l'activité de l'eau (aw) est suffisante, c'est-à-dire supérieure à 0,93. En dessous de 0,85, la croissance de *B. cereus* est fortement inhibée, voire impossible **(Beuchat, 1981 ; Leistner & Gorris, 1995).**

En conclusion, au regard des résultats obtenus et conformément aux dispositions de l'arrêté interministériel du 4 octobre 2016, publié dans le Journal Officiel n° 39 du 02 juillet 2017, fixant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires, les matières premières analysées à savoir le son de blé, les graines de chia et le thé vert- présentent une qualité microbiologique satisfaisante, les rendant aptes à être intégrées dans la formulation d'un complément alimentaire respectant les normes sanitaires en vigueu

CHAPITRE II :

ÉVALUATION IN VIVO DE L'EFFICACITE ET DE LA SECURITE DU COMPLEMENT ALIMENTAIRE

MATERIELS ET METHODES

1. Lieu et cadre expérimental de l'étude

L'étude expérimentale *in vivo* a été réalisée au sein de l'Institut Pasteur d'Alger, un centre de référence en recherche biomédicale et en santé publique. L'expérimentation animale a été conduite au niveau de l'animalerie, relevant du Département de Microbiologie et de Pathologie Vétérinaires, dans des conditions contrôlées respectant les normes éthiques et techniques. Les examens histopathologiques ont été réalisés au Laboratoire d'Anatomie et de Cytologie Pathologique Vétérinaire, rattaché au même département. Par ailleurs, les analyses biochimiques et biologiques ont été effectuées au Laboratoire de Biologie Médicale, relevant du Département de Médecine Préventive et d'Analyses Médicales. L'ensemble de ces infrastructures spécialisées a permis d'assurer la qualité et la fiabilité des données recueillies dans le cadre de l'évaluation de l'efficacité et de l'innocuité du complément alimentaire étudié.

2. Justification des doses et préparation de l'extrait aqueux

Trois doses croissantes du complément alimentaire (900, 1800 et 2700 mg/kg p.c.) ont été administrées aux rats pour évaluer l'efficacité et la sécurité du produit. Ces doses ont été déterminées selon la méthode de conversion inter-espèces proposée par **Reagan-Shaw *et al*. (2008)**, et correspondent à des apports journaliers équivalents à environ 10, 20 et 30 g chez un adulte de 70 kg. Cette plage d'apport est cohérente avec les recommandations nutritionnelles pour les ingrédients utilisés. Le son de blé couvre une partie importante des besoins en fibres **(EFSA, 2010 ; ANSES, 2016)**, les graines de chia apportent fibres, oméga-3 et protéines végétales **(Vuksan *et al*., 2010 ; Nieman *et al*., 2009)**, tandis que le thé vert est une source reconnue de catéchines, impliquées dans l'oxydation lipidique **(EFSA, 2018 ; Hursel *et al*., 2009)**. L'extrait aqueux a été obtenu à partir d'un mélange végétal sélectionné pour sa richesse en composés bioactifs. Le procédé d'extraction, mis au point dans ce travail, permet de préserver l'intégrité des principes actifs et fait l'objet d'une protection intellectuelle en cours. L'extrait final a été administré quotidiennement par voie orale durant toute la période expérimentale.

3. Animaux et conditions d'élevage

L'étude a été réalisée sur quarante (n = 40) rates albinos femelles, d'un poids corporel initial compris entre 180 g et 260 g, obtenues auprès de l'Institut Pasteur d'Alger. Avant le début de l'expérimentation, les animaux ont été acclimatés pendant une période adaptée dans l'animalerie du même institut, sous la supervision d'un vétérinaire spécialisé, assisté de deux

techniciens qualifiés. Les rates ont été hébergées individuellement dans des cages en polyéthylène, garnies de copeaux de bois renouvelés quotidiennement, dans un environnement strictement contrôlé : température de 23 ± 2 °C, humidité relative de 55 ± 10 %, et cycle lumière/obscurité de 12h/12h. Pendant toute la période d'acclimatation, les animaux ont eu un accès libre à l'eau potable et à une alimentation standard. À l'issue de cette phase, les rates ont été réparties en cinq groupes expérimentaux (n = 8 par groupe). La répartition n'a pas été effectuée de manière aléatoire, mais selon une stratégie de groupement raisonnée basée sur le poids corporel initial, afin d'obtenir des groupes physiologiquement comparables ou distincts, selon les objectifs expérimentaux.

Répartition des groupes expérimentaux :

- Lot 01 (Témoin) : Poids entre 180 g et 200 g – Régime standard, sans traitement.
- Lot 02 (Témoin positif) : Poids entre 240 g et 260 g – Régime standard, avec surcharge pondérale naturelle.
- Lot 03 (Traitement D1) : Poids entre 210 g et 250 g – Régime standard + complément alimentaire, dose 1(900 mg/kg p.c.).
- Lot 04 (Traitement D2) : Poids entre 210 g et 250 g – Régime standard + complément alimentaire, dose 2 (1800 mg/kg p.c.).
- Lot 05 (Traitement D3) : Poids entre 210 g et 250 g – Régime standard + complément alimentaire, dose 3 (2700 mg/kg p.c.).

Les lots D1, D2 et D3 ont été constitués à partir de rats sélectionnés de manière stratifiée dans la plage de poids définie (210–250 g), afin d'assurer une représentativité physiologique homogène entre les groupes de traitement.



Figure 21: Répartition des 40 rates femelles en 5 groupes expérimentaux logés dans des cages numérotées. **(Photo personnelle, 2025).**

4. Évaluation de la consommation alimentaire, du poids corporel, de l'IMC et des signes cliniques

Au cours des six semaines d'expérimentation, la quantité d'aliments consommée ainsi que les signes cliniques ont été évalués quotidiennement pour chaque groupe. Le poids corporel des animaux a été mesuré de manière hebdomadaire, permettant de suivre l'évolution pondérale en réponse aux différents traitements. L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé en fin d'expérimentation, afin d'évaluer l'état corporel global des rats et l'impact potentiel du complément alimentaire sur leur composition corporelle.

5. Autopsie, prélèvement sanguin et collecte des organes

Une autopsie terminale a été pratiquée en fin d'expérimentation sur l'ensemble des 40 rates femelles.



Figure 22 : Galerie illustrant les principales étapes de l'autopsie terminale réalisée sur les rats **(photo personnelle, 2025).**

Les animaux ont été légèrement anesthésiés, puis un prélèvement sanguin a été réalisé par voie intracardiaque à l'aide d'une seringue stérile, permettant d'obtenir un volume adéquat de sang. Celui-ci a été immédiatement réparti dans deux types de tubes : des tubes héparinés, destinés à la séparation du plasma pour les analyses biochimiques, et des tubes EDTA, utilisés pour prévenir la coagulation en vue d'analyses hématologiques ultérieures.

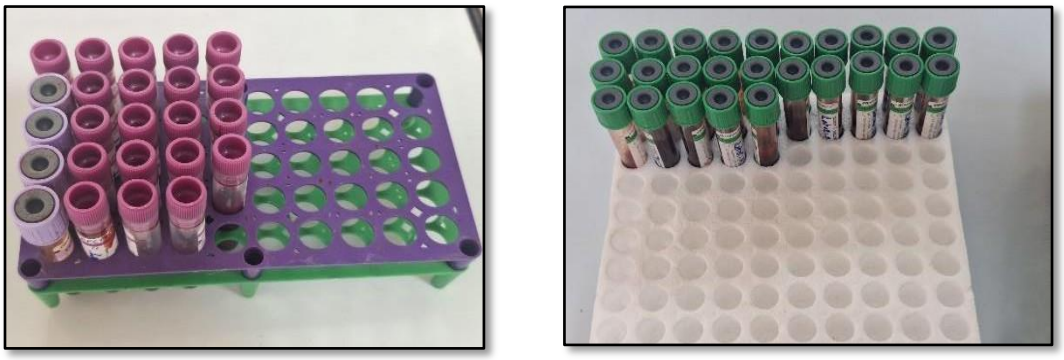


Figure 23 : Prélèvement sanguin **(photo personnelle, 2025)**

Après le prélèvement sanguin, les animaux ont été sacrifiés par décapitation. Une dissection abdominale a ensuite permis le prélèvement du foie, des reins et de l'intestin grêle. Les organes ont été rincés dans une solution isotonique de NaCl à 0,9 %, puis fixés dans du formol à 10 % en vue des analyses histologiques.



Figure 24 : Galerie illustrant les étapes de la dissection abdominale et du prélèvement des organes internes (foie, reins, intestin grêle) chez les rats **(Photo personnelle, 2025).**

6. Analyses des paramètres biochimiques sanguins

6.1. Dosage de l'urée

Le dosage de l'urée dans les échantillons sanguins a été réalisé en utilisant une méthode enzymatique cinétique, conformément aux fiches techniques du kit SPINREACT (Espagne). Le principe repose sur l'action de l'uréase, qui catalyse l'hydrolyse de l'urée présente dans l'échantillon, produisant de l'ammoniac (NH_3) et du dioxyde de carbone (CO_2). L'ammoniac ainsi formé réagit avec l'α-cétoglutarate sous l'action de la glutamate déshydrogénase (GLDH), entraînant l'oxydation du NADH en NAD^+ et la formation de L-glutamate :

Réactions : $Urée + H_2O \xrightarrow{Uréase} 2\ NH_3 + CO_2$

$$2\ NH_3 + \alpha - \text{cétoglutarate} + NADH \xrightarrow{GLDH} \text{L-Glutamate} + NAD^+ + H_2O$$

La diminution de l'absorbance, liée à la consommation du NADH, est mesurée à une longueur d'onde de 340 nm.

6.2. Dosage de la créatinine

Le dosage de la créatinine a été réalisé selon une approche colorimétrique basée sur le principe de Jaffé, avec le kit SPINREACT. Ce protocole repose sur une interaction entre la créatinine et le picrate en milieu alcalin, générant une coloration rougeâtre. L'intensité optique

mesurée à 492 nm est proportionnelle à la concentration. Lors des analyses, nous avons pris soin de respecter l'intervalle temporel recommandé afin de limiter les interférences éventuelles. Cette méthode reste largement utilisée en pratique clinique, notamment dans l'évaluation de la fonction rénale. Toutefois, elle peut être influencée par certaines substances comme le glucose ou les corps cétoniques.

6.3. Dosage des transaminases

L'évaluation de l'activité des transaminases ASAT (Aspartate Aminotransférase) et ALAT (Alanine Aminotransférase) a été réalisée selon une méthode enzymatique cinétique, en suivant les protocoles techniques du kit BIOLABO® (France). Ces dosages ont été effectués sur des échantillons de plasma issus de rats appartenant aux différents lots expérimentaux.

6.3.1. Dosage de l'ASAT

L'ASAT est une enzyme clé dans le métabolisme des acides aminés. Elle catalyse le transfert réversible d'un groupe amine depuis l'aspartate vers l'α-cétoglutarate, produisant ainsi le glutamate et l'oxaloacétate. Dans cette méthode, l'oxaloacétate formé est ensuite réduit en malate par la malate déshydrogénase (MDH), avec oxydation simultanée du NADH en NAD^+. La réaction globale se présente ainsi :

$$\begin{cases} \text{L} - \text{Aspartate} + 2 - \text{Oxoglutara te} \xrightarrow{ASAT} \text{Oxaloacéta te} + \text{L} - \text{Glutamate} \\ \text{Oxaloacéta te} + NADH + \text{H}^+ \xrightarrow{MDH} \text{L} - \text{Malate} + NAD^+ \end{cases}$$

L'évolution de la réaction est suivie par diminution de l'absorbance du NADH à 340 nm, ce qui permet de quantifier l'activité enzymatique de manière précise.

6.3.2. Dosage de l'ALAT

De manière similaire, l'ALAT catalyse le transfert d'un groupe amine de l'alanine vers l'α-cétoglutarate, formant ainsi du glutamate et du pyruvate. Le pyruvate est ensuite réduit en lactate par le lactate déshydrogénase (LDH), avec oxydation concomitante du NADH. Cette méthode indirecte permet de suivre la réaction enzymatique à travers la perte d'absorbance du NADH.

Voici les réactions impliquées :

$$\begin{cases} \text{L} - \text{Alanine} + 2 - \text{Oxoglutara te} \xrightarrow{ALAT} \text{Pyruvate} + \text{L} - \text{Glutamate} \\ \text{Pyruvate} + NADH + \text{H}^+ \xrightarrow{LDH} \text{L} - \text{Lactate} + NAD^+ \end{cases}$$

La lecture spectrophotométrique est également effectuée à 340 nm, ce qui permet une mesure sensible et reproductible de l'activité de l'ALAT dans le plasma.

6.4. Dosage du cholestérol total

La détermination de la concentration du cholestérol total repose sur une méthode enzymatique colorimétrique (kit CHOD-PAP, BIOLABO, France). Cette méthode se déroule en deux étapes principales. Dans un premier temps, le cholestérol estérifié est hydrolysé par l'action de la cholestérol estérase, libérant ainsi le cholestérol libre. Ensuite, ce dernier est oxydé par Le cholestérol oxydase, générant du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). En présence de phénol et de peroxydase, ce peroxyde est transformé en un composé chromogène de couleur rose (la quinonéimine). L'intensité de la coloration produite est mesurée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 505 nm et est proportionnelle à la concentration de cholestérol présente dans l'échantillon.

6.5. Dosage des triglycérides

La quantification des triglycérides repose sur une méthode enzymatique colorimétrique utilisant un kit commercial (CHOD-PAP, BIOLABO, France). Dans un premier temps, les triglycérides présents dans l'échantillon sont hydrolysés par l'enzyme lipoprotéine lipase, libérant du glycérol. Ce dernier subit alors une série de réactions enzymatiques qui conduisent, en présence de 4-chlorophénol et de 4-aminoantipyrine, à la formation d'un composé coloré : la quinonéimine. Cette réaction est catalysée par la peroxydase. L'intensité de la coloration obtenue est ensuite mesurée par spectrophotométrie à 505 nm, et elle est directement proportionnelle à la concentration de triglycérides dans l'échantillon analysé.

6.6. Protéine C réactif (CRP)

La concentration plasmatique de la protéine C réactive (CRP), un marqueur majeur de l'inflammation systémique, a été mesurée par méthode immunoturbidimétrique à l'aide d'un automate de biochimie clinique Cobas®. L'analyse a été réalisée sur le plasma obtenu après centrifugation de sang total prélevé dans des tubes héparinés. Les résultats sont exprimés en mg/L.

6.7. Formule Numération Sanguine (FNS)

La formule numération sanguine (FNS) a été réalisée à partir de sang total prélevé sur tubes contenant de l'EDTA afin de prévenir la coagulation. L'analyse a été effectuée à l'aide d'un automate d'hématologie multiparamétrique Mindray BC-2800Vet®. Les paramètres évalués comprenaient les globules rouges (RBC), globules blancs (WBC), hémoglobine (Hb), hématocrite (HCT), indices érythrocytaires (MCV, MCH, MCHC), plaquettes (PLT) et formule leucocytaire.

7. Étude histologique

Après six semaines d'expérimentation, les rats ont été sacrifiés et les organes cibles (foie, reins et intestin grêle) ont été prélevés avec précaution. Chaque organe a été rincé à l'aide d'une solution saline isotonique (NaCl 0,9 %), puis fixé dans du formol tamponné à 10 % pour conservation. Les échantillons ainsi préparés ont été utilisés pour la réalisation de coupes histologiques visant à évaluer l'effet du complément alimentaire sur la structure tissulaire des organes. Les différentes étapes de préparation histologique (fixation, inclusion, coupe, coloration) ont été menées conformément à la méthode standardisée décrite par **Hould (1998)**.

8. Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel GraphPad Prism version 8**.** Une analyse de la variance à un facteur (one-way ANOVA) a été utilisée pour évaluer les différences entre les groupes expérimentaux. En cas de significativité, un test post-hoc de Tukey a été appliqué pour les comparaisons multiples. Les résultats ont été considérés comme statistiquement significatifs pour une valeur de $p < 0,05$**.**

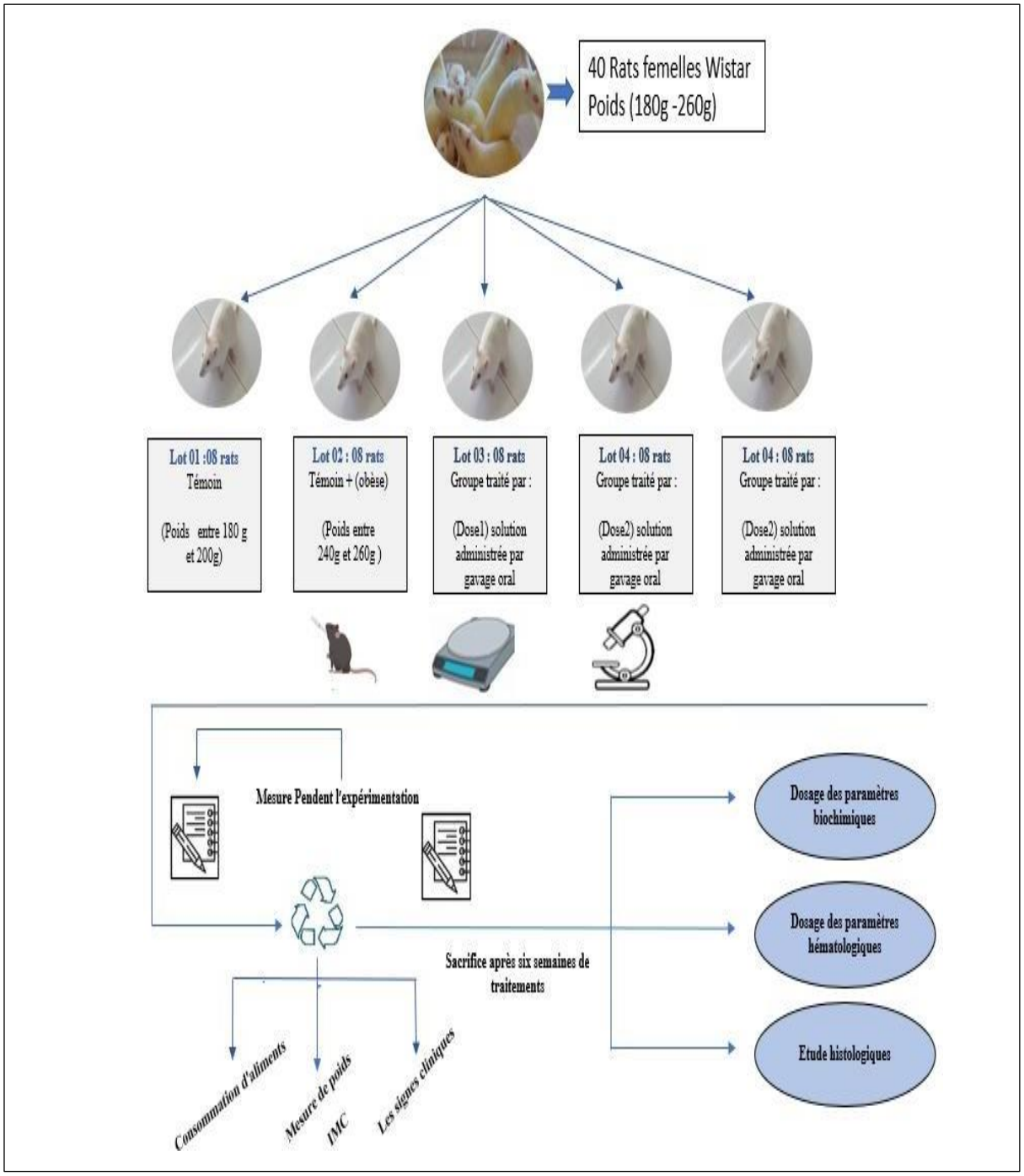


Figure 25: Schéma expérimental de l'étude *in vivo* chez les rats (Répartition des groupes, suivi physiologique et analyses biochimiques, hématologiques et histologiques).

RESULTATS

1. `Évaluation de la quantité d'aliment ingéré, du poids corporel, de l'IMC et des signes cliniques

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation de la quantité d'aliment ingéré, du poids corporel et de l'indice de masse corporelle (IMC) constitue une étape essentielle pour apprécier l'effet du complément alimentaire sur la régulation énergétique et l'état nutritionnel des rats. Ces paramètres permettent de suivre l'évolution pondérale et les modifications potentielles de la composition corporelle en réponse au traitement. Par ailleurs, l'observation des signes cliniques offre des indications précieuses sur l'état général des animaux et la tolérance au complément administré. Cette section présente l'ensemble des données collectées au cours des six semaines d'expérimentation, permettant d'appréhender de manière intégrée les effets comportementaux et physiologiques du traitement.

1.1. La quantité d'aliment ingéré

Les données moyennes de consommation alimentaire (exprimées en g/jour/rat) enregistrées durant les six semaines d'expérimentation sont illustrées dans la figure X. Une variation statistiquement significative a été mise en évidence entre les différents groupes expérimentaux. Plus précisément, une diminution très hautement significative ($p < 0,001$) de la prise alimentaire a été observée chez les rats traités par les doses D1, D2 et D3, en comparaison au groupe témoin. En outre, l'analyse des différences intra-groupes a révélé une diminution hautement significative de la consommation entre les groupes D1 et D2 ($p < 0,01$), ainsi qu'une différence significative entre D1 et D3 ($p < 0,05$), et ce, tout au long des six semaines de suivi.

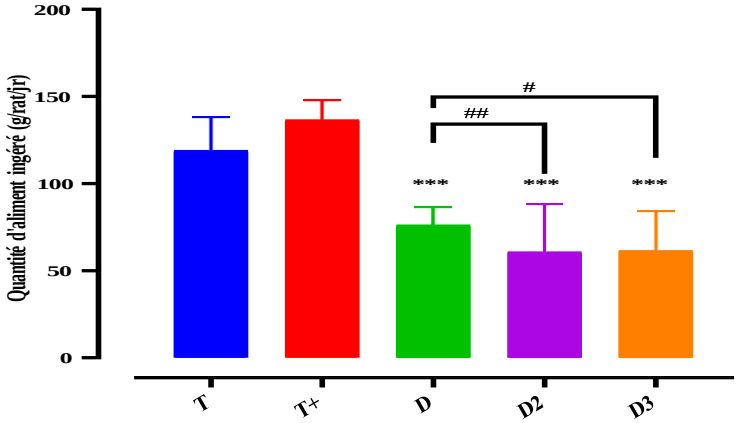


Figure 26 : Evaluation de la quantité d'aliment ingéré des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

1.2. Le poids corporel

Dans le cadre de cette expérimentation, l'impact du complément alimentaire sur l'évolution du poids corporel a été évalué chez des rats. Le poids des animaux a été suivi de manière hebdomadaire pendant une période de six semaines. Les variations pondérales enregistrées ont permis d'effectuer des comparaisons entre les groupes traités et le groupe témoin, ainsi qu'entre les différentes doses administrées, en vue d'apprécier l'effet du traitement sur la régulation pondérale. Les résultats sont présentés dans la figure X.

L'analyse statistique des courbes de poids révélé une diminution non différence significative pour les groupes ayant reçu les doses D1 et D2 par rapport au groupe témoin. En revanche, une diminution significative du poids corporel ($p < 0,05$) a été observée chez les rats du groupe D3, suggérant un effet potentiel du complément alimentaire à forte dose dans la modulation du poids corporel.

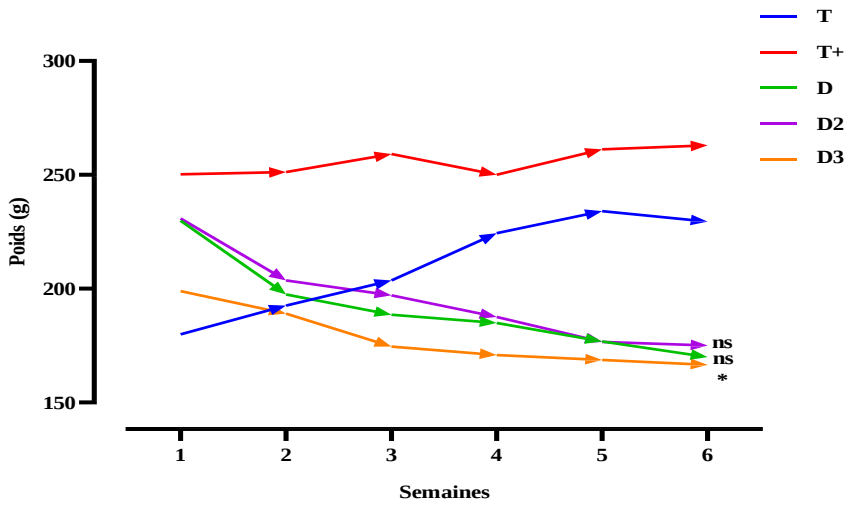


Figure 27 : Evaluation de poids corporel des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

1.3. Indice de Masse Corporelle

L'indice de masse corporelle (IMC) est un indicateur essentiel pour l'évaluation du degré d'obésité. L'évolution du poids corporel au cours des six semaines d'expérimentation est présentée dans la figure X. L'analyse des courbes de croissance pondérale a révélé une diminution significative du poids corporel chez les groupes traités (D1, D2, D3) par rapport aux groupe témoin. Ces résultats suggèrent que l'administration du complément alimentaire a

exercé un effet notable sur la régulation du poids corporel des rats. Cet effet pourrait être encore plus prononcé dans le cadre d'un traitement de plus longue durée.

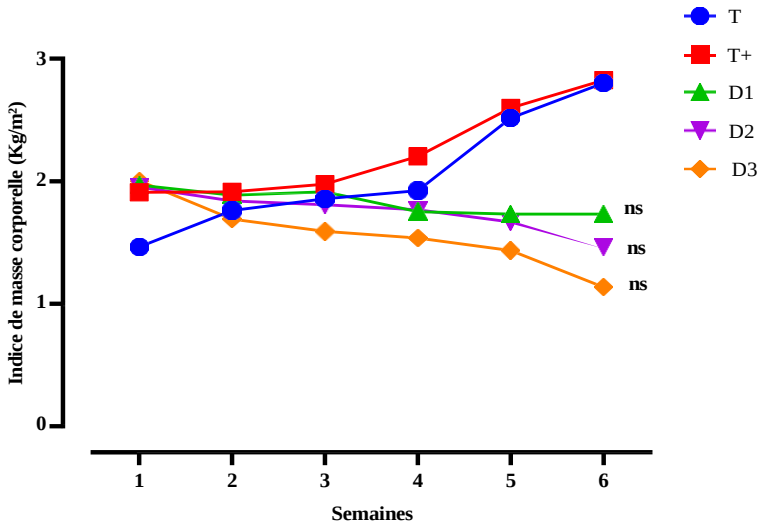


Figure 28 : Evaluation de l'indice de masse corporelle des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

1.4. Les signes cliniques

L'évaluation des signes cliniques effectuée tout au long de l'expérimentation n'a révélé aucune anomalie majeure ou comportement pathologique chez les rats des différents groupes. Les manifestations observées peuvent être considérées comme des réponses physiologiques normales dans le cadre du protocole expérimental.

Une légère à forte diminution de l'appétit a été notée dans les groupes traités (D1, D2, D3), en fonction de la dose administrée, traduisant probablement un effet dose-dépendant du complément alimentaire sur la régulation naturelle de l'appétit, sans compromettre l'état général des animaux.

L'activité locomotrice est restée dans les limites physiologiques : une hyperactivité a été notée chez les rats des groupes T, D1, D2 et D3, alors qu'une hypoactivité modérée a été observée uniquement dans le groupe T+, ce qui peut être attribué à l'état d'obésité induite. Aucun cas de léthargie, démangeaisons, constipation ni modification négative de la prise d'eau n'a été observé.

Par ailleurs, une augmentation modérée de la consommation d'eau a été enregistrée chez les groupes D1, D2 et D3, ce qui peut refléter une réponse physiologique à la composition du complément alimentaire.

Dans l'ensemble, ces observations confirment l'absence de signes cliniques alarmants et suggèrent une bonne tolérance des animaux aux différentes doses administrées du complément, dans un contexte physiologique normal.

Tableau 15 : Évaluation des signes cliniques observés chez les rats traités par des doses croissantes du complément alimentaire.

Signes cliniques /Lot	T	T+	D1	D2	D3
Perte d'appétit	/	/	+	++	+++
Léthargie	/	/	/	/	/
Hyperactivité	+++	/	++	++	+++
Hypoactivité	/	++	/	/	/
Constipation	/	/	/	/	/
Démangeaisons	/	/	/	/	/
Diminution de la prise d'eau	/	/	/	/	/
Augmentation de la prise d'eau	/	/	++	++	++

(/) : absence du signe, (+) faible intensité, (++) : intensité modérée, (+++) : intensité marquée.

2. Évaluation des paramètres biochimiques et hématologiques

Afin d'évaluer l'effet du complément alimentaire sur le profil biochimique et hématologique, une série de paramètres a été analysée chez les différents groupes expérimentaux. Les résultats sont présentés dans cette section. L'étude s'est intéressée aux principaux marqueurs hématologiques, notamment les globules blancs (GB), les globules rouges (GR), l'hémoglobine (Hb), l'hématocrite (HCT) et les plaquettes (PLT). En parallèle, plusieurs paramètres biochimiques plasmatiques ont été évalués, incluant des indicateurs du métabolisme lipidique (cholestérol total, triglycérides), de la fonction rénale (urée, créatinine), de la fonction hépatique (ALAT, ASAT), ainsi que le taux de protéine C-réactive (CRP) en tant que marqueur de l'inflammation.

Ces analyses offrent une vision intégrée de l'état physiologique général des animaux et permettent d'apprécier l'impact potentiel du complément alimentaire sur la santé métabolique, hépatique, rénale et inflammatoire.

2.1. Les paramètres hématologiques

Concernant les paramètres hématologiques, une diminution très hautement significative ($p < 0,001$) des taux de globules blancs (GB), d'hémoglobine (Hb) et d'hématocrite (HCT) a été observée chez les groupes traités (D1, D2, D3) en comparaison avec le groupe témoins. Toutefois, les différences entre les groupes traités ne se sont pas avérées statistiquement significatives.

S'agissant des globules rouges (GR), une diminution significative ($p < 0,05$) a été constatée chez les rats des groupes traités par rapport aux témoins, sans différence notable entre les doses administrées.

Pour ce qui est des plaquettes (PLT), seule la dose la plus élevée (D3) a induit une diminution significative de leur taux comparativement au groupe témoins ($p < 0,05$), tandis que les groupes D1 et D2 n'ont pas présenté de variations significatives. Aucune différence significative n'a été relevée entre les différentes doses.

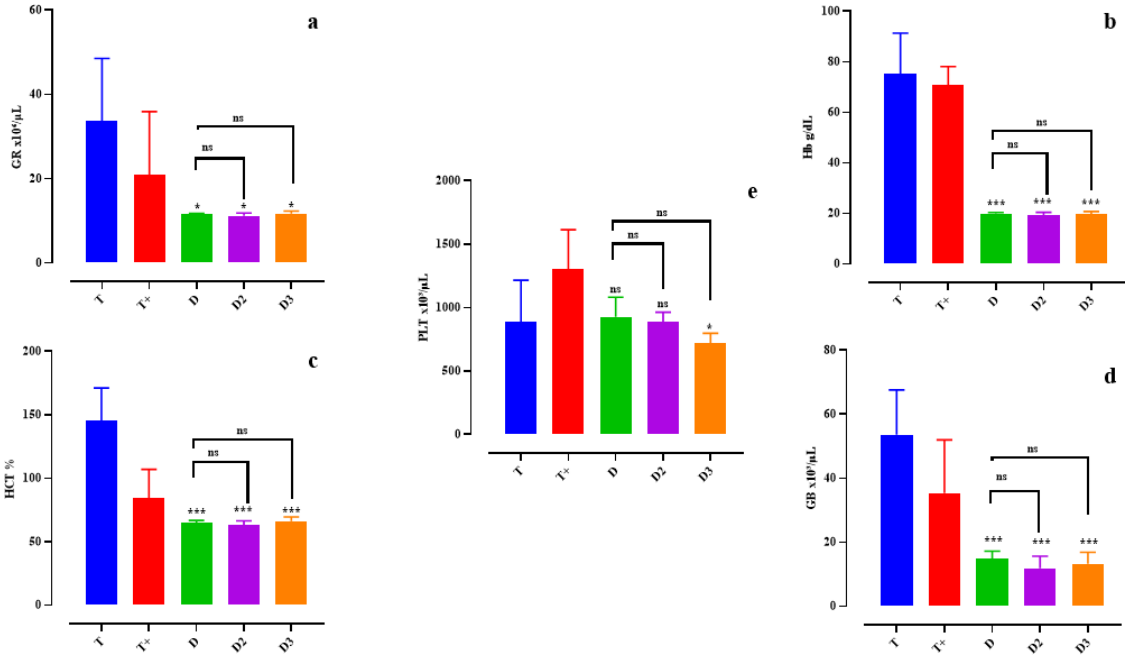


Figure 29: Evaluation des paramètres hématologiques, notamment **(a)** les globules rouges (GR), **(b)** l'hémoglobine (Hb), **(c)** l'hématocrite (HCT), **(d)** les globules blancs (GR) et **(e)** les plaquettes (PLT) des rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

2.2. Les paramètres biochimiques

2.2.1. Profil lipidique

Les résultats ont montré une légère diminution des taux de cholestérol total et de triglycérides chez les rats traités par les doses D1 et D2, en comparaison au groupe témoin. Une réduction significative de ces paramètres lipidiques a été observée dans le groupe D3 par rapport au témoin. En revanche, aucune différence statistiquement significative n'a été relevée entre les groupes traités.

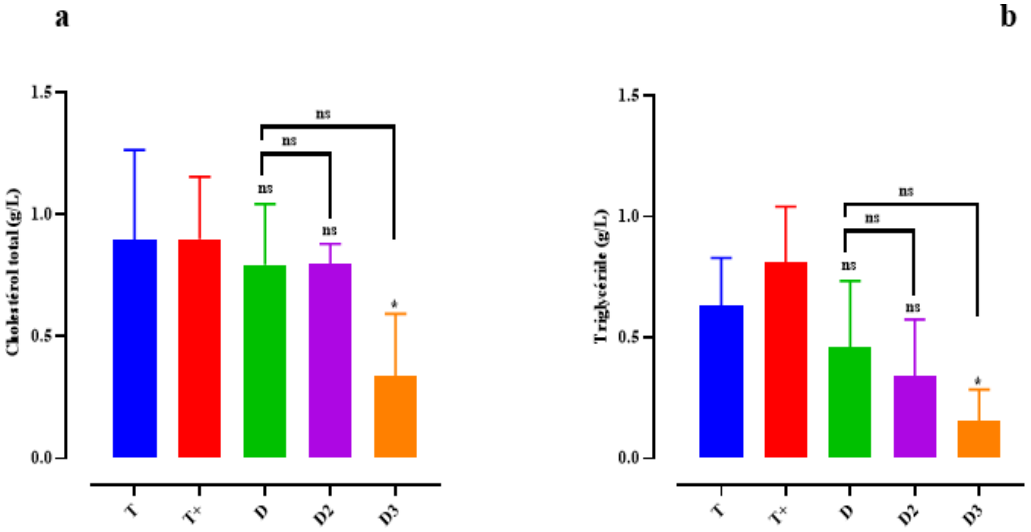


Figure 30 : Evaluation du profil lipidique, notamment **(a)** taux de Cholestérol total, **(b)** taux de Triglycéride chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

2.2.2. Profil hépatique

Les résultats ont révélé une légère diminution des taux d'ALAT et d'ASAT chez les rats traités par les doses D1 et D2, comparativement au groupe témoin. Une réduction significative des taux d'ALAT, ainsi qu'une diminution très significative des taux d'ASAT, ont été observées chez le groupe traité par la dose D3. En revanche, aucune différence statistiquement significative n'a été notée entre les groupes traités, indiquant une réponse hépatique relativement homogène aux différentes doses du complément.

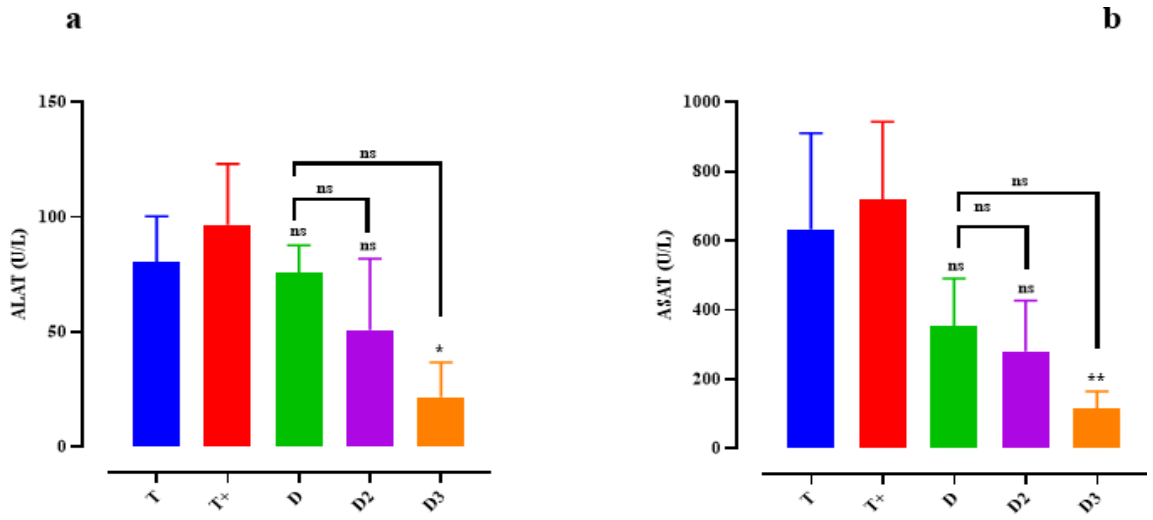


Figure 31 : Evaluation du profil hépatique, notamment **(a)** taux d'ALAT, **(b)** taux d'ASAT chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

2.2.3. Profil rénal

Les résultats ont révélé une légère diminution des taux d'urée et de créatinine chez les rats traités par les doses D1 et D2, en comparaison au groupe témoin. Une réduction significative des taux de créatinine a été observée dans le groupe D3. En revanche, aucune différence statistiquement significative n'a été relevée entre les groupes traités, ce qui indique une réponse rénale relativement homogène aux différentes doses du complément alimentaire.

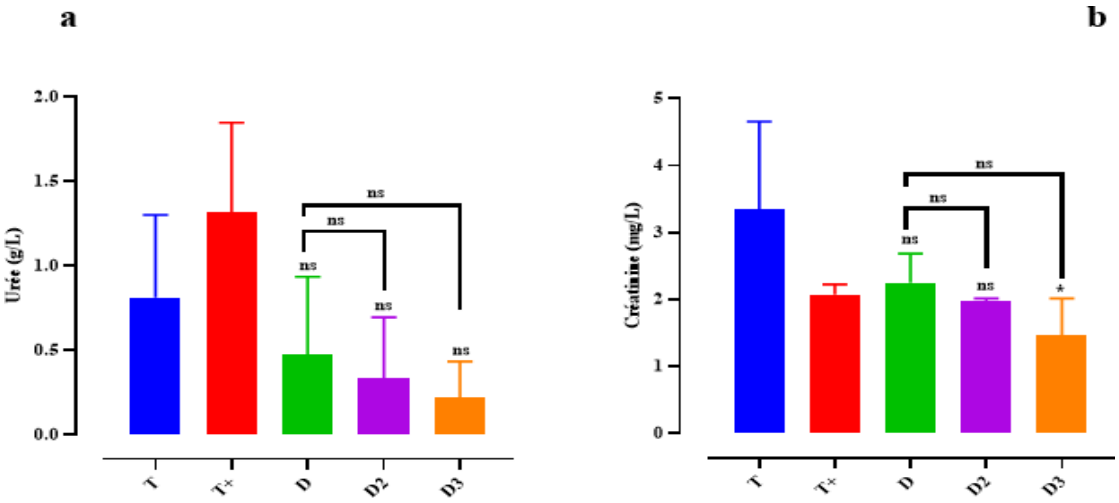


Figure 32 : Evaluation du profil rénal, notamment **(a)** taux d'urée, **(b)** taux de créatinine chez les rats après l'administration orale du complément à différentes doses (D1, D2 et D3) pendant six semaines. *Les résultats dans chaque groupe représentent la moyenne ± SEM. ns : non significative ; * p <0,05 ; ** p <0,01 ; *** p <0,001: groupe traité par complément par rapport au groupe témoin ; # p <0,05 ; ## p <0,01 ; ### p <0,001: groupes (D1 vs D2 ; D1 vs D3).*

2.2.4. Taux de protéine C-réactive (CRP)

Les résultats du dosage de la protéine C-réactive (CRP) ont montré des valeurs négatives dans l'ensemble des groupes expérimentaux. Autrement dit, les taux de CRP mesurés étaient égaux à zéro chez tous les animaux, suggérant l'absence de réponse inflammatoire systémique détectable au cours de l'expérimentation.

3. Évaluation histologique

L'analyse histologique des coupes du foie, du rein et de l'intestin a été réalisée pour cinq groupes expérimentaux : témoin (T), témoin obèse (T+), et trois groupes traités par le complément alimentaire à des doses croissantes (D1, D2, D3). Les observations hépatiques révèlent une architecture hépatocellulaire conservée dans tous les groupes, avec des hépatocytes à noyaux centraux et cytoplasme homogène, sans signes de dégénérescence, de nécrose ni d'infiltrats inflammatoires. Les reins présentent des glomérules et des tubules bien définis, sans altérations structurales majeures, suggérant une fonction rénale préservée. Au niveau intestinal, les villosités et les cryptes apparaissent intactes, sans perturbations de la muqueuse, ni œdème ni infiltration inflammatoire notables, même aux doses les plus élevées du complément (D3).

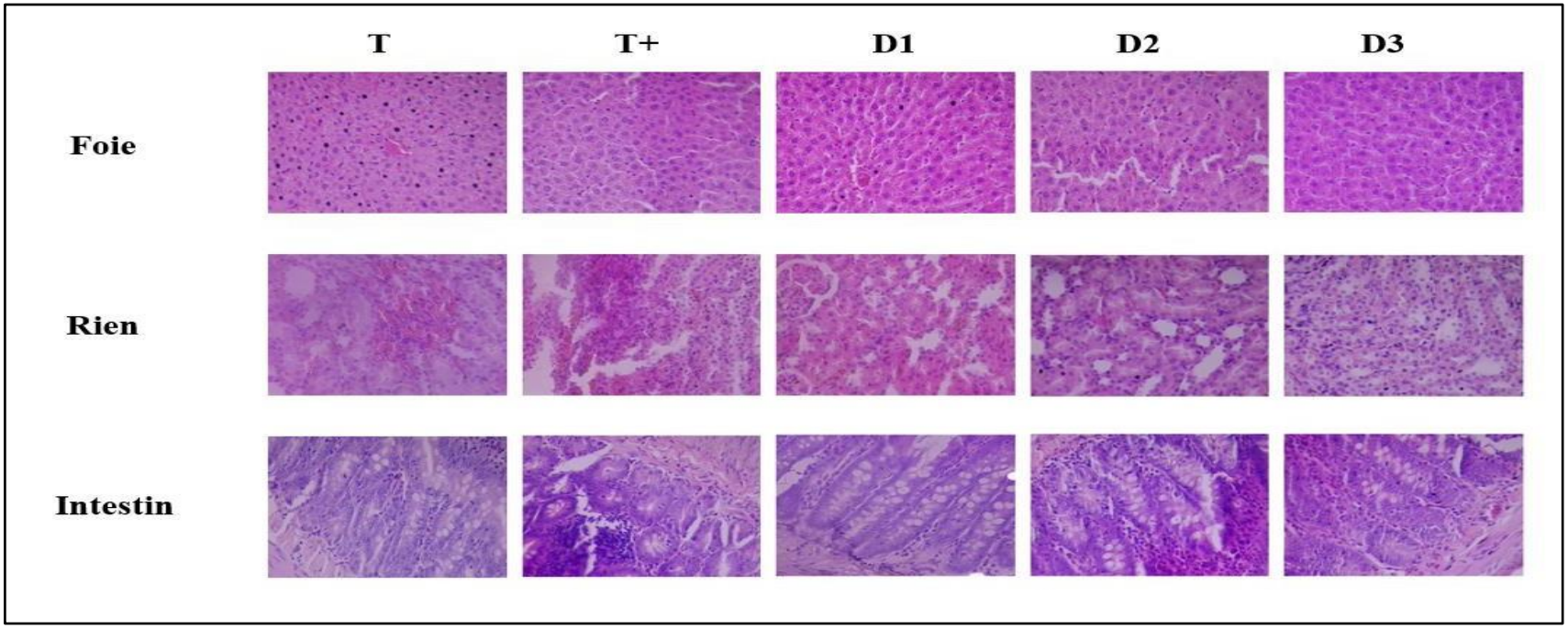


Figure 33 : Analyse histologique du foie, du rein et de l'intestin chez les rats des différents groupes expérimentaux.

DISCUSSION

L'objectif principal de la deuxième partie de ce mémoire est d'évaluer l'efficacité et l'innocuité du complément alimentaire testé chez des rats Wistar. Cette étude expérimentale a pour but d'examiner l'influence de cette formulation sur divers paramètres, notamment les indicateurs anthropométriques et cliniques, ainsi que les profils hématologiques et biochimiques des animaux.

L'obésité, maladie multifactorielle en constante progression à l'échelle mondiale, est étroitement liée au mode de vie et aux habitudes alimentaires modernes (**Souza et al., 2024)**. Elle résulte d'un déséquilibre énergétique causé par des apports caloriques élevés, associés à une faible dépense énergétique, dans un contexte d'interactions complexes entre facteurs génétiques, environnementaux et comportementaux **(Set Point Theory, 2021 ; Simos, 2022**) elle constitue un facteur de risque majeur pour de nombreuses maladies chroniques, notamment les troubles métaboliques, cardiovasculaires, musculosquelettiques et psychologiques **(WHO, 2023).** La quête de solutions efficaces pour la perte de poids ne représente plus uniquement une préoccupation individuelle, mais s'impose désormais comme une priorité majeure des politiques de santé publique. Dans ce contexte, l'attention portée aux approches nutritionnelles naturelles et préventives s'intensifie, visant à favoriser un poids stable tout en limitant l'incidence des pathologies associées à l'obésité.

Une alimentation saine et équilibrée reste le meilleur moyen pour prévenir et lutter contre l'obésité et la prise de poids. L'introduction d'aliments riches en fibres alimentaires et dotés de propriétés fonctionnelles, tels que les céréales complètes, représente une approche nutritionnelle prometteuse (**Sakir *et al*., 2024).** Dans cette perspective, les céréales complètes suscitent un intérêt croissant en raison de leur densité nutritionnelle et de leurs effets protecteurs démontrés sur la santé métabolique (**OMS & FAO, 2003).** Elles constituent des aliments de base, fournissant une quantité significative de fibres alimentaires, de protéines végétales et de composés bioactifs tels que les polyphénols (**Benyaich, 2017).** Plusieurs études ont montré que leur consommation régulière contribue à la prévention de maladies chroniques, notamment l'obésité, les troubles métaboliques et les maladies cardiovasculaires **(OMS & FAO, 2003 ; Benyaich, 2017).** De plus, elles favorisent la satiété, ce qui peut limiter l'apport énergétique quotidien et jouer un rôle dans la régulation du poids corporel **(Bouchard et al., 2022).**

Parmi les paramètres évalués, la variation du poids corporel constitue un indicateur essentiel pour apprécier l'effet du complément alimentaire sur le métabolisme énergétique et l'état nutritionnel des animaux expérimentaux. Les résultats obtenus indiquent que le complément alimentaire, riche en fibres, entraîne une réduction significative du poids corporel.

En effet, les groupes traités (D1, D2 et D3) présentent une diminution pondérale par rapport

aux groupes témoins (T et T+), nourris avec un régime standard. Cette perte de poids est d'autant plus marquée dans le groupe D3, suggérant une relation dose-dépendante. Ces observations sont en accord avec les travaux de **Hadri (2016)**, qui rapportent que certaines fibres alimentaires possèdent des propriétés satiétogènes et anti-obésité, en agissant notamment sur la réduction de l'apport calorique via la modulation du microbiote intestinal et des hormones impliquées dans la régulation de la satiété.

Bien que la diminution de l'indice de masse corporelle (IMC) observée dans les groupes supplémentés (D1, D2, D3) par rapport aux témoins (T, T^{+}) n'ait pas atteint le seuil de signification statistique, les courbes obtenues révèlent une tendance générale à la baisse. Cette évolution pourrait être attribuée, d'une part, à la durée relativement courte de l'expérimentation (6 semaines), limitant l'expression complète des effets métaboliques du complément. D'autre part, plusieurs auteurs ont souligné l'importance de la durée d'intervention dans l'obtention de résultats significatifs sur l'IMC. En ce sens, (**Shoaib *et al*. 2022)** ont rapporté qu'une supplémentation en fibres alimentaires pendant au moins 12 semaines était nécessaire pour observer une réduction significative de l'IMC. Par ailleurs, cette tendance pourrait également s'expliquer par la richesse en fibres alimentaires du complément. (**Bueno *et al*. 2019)** ont montré que la consommation de céréales riches en fibres était associée à une amélioration de l'IMC et des paramètres anthropométriques. En complément, (**Al Hammadi 2016)** précise que les fibres alimentaires contribuent à la gestion du poids en augmentant la satiété, en réduisant l'absorption des macronutriments et en modulant la sécrétion de certaines hormones impliquées dans la régulation pondérale.

La consommation alimentaire a été suivie tout au long de l'expérimentation afin d'évaluer l'effet du complément alimentaire sur l'appétit. Les résultats montrent une diminution significative de la quantité d'aliments consommés dans les groupes supplémentés (D1, D2, D3), comparativement aux groupes témoins, avec un effet plus marqué dans le groupe D3. Cette diminution peut être attribuée à la richesse en fibres alimentaires fonctionnelles du complément, en particulier les fibres insolubles présentes dans le son de blé, les mucilages des graines de chia, ainsi que les polyphénols du thé vert. Ces observations sont en accord avec les travaux de (**Ayaz *et al*. 2017),** qui ont démontré qu'un apport en graines de chia dans une collation réduisait significativement l'apport énergétique ultérieur, grâce à la richesse en mucilages. Par ailleurs, (**Carter et Drewnowski 2012)** ont montré qu'une boisson contenant des fibres solubles, de la caféine et des catéchines du thé vert diminue la sensation de faim et la consommation alimentaire au repas suivant.

L'évaluation des signes clinique quotidienne constitue une étape essentielle dans toute étude expérimentale, car elle permet de détecter précocement d'éventuels effets indésirables ou, au contraire, des signes d'amélioration de l'état général. Dans notre étude, aucun signe de toxicité apparente n'a été observé dans les groupes traités, ce qui témoigne de la bonne tolérance du complément alimentaire tout au long des six semaines d'administration. Chez le groupe témoin, nous avons noté une hyperactivité d'intensité marquée, ce qui peut s'expliquer par l'absence de surcharge pondérale, permettant une mobilité fluide et une activité physique spontanée plus élevée. Cette observation concorde avec les travaux de (**Novak *et al*. 2010)**, qui rapportent que les rongeurs ayant une faible masse corporelle et une capacité aérobie intrinsèque élevée manifestent une activité locomotrice spontanée plus intense, accompagnée d'une dépense énergétique accrue, contribuant ainsi à leur résistance à l'obésité induite par le régime. En revanche, chez le groupe obèse (T+), nous avons enregistré une hypoactivité modérée, souvent associée à une accumulation adipeuse excessive, limitant la mobilité et induisant une certaine léthargie. Cette réduction de l'activité physique a été également documentée par (**Pařízková 1998),** qui souligne que l'élévation du IMC et la progression de l'obésité sont généralement corrélées à une baisse significative du niveau d'activité spontanée chez les sujets obèses. Ces caractéristiques fonctionnelles des fibres se traduisent également par des effets cliniques perceptibles chez les animaux traités. Chez les groupes D1, D2 et D3, supplémentés en complément alimentaire riche en fibres, nous avons ainsi observé des changements comportementaux communs, notamment une perte d'appétit graduelle, une hyperactivité marquée, ainsi qu'une augmentation de la consommation d'eau. Les fibres alimentaires présentent des propriétés fonctionnelles remarquables, leur conférant un rôle clé dans la régulation de l'appétit et la prévention des troubles métaboliques. Certaines fibres, telles que celles présentes dans le son de blé, les graines de chia et le thé vert, sont riches en mucilages, polyphénols ou en fibres insolubles, connues pour moduler la satiété via divers mécanismes physiologiques **(Hess *et al*., 2011 ; Ayaz *et al*., 2017 ; Carter & Drewnowski, 2012).** En parallèle, (**Bouaziz 2024)** souligne que la consommation régulière de fibres alimentaires contribue efficacement à la prévention de l'obésité et au maintien de l'équilibre du microbiote intestinal, jouant ainsi un rôle anti-obésité durable. Par ailleurs, des études mécaniques ont montré que l'eau modifie le comportement hygroscopique des fibres végétales, en diminuant leur module d'élasticité, (**Roudier *et al*., 2010),** ce qui pourrait influencer leur capacité à absorber l'eau et à induire une sensation de plénitude gastrique. Cette synergie entre les propriétés structurales et fonctionnelles des fibres permet de mieux comprendre leur rôle dans la diminution de la prise alimentaire et la régulation pondérale.

Les modifications hématologiques observées chez les groupes supplémentés traduisent probablement une réponse d'adaptation liée à la composition bioactive du complément alimentaire.

S'agissant d'abord des globules blancs (GB), leur diminution significative pourrait refléter un effet immunomodulateur induit par les polyphénols. Ces composés sont bien connus pour leurs propriétés anti-inflammatoires, agissant notamment sur les cytokines pro-inflammatoires de bas grade, souvent élevées dans les contextes d'obésité. Cette modulation pourrait ainsi contribuer à une réduction de l'activité leucocytaire excessive, comme le suggèrent les travaux de (**Higdon et Frei 2003)**. Une diminution des globules rouges (GR), de l'hémoglobine (Hb) et de l'hématocrite (HCT) a été observée chez les groupes traités par rapport au groupe témoin. Cette baisse modérée, bien qu'apparaissant comme une variation, demeure dans les limites physiologiques normales pour l'espèce étudiée et pourrait traduire un mécanisme adaptatif transitoire à la consommation du complément alimentaire. En effet, certains composés bioactifs, notamment les fibres et les polyphénols, peuvent influencer l'absorption du fer ou moduler le métabolisme hématopoïétique, sans pour autant induire une anémie. Ce phénomène pourrait également refléter une meilleure fluidité sanguine ou une adaptation métabolique visant à optimiser l'oxygénation des tissus dans un contexte de réduction pondérale **(Simpson *et al.* 1981** ; **Hallberg & Hulthén, 2000)**. Aucun signe clinique de carence ou de dégradation de l'état général n'ayant été constaté, cette baisse peut être interprétée comme une réponse régulatrice plutôt que pathologique.

La baisse du taux de plaquettes (PLT) notée dans le groupe D3, supplémenté à dose élevée, mérite attention. Certains polyphénols, en particulier ceux issus du thé vert, sont décrits comme ayant un effet antiplaquettaire léger, via une interférence avec les voies intracellulaires de l'agrégation plaquettaire. Cette propriété, rapportée notamment par (**Higdon et Frei 2003)**, pourrait expliquer la tendance observée, sans toutefois traduire un effet toxique, puisque les valeurs restent dans les normes physiologiques.

Afin de discuter des perturbations lipidiques associées à l'obésité et de leur modulation potentielle par le complément testé, il convient de rappeler que **Soheilipour et Geram (2024)** ont identifié la dyslipidémie comme l'un des marqueurs métaboliques majeurs de cette pathologie. Leurs travaux ont mis en évidence une corrélation significative entre l'obésité et l'élévation des concentrations plasmatiques de triglycérides ainsi que de cholestérol total, traduisant un déséquilibre du métabolisme lipidique souvent observé dans les états d'excès pondéral.

Dans le cadre de notre expérimentation, une diminution notable des concentrations plasmatiques de cholestérol total et de triglycérides a été observée chez les groupes traitées, avec une amélioration particulièrement marquée dans le groupe D3. Ces résultats traduisent un effet hypolipidémiant du complément alimentaire, suggérant qu'il pourrait jouer un rôle protecteur contre les désordres métaboliques associés au surpoids et à l'obésité. Cette modulation favorable du profil lipidique pourrait être attribuée à la teneur élevée en fibres solubles et en composés bioactifs, connus pour interférer avec l'absorption des lipides, stimuler le métabolisme hépatique du cholestérol, ou encore favoriser l'excrétion des acides biliaires. Ainsi, ces observations renforcent l'intérêt potentiel de ce complément dans une approche nutritionnelle préventive contre la dyslipidémie **(Nie et Luo 2021)**.

Par ailleurs, les composés phénoliques présents dans le thé vert et les graines de chia, comme les catéchines et les flavonoïdes, sont également reconnus pour leurs propriétés hypolipémiantes. Ils peuvent améliorer la sensibilité à l'insuline et réduire la production hépatique des triglycérides, ce qui renforce l'effet observé dans notre étude (**Mio *et al*., 2021)**. La baisse des paramètres lipidiques observée semble résulter d'une interaction synergique entre les fibres insolubles et les antioxydants naturels présents dans le complément.

Dans notre étude, une diminution des transaminases hépatiques (ALAT et ASAT) a été observée selon les doses administrées, avec une réduction significative marquée dans le groupe D3. Cette évolution suggère un effet favorable potentiel du complément alimentaire étudié sur la fonction hépatique, et laisse penser que certains de ses composants bioactifs contribuent à préserver l'intégrité fonctionnelle et structurale des hépatocytes. Cette étude est soutenue par plusieurs travaux scientifiques. D'une part, les fibres alimentaires insolubles issues du son de blé sont reconnues pour leur effet bénéfique sur le métabolisme lipidique, notamment par leur capacité à réduire l'absorption intestinale des lipides et à limiter l'accumulation des graisses au niveau hépatique, facteur central dans l'induction de l'inflammation hépatique (**Zhao *et al*., 2020)**. Ce mécanisme permettrait ainsi de réduire le stress métabolique exercé sur les cellules hépatiques.

D'autre part, les polyphénols présents dans le thé vert et les graines de chia, tels que les catéchines et flavonoïdes, possèdent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires puissantes. Ils sont capables de réduire le stress oxydatif hépatique, de moduler l'expression des cytokines inflammatoires, et donc de contribuer à la réduction des lésions hépatiques et des marqueurs enzymatiques associés (**Yang, Liu & Zhang, 2022)**. En parallèle, certaines fibres fermentescibles issues des céréales, lorsqu'elles sont métabolisées par le microbiote intestinal, donnent lieu à la production d'acides gras à chaîne courte (AGCC), notamment l'acide

butyrique. Ces AGCC jouent un rôle clé dans la régulation du métabolisme lipidique hépatique, en améliorant la sensibilité à l'insuline, en renforçant la barrière intestinale, et en atténuant l'inflammation hépatique, notamment via l'activation des récepteurs GPR41/43 (**Liu *et al*., 2021)**. La nette amélioration constatée dans le groupe D3 pourrait ainsi résulter d'une synergie fonctionnelle entre les fibres insolubles, les fibres fermentescibles, et les antioxydants naturels contenus dans le complément. Cette combinaison favoriserait à la fois la protection cellulaire, la détoxification hépatique et la régénération des hépatocytes. bien que le mécanisme exact de ces effets bénéfiques reste à élucider, ces résultats s'inscrivent en cohérence avec la littérature existante décrivant le rôle protecteur des extraits végétaux riches en fibres et en polyphénols dans la prévention des désordres hépatiques induits par une surcharge pondérale ou métabolique.

Dans la continuité de l'évaluation des effets physiologiques du complément alimentaire, une attention particulière a été portée à la fonction rénale, en raison de son implication étroite dans les désordres métaboliques liés à l'obésité. En effet, la hausse préoccupante du surpoids, de l'obésité, du syndrome métabolique et du diabète est corrélée à une augmentation significative de la prévalence des maladies rénales chroniques, comme le rapportent **Scurt *et al*. (2024)**. L'obésité constitue un facteur de risque indépendant d'atteintes rénales, notamment par des mécanismes complexes impliquant une surcharge lipidique rénale, une hyperfiltration glomérulaire, et une inflammation chronique. Ces altérations peuvent conduire à une détérioration progressive de la fonction rénale si elles ne sont pas prises en charge **(Kamijo *et al*., 2002 ; Wennberg et Zimmermann, 2006 ; Than *et al*. 2020).**

Dans cette perspective, les concentrations plasmatiques de l'urée et de la créatinine, considérées comme des indicateurs majeurs de la fonction rénale, ont été évaluées afin d'apprécier l'impact du complément alimentaire sur l'état physiologique des reins. Les résultats obtenus révèlent une diminution dose-dépendante de ces deux paramètres chez les groupes traitées, avec une amélioration significative dans le groupe D3. Cette évolution suggère un effet favorable du complément alimentaire sur l'homéostasie rénale, sans qu'aucune altération fonctionnelle ne soit constatée. Ce bénéfice pourrait être attribué à la richesse du complément en fibres alimentaires et en composés antioxydants d'origine végétale, notamment ceux présents dans le son de blé, les graines de chia et le thé vert. Ces substances sont reconnues pour leur capacité à moduler le stress oxydatif systémique, à renforcer les défenses endogènes, et à contribuer à l'équilibre métabolique global. Par leur action synergique, elles participeraient à l'optimisation du fonctionnement rénal dans un contexte de surcharge pondérale, sans induire

d'effets néfastes. Ainsi, les résultats obtenus soutiennent l'hypothèse selon laquelle une supplémentation nutritionnelle adaptée peut favoriser le maintien de l'intégrité fonctionnelle des organes excréteurs, en particulier les reins, dans un cadre préventif.

L'absence de détection de la protéine C-réactive (CRP) chez tous les rats suggère une absence d'inflammation systémique aiguë durant l'expérimentation. La CRP, synthétisée par le foie sous l'influence de cytokines pro-inflammatoires comme l'IL-6, est un marqueur sensible de l'inflammation **(Zotova *et al*., 2023 ; Lee *et al*., 2024)**. Ces résultats confirment l'innocuité du complément alimentaire et son potentiel à maintenir un équilibre inflammatoire stable.

En fin d'analyse, l'examen histopathologique des tissus hépatiques, rénaux et intestinaux met en évidence une préservation globale de l'architecture tissulaire dans l'ensemble des groupes expérimentaux, sans altérations majeures ni signes de lésions cellulaires significatives. Le groupe témoin (T) présente des structures normales, avec un parenchyme hépatique bien organisé, des glomérules et tubules rénaux intacts, ainsi qu'une muqueuse intestinale caractérisée par des villosités régulières. Le groupe T+, bien qu'exposé à une surcharge pondérale, n'exhibe que des modifications histologiques légères, telles qu'une vacuolisation discrète des hépatocytes, une congestion tubulaire modérée et un raccourcissement partiel des villosités intestinales, traduisant une réponse d'adaptation métabolique sans caractère pathologique manifeste. En revanche, les groupes traités par le complément alimentaire (D1, D2, D3) affichent une amélioration progressive et dose-dépendante de l'organisation tissulaire, avec une structuration optimale observée dans le groupe D3. Ces résultats témoignent d'un effet bénéfique du complément dans la préservation de l'intégrité des tissus hépatiques, rénaux et intestinaux. Cet effet pourrait être attribué à la richesse en fibres alimentaires et en antioxydants naturels catéchines, flavonoïdes et composés phénoliques présents dans le son de blé, les graines de chia et le thé vert. Ces constituants bioactifs sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et modulatrices du métabolisme, comme l'ont rapporté **(Liu *et al*., 2018 ; Yang *et al*., 2022 ; Yao *et al*., 2024 ; Mohammadhasani *et al*., 2024)**. Ainsi, l'ensemble des observations histologiques confirme l'innocuité du complément et souligne son potentiel à renforcer l'intégrité fonctionnelle des tissus dans un contexte de surcharge pondérale.

-

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'ensemble des travaux menés dans le cadre de ce mémoire visait à explorer une approche innovante, durable et scientifiquement fondée pour contribuer à la lutte contre le surpoids et l'obésité. À travers la valorisation de résidus végétaux sélectionnés, nous avons développé un complément alimentaire bio aux propriétés nutritionnelles, fonctionnelles et physiologiques prometteuses.

D'un point de vue méthodologique, notre démarche a été rigoureuse et multidisciplinaire, intégrant des volets complémentaires allant de la caractérisation physico-chimique des matières premières à l'évaluation biologique et histologique des effets du complément sur un modèle animal (les rats). Chaque ingrédient a été choisi sur la base de données scientifiques solides démontrant ses bénéfices potentiels dans la gestion du poids, la régulation du métabolisme lipidique de l'organisme.

Les résultats obtenus ont permis de confirmer que la formulation mise au point est non seulement dépourvue de toxicité sur les principaux organes vitaux (foie, reins, intestins), mais qu'elle exerce également une influence favorable sur certains marqueurs biochimiques liés à l'obésité. Les analyses histologiques ont mis en évidence une préservation de l'architecture tissulaire, tandis que les tests biochimiques ont révélé une amélioration de l'équilibre métabolique chez les animaux traités. Ce constat souligne le potentiel de ce complément dans une stratégie de prévention nutritionnelle.

Par ailleurs, l'aspect écoresponsable du projet revêt une importance particulière. En réutilisant des sous-produits agricoles souvent négligés ou jetés, notre démarche s'inscrit pleinement dans les principes de l'économie circulaire et de la durabilité environnementale. Ce travail illustre concrètement comment la science peut transformer des déchets en ressources à haute valeur ajoutée pour la santé humaine.

Bien que les résultats de cette étude soient encourageants, ils ne constituent qu'une première étape dans un champ de recherche encore vaste. Plusieurs perspectives s'ouvrent à la suite de ce travail :

- *Validation clinique chez l'humain*

Il est essentiel de prolonger cette évaluation par des essais cliniques rigoureux afin de confirmer l'innocuité et l'efficacité du complément chez des sujets humains, dans des contextes de surpoids, d'obésité modérée ou de syndrome métabolique.

- *Optimisation de la formulation et des formes galéniques*

L'exploration de nouvelles formes de présentation (poudre instantanée, barres énergétiques) pourrait faciliter l'intégration du complément dans l'alimentation quotidienne et améliorer la biodisponibilité des actifs.

- *Extension à d'autres déchets agroalimentaires*

La valorisation d'autres résidus végétaux riches en fibres, polyphénols, ou composés bioactifs pourrait permettre de diversifier les formulations et de créer une gamme de produits adaptés à différents profils métaboliques ou besoins nutritionnels.

- *Transfert technologique et valorisation économique*

Une collaboration future avec des acteurs de l'industrie agroalimentaire ou nutraceutique pourrait conduire à une production à l'échelle pilote, voire industrielle, avec dépôt de brevet et mise sur le marché, ouvrant la voie à une réelle valorisation économique du projet.

En conclusion, ce mémoire témoigne du potentiel réel des résidus végétaux dans la conception de solutions nutritionnelles innovantes, accessibles et durables. Il met en lumière la capacité de la recherche appliquée à répondre aux enjeux de santé publique tout en s'inscrivant dans une logique de respect de l'environnement et de développement local. Ce travail constitue ainsi une base solide pour des projets de recherche et développement futurs, à l'interface entre nutrition, écologie et innovation sociale.

REFERENCES

A

- Aaseth, J., Ellefsen, S., Alehagen, U., Sundfør, T. M., & Alexander, J. (2021, May 31). Diets and drugs for weight loss and health in obesity – An update. Biomedicine & Pharmacotherapy, 140, 111789. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111789
- Agarwal, A., Rizwana, R., Tripathi, A. D., Kumar, T., Sharma, K. P., & Patel, S. K. S. (2023). Nutritional and Functional New Perspectives and Potential Health Benefits of Quinoa and Chia Seeds. Antioxidants, 12(7), 1413.
- Al Hammadi, E. (2016). Effects of dietary fiber intake on body weight and waist circumference. Arab Journal of Nutrition and Exercise, 1(2), 107–118.
- Angelidi, A. M., Belanger, M. J., Kokkinos, A., Koliaki, C. C., & Mantzoros, C. S. (2022). Novel noninvasive approaches to the treatment of obesity: From pharmacotherapy to gene therapy. Endocrine Reviews, 43(3), 507–557. https://doi.org/10.1210/endrev/bnab034 Tchang, B. G., Aras, M., Kumar, R. B., & Aronne, L. J. (2024, August 20). Pharmacologic treatment of overweight and obesity in adults. In UpToDate. Wolters Kluwer. Retrieved from https://www.uptodate.com
- Askia, H. (2022). Rôle des macrophages dans le remodelage pathologique du tissu adipeux au cours de l'obésité (Doctoral dissertation, Sorbonne Université).
- Auclair, A. (2016). Mobilisation des dépôts ectopiques de tissu adipeux : ses implications dans la résolution des comorbidités associées à l'obésité sévère suivant une chirurgie bariatrique.
- Ayaz, A., Akyol, A., Inan-Eroglu, E., Kabasakal Cetin, A., Samur, G., & Akbiyik, F. (2017). Chia seed (Salvia hispanica L.) added yogurt reduces short-term food intake and increases satiety: A randomized controlled trial. Nutrition Research and Practice, 11(5), 412–418

B

- Barnett, S. J. (2013). Surgical management of adolescent obesity. Advances in pediatrics, 60(1), 31 1-325.
- Beckmann, M., Jones, D., & Smith, A. (2007). Post-harvest storage practices and fungal contamination of seeds. Journal of Stored Products Research, 43(2), 125–134.
- Beuchat, L. R. (1981). Microbial stability as affected by water activity. Cereal Foods World, 26, 345–349.
- Bhurosy, T., & Jeewon, R. (2013). Overweight and obesity epidemic in developing countries: a problem with diet, physical activity, or socioeconomic status? The Scientific World Journal, 2014.
- Bokov, P., & Delclaux, C. (2019). Impact fonctionnel respiratoire de l'obésité. Revue des Maladies Respiratoires, 36(9), 1057–1063.https://doi.org/10.1016/j.rmr.2019.07.009
- Bouaziz, K. (2024). Impact de la consommation des fibres alimentaires sur les maladies métaboliques et le microbiote intestinal [Thèse de doctorat, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella]. Université Oran 1 Ahmed Ben Bella.
- Bouchard, C., Tremblay, A., & Drapeau, V. (2022). Whole grain intake and satiety: Mechanisms and implications for body weight regulation. Nutrition Reviews, 80(3), 219–232.
- Bouchard, J., Malalgoda, M., Storsley, J., Malunga, L., Netticadan, T., & Thandapilly, S. J. (2022). Health benefits of cereal grain-and pulse-derived proteins. Molecules, 27(12), 3746.
- Bray GA, Kim KK, Wilding JPH. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. Obesity Reviews. 2017 Jul;18(7):715– 723. doi:10.1111/obr.12551
- Bueno, X. et al. (2019). Impact of fiber-fortified food consumption on anthropometric measurements and cardiometabolic outcomes: A systematic review and meta-analysis. (voir méthodes et résultats des sous-groupes)

C

- Capuano, E. (2016). The behaviour of dietary fibre in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1180501
- Carter, B. E., & Drewnowski, A. (2012). Beverages containing soluble fiber, caffeine, and green tea catechins suppress hunger and lead to less energy consumption at the next meal. Appetite, 59(3), 755–761.
- Charton, A. (2023). Place des compléments alimentaires à visée amincissante dans la stratégie de perte de poids chez les patients se présentant à l'officine [Thèse de doctorat, Université de Lorraine]. HAL Archives Ouvertes. https://hal.science/hal-04158589
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ, 320(7244), 1240–1243.
- Corcos, T. (2012). Les complications cardiovasculaires de l'obésité. Médecine & Longévité, 4(3–4), 99–110. https://doi.org/10.1016/j.mlong.2012.10.001
- Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G., & Vittadini, E. (2013). Effect of the distribution of bran particle size on bread properties and quality. Food Science and Technology International, 19(6), 511–519.

D

- Di Rosa, C., Lattanzi, G., Taylor, S. F., Manfrini, S., & Khazrai, Y. M. (2020). Very low calorie ketogenic diets in overweight and obesity treatment: Effects on anthropometric parameters, body composition, satiety, lipid profile and microbiota. Clinical Nutrition, 39(7), 2286–2297. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.02.005
- Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases (WHO Technical Report Series No. 916). World Health Organization.
- Długaszek, M., & Mierczyk, M. (2023). Evaluation of pH and bioactive compound stability in green tea infusions under various storage conditions. Journal of Food Composition and Analysis, 116, 105015.
- Dos Santosa, J. E., & Sichierib, R. (2005). Body composition and BMI in the elderly. Nutrition Research Reviews, 18(2), 223–233.

E

- European Commission. (2005). *Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs*. Official Journal of the European Union, L 338, 1–26.

F

- Faucher, P., & Poitou, C. (2015). L'obésité: diagnostic, physiopathologie et prise en charge. EMC - Endocrinologie-Nutrition, 10(4), 1-10.
- Faucher, P., & Poitou, C. (2015). Physiopathologie de l'obésité. Revue du rhumatisme monographies, 82(4), 242–248. https://doi.org/10.1016/j.monrhu.2015.08.002

G

- Garvey, W. T. (2022). Is obesity or adiposity-based chronic disease curable: The set point theory, the environment, and second-generation medications. Endocrine Practice, 28(2), 214– 222. https://doi.org/10.1016/j.eprac.2021.11.082
- Garvey, W. T., & Martins, C. (2024). Obesity: Diagnosis, pathophysiology, and treatment. Endocrine Reviews, 45(1), 1-24.
- Gbogouri, G. A., Linder, M., Fanni, J., & Parmentier, M. (2004). Influence of hydrolysis degree on the functional properties of salmon byproducts hydrolysates. Journal of food science, 69(8), C615-C622.
- Genève.https://www.jle.com/fr/edocs/synthese_troubles_du_metabolisme_obesite_et_facteurs_environnementaux_et_sociaux_322311

- Griffiths, C., Gately, P., Marchant, P. R., & Cooke, C. B. (2011). A five-year longitudinal study investigating the prevalence of childhood obesity. Public Health, 125(4), 268–274.

H

- Humayun, A., Shah, A. S., & Shah, S. M. (2009). Relationship of BMI with diet and physical activity of female students in public and private universities. Pakistan Journal of Medical Sciences, 25(4), 572–576.
- Hadri, Z. (2016). Effets des fibres alimentaires sur la régulation du poids corporel et les paramètres métaboliques chez le rat Wistar obèse : Implication du microbiote intestinal (Thèse de doctorat non publiée, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Algérie).
- Hallberg, L., & Hulthén, L. (2000). Prediction of dietary iron absorption: An algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. The American Journal of Clinical Nutrition, 71(5), 1147–1160.
- Hauser, E. (2024). Intérêt d'une perte de poids associée à l'activité physique avant traitement de procréation médicalement assistée chez les femmes infertiles en surcharge pondérale [Mémoire de master, Sciences du Vivant]. DUMAS. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas04760438v1
- He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., Su, X., & Zhang, C. (2021). Effects of dietary fiber on human health. Food Science and Human Wellness, 10(3), 144-152. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.08.001
- Hernandez-Diaz, J. R., Quintero-Ramos, A., Barnard, J., & Balandran-Quintana, R. R. (2007). Functional properties of extrudates prepared with blends of wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. Journal of Food Science.
- Hess, J. M., Jonnalagadda, S. S., Slavin, J. L. (2011). What is a whole grain? Definitions and evidence for health benefits. Nutrition Reviews, 69(10), 620–629.
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2003). Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43(1), 89–143.
- Hornero-Ramirez, H. (2024). Impact synergique de composés bioactifs alimentaires sur le métabolisme postprandial et l'inflammation associés à la santé intestinale (Doctoral dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I).
- Hruby, A., & Hu, F. B. (2015). The epidemiology of obesity: A big picture.
- Humayun, A., Shah, A. S., & Shah, S. M. (2009). Relationship of BMI with diet and physical activity of female students in public and private universities. Pakistan Journal of Medical Sciences, 25(4), 572–576.

I

- ICMSF. (2005). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities* (2nd ed.). Springer.
- International Organization for Standardization. (2013). ISO 4833-1:2013: Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. ISO.

K

- Kamijo, Y., et al. (2002). Obesity-induced glomerular hyperfiltration and early kidney damage: A new formula for estimation of creatinine clearance. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 108(12), 3280–3286.
- Kesavachandran, C. N., Bihari, V., & Mathur, N. (2012). Occupational health status of Indian construction workers. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 16(3), 113–118.

L

- Lane, J. H. (1923). Determination of reducing sugar by means of Fehling's solution with methylene blue as internal indicator. J. Soc. Chem. Ind., 17, 32-37.

- Lecoq, R. (1965). Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles (Tome II F à Z). Éditions Doin Deren & Cie.
- Lee, H., et al. (2024). Regulation of CRP by IL-6 in obesity: A controlled rodent study. Inflammation, 47, 501–510.
- Leistner, L., & Gorris, L. G. M. (1995). Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology*, *6*(2), 41–46.
- Leistner, L., & Gorris, L. G. M. (1995). Food preservation by hurdle technology. Trends in Food Science & Technology, 6(2), 41–46.
- Liu, D., Pérez-Reytor, D., Puebla, C., & Karahanian, E. (2021). Use of short-chain fatty acids for the recovery of the intestinal epithelial barrier affected by bacterial toxins. Frontiers in Physiology, 12, 650313.
- Liu, H., Wang, J., He, T., Becker, S., Zhang, G., Li, D., & Ma, X. (2018). Butyrate: a double-edged sword for health? Advances in Nutrition, 9(1), 21–29.
- Liu, X., Li, Y., & Zhang, Z. (2022). GPR41 and GPR43: From development to metabolic regulation. Progress in Lipid Research, 84, 101153.
- Liu, X., Yang, W. Petrick, J. L., Liao, L. M., Wang, W., He, N., & Zhang, X. (2021). Higher intake of whole grains and dietary fiber are associated with lower risk of liver cancer and chronic liver disease mortality. Nature communications, 12(1), 6388.
- Locke, A. E., Kahali, B., Berndt, S. I., Justice, A. E., Pers, T. H., Day, F. R., … Speliotes, E. K. (2015). Genetic studies of body mass index yield new insights for obesity biology. Nature, 518(7538), 197–206. https://doi.org/10.1038/nature14177

M

- Menadi, N. (2022). Effets des fibres alimentaires du son de blé sur le métabolisme du glucose des rats rendus diabétiques [Thèse de doctorat, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès]. • Joris, C., & Rose, T. (2017). *Impact de l'activité physique sur la perte de poids de personnes en surpoids ou obèses* [Travail de Bachelor, Haute École de Santé de Genève].
- Mio, Y., Shimizu, T., & Maeda, H. (2021). Flavonoids and green tea polyphenols reduce hepatic lipogenesis and insulin resistance in obesity models. Journal of Nutritional Biochemistry, 92, 108617.
- Mohammadhasani, K., Vahedi Fard, M., Mottaghi Moghaddam Shahri, A., & Khorasanchi, Z. (2024). Polyphenols improve non-alcoholic fatty liver disease via gut microbiota: A comprehensive review. Food Science & Nutrition, 12(8), 5341–5356.
- Mudgil, D., & Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. International Journal of Biological Macromolecules, 61, 1–6.
- Multon, J. L. (1982). Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux.
- Murugan, A. T., & Sharma, G. (2008). Obesity and respiratory diseases. Chronic Respiratory Disease, 5(4), 233–242. https://doi.org/10.1177/1479972308096978

N

- Nevill, A. M., Stewart, A. D., Olds, T., & Holder, R. (2006). Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. American Journal of Physical Anthropology, 129(1), 151–156.
- Nie, Y., & Luo, Y. (2021). Effect of dietary fiber on lipid metabolism and its mechanisms. Nutrition & Metabolism, 18, 53.
- Novak, C. M., Escande, C., Burghardt, P. R., Zhang, M., Barbosa, M. T., Chini, E. N., Britton, S. L., Koch, L. G., Akil, H., & Levine, J. A. (2010). Spontaneous activity, economy of activity, and resistance to diet-induced obesity in rats bred for high intrinsic aerobic capacity. Hormones and Behavior, 58(3), 355–367.

O

- Obesity Canada. (2023). Clinical practice guidelines for the management of obesity in adults. Retrieved from https://obesitycanada.ca
- Olivos-Lugo, B. L., & Wall-Medrano, A. (2012). Physicochemical properties of mucilage from chia seeds (Salvia hispanica L.). International Journal of Food Science and Nutrition, 63(6), 598–602.
- Onakpoya, I. J., Posadzki, P., & Ernst, E. (2013). Chromium supplementation in overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Obesity Reviews, 14(6), 496–507. https://doi.org/10.1111/obr.12026
- Onipe, O. O., Jideani, A. I. O., & Beswa, D. (2015). Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. International Journal of Food Science & Technology, 50(12), 2509–2518.
- Organisation mondiale de la Santé. (2024). Obésité et surpoids. https://www.who.int/fr/newsroom/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

P

- Parízková, J. (1994). Nutrition, physical activity and health in early life. In Kinanthropometry IV (pp. 81–94). Taylor & Francis.
- Pharmacoeconomics, 33(7), 673–689. https://doi.org/10.1007/s40273-014-0243-x • Simos, J. (2022, 17 mai). Troubles du métabolisme : obésité et facteurs environnementaux et sociaux [Synthèse, Université de Genève]. Environnement, Risques & Santé. Université de
- Pilate, L. (2024). Identification des pratiques d'économie circulaire dans le secteur agroalimentaire de la pomme au sein des PME wallonnes.
- Poirier, P., & Després, J.-P. (2003). Obésité et maladies cardiovasculaires. Médecine/Sciences, 19(10), 943–949. https://doi.org/10.1051/medsci/20031910943

R

- Radenkovs, V., & Klava, D. (2012). Physicochemical characterization and microbiological safety of wheat bran-based raw materials. Latvian Journal of Chemistry, 4, 234–240.
- Ray, B., & Bhunia, A. K. (2013). *Fundamental Food Microbiology* (5th ed.). CRC Press.
- Roudier, P., Chabbert, B., & Berriot, M. (2010). Influence of moisture on the mechanical behavior of plant fibers: A review. Cellulose, 17(1), 237–249.
- Roussel, A.-M. (2017). Déficits en micronutriments dans le surpoids et l'obésité : conséquences métaboliques et cliniques. Médecine des Maladies Métaboliques, 11(8), 744750. https://doi.org/10.1016/j.mmm.2017.09.005

S

- Safi-Stibler, S. (2019). Mémoire métabolique et épigénétique des trajectoires pondérales maternelles préconceptionnelles, au cours du développement et à long terme (Doctoral dissertation, Sorbonne Université).
- Sakir, X., Dupont, M., & El-Mahdi, A. (2024). Impact of whole grain consumption on metabolic health: A comprehensive review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(5), 3042.
- Saulnier, L., Fincher, G. B., & Izydorczyk, M. S. (2007). Analytical methods for arabinoxylan quantification in wheat flour. Journal of Cereal Science, 45(2), 150–162.
- Scheen, A. J. (2021). Médicaments anti-obésité : leçons des échecs pour l'avenir. CHU Liège, Service de diabétologie, nutrition et maladies métaboliques. https://doi.org/10.1016/j.pcd.2021.10.001
- Scurt, P., & al. (2024). Association between obesity, metabolic syndrome, and chronic kidney disease: A population-based overview. European Heart Journal. Advance online publication.
- Shallangwa, S. M., Ross, A. W., Walker, A. W., & Morgan, P. J. (2024). Resident gut microbiota community determines the efficacy of soluble fiber in reducing adiposity.

Frontiers in Microbiology, 15, Article 1392016. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1392016

- Shoaib, A. et al. (2022). Prolonged isolated soluble dietary fibre supplementation in overweight and obese patients: A systematic review and meta-analysis. Nutrients, 14(13), 2627.
- Simpson, R. J., Peters, T. J., & Hider, R. C. (1981). Iron absorption: Biochemistry and implications for health. Clinical Science, 60(1), 83–90.
- Soheilipour, M., & Geram, M. (2024). Dyslipidemia as a metabolic marker in obesity: A clinical overview. Journal of Obesity and Metabolism, Article in Press.
- Son, L. H., Le, D.-H., Nga, V. B., Tu, P. V., To, T. V., Ha, L. S., Tao, Y., & Pham, V.-H. (2018). An update on obesity: Mental consequences and psychological interventions. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 13(1), 155–160. https://doi.org/10.1016/j.dsx.2018.07.015
- Souza da Cunha, L. V., Carvalho Ramos Salles de Oliveira, D.de Oliveira Cardoso, L.., Sartorelli, D. S., Xavier Peniche, B., de Araujo, B. B., ...& Padilha, P. D.C. (2024). The Association between Dietary Pattern, Obesity, and Glycemic Control of Children and Adolescents with Type 1 Diabetes Mellitus. Nutrients, 16(3), 364.

T

- Tchang, B. G., Aras, M., Kumar, R. B., & Aronne, L. J. (2024, August 20). Pharmacologic treatment of overweight and obesity in adults. In UpToDate. Wolters Kluwer. Retrieved from https://www.uptodate.com
- Tchernof, A., & Després, J.-P. (2013). Pathophysiology of human visceral obesity: an update. Physiological Reviews, 93(1), 359–404. https://doi.org/10.1152/physrev.00033.2011
- Than, T. A., et al. (2020). Obesity and risk of chronic kidney disease: epidemiological insights and mechanisms. Korean Journal of Internal Medicine, 39(5), 813–822.

V

- Verheggen, R. J. H. M., Maessen, M. F. H., Green, D. J., Hermus, A. R. M. M., Hopman, M. T. E., & Thijssen, D. H. J. (2016). A systematic review and meta-analysis on the effects of exercise training versus hypocaloric diet: distinct effects on body weight and visceral adipose tissue. Obesity Reviews, 17(8), 664–690. https://doi.org/10.1111/obr.12406
- Villeneuve, T., & Guilleminault, L. (2019). Asthme et obésité de l'adulte [Asthma and obesity in adults]. Dans C. Taillé & A. Cuvelier (Coord.), Série « Poumon et obésité » – Fascicule rouge (pp. xx–xx). Elsevier Masson. https://www.elsevier.com/openaccess/userlicense/1.0
- Vincent, H. K., & Heywood, K. (2012). Obesity and musculoskeletal disease: Biomechanics, risk factor, and rehabilitation. Physical Therapy, 92(9), 1321–1332. https://doi.org/10.2522/ptj.20110304

W

- Wang, Y., & Lobstein, T. (2006). Worldwide trends in childhood overweight and obesity. International Journal of Pediatric Obesity, 1(1), 11–25. https://doi.org/10.1080/17477160600586747
- Wennberg, M. N., & Zimmermann, M. (2006). Hyperfiltration in obesity-related kidney disease. Nephrology Dialysis Transplantation, 21(10), 280–286.
- Wolfe, B. M., Kvach, E., & Eckel, R. H. (2016). Treatment of obesity: Weight loss and bariatric surgery. Circulation Research, 118(11), 1844–1855. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.307591
- World Health Organization (WHO), & Food and Agriculture Organization (FAO). (2003).

Y

- Yang, K., Chen, J., Zhang, T., Yuan, X., Ge, A., Wang, S., … & Ge, J. (2022). Efficacy and safety of dietary polyphenol supplementation in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Immunology, 13, 949746.
- Yang, X., Zhang, J., Liu, Z., & Wang, L. (2022). Navigating the gut–liver axis: The potential of tea to alleviate liver injury. Journal of Functional Foods, 100, 105316.
- Yang, X., Zhang, L., & Wang, Y. (2001). Composition of wheat bran: Resistant starch and dietary fiber content. Journal of Cereal Science, 34(2), 123–130.
- Yao, W., Fan, M., Qian, H., Li, Y., & Wang, L. (2024). Quinoa polyphenol extract alleviates non-alcoholic fatty liver disease via inhibiting lipid accumulation, inflammation and oxidative stress. Nutrients, 16(2276).

Z

- Zare, T., Fournier-Level, A., Ebert, B., & Roessner, U. (2024). Chia (Salvia hispanica L.), a functional "superfood": new insights into its botanical, genetic and nutraceutical characteristics. Accepted: 30 July 2024.
- Zettel, V., Hitzmann, B., & Smith, J. (2021). Nutritional composition of chia seeds. Food Chemistry, 342, 128498.
- Zhang, L., Chen, Y., & Wang, H. (2023). Aerobic plate counts in dry infusions: significance and safety thresholds. Food Microbiology, 105, 104512.
- Zhao, Y., Zhang, J., Wang, J., & Chen, J. (2020). Insoluble dietary fiber from wheat bran alleviates hepatic steatosis by regulating lipid metabolism and inflammation in mice fed a high-fat diet. Food & Function, 11(2), 1508–1519.
- Zhou, B., et al. (2024). Worldwide trends in body-mass index and obesity. The Lancet, 403(10333), 956–967. • World Health Organization. (2023). Obesity and overweight: Health consequences. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight
- Zhou, B., et al. (2024). Worldwide trends in body-mass index and obesity. The Lancet, 403(10333), 956–967.
- Ziegler, O., Böhme, P., & Jacobi, D. (2018). Obésité de l'adulte. Nutrition Clinique Pratique (3ème édition) Chez L'adulte, L'enfant et la Personne âgée. Elsevier-Masson, 199-218.
- Zotova, E., et al. (2023). C-reactive protein as a biomarker of systemic inflammation: Implications for obesity and metabolism. Journal of Inflammation Research, 16, 1223–1234.

ANNEX DE START UP

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشيخ العربي التبس ي

عنوان المشروع:

تطويرمكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

مشروع لنيل شهادة مؤسسة ناشئة في اطارالقرارالوزاري 1275

الاسم التجاري

Fibra Slim

السنة الجامعية

2025 _ 2024

بطاقة معلومات:

حول فريق الاشراف وفريق العمل

1- فريق الاشراف:

فريق الاشراف	
المشرف الرئيس ي (01): الاستاذ ابراهيم بن عيشة	التخصص: علم السموم الخلوي

2- فريق العمل:

فريق المشروع	التخصص	الكلية
الطالبة: فحفازأمينة	بيوكيمياء تطبيقية	كلية العلوم الدقيقة علوم الطبيعة والحياة
الطالبة: مومن هديل	بيوكيمياء تطبيقية	كلية العلوم الدقيقة علوم الطبيعة والحياة

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

فهرس المحتويات

المحورالأول: تقديم المشروع

المحورالثاني: الجوانب الابتكارية

المحورالثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

المحورالرابع: خطة الإنتاج والتنظيم

المحورالخامس :الخطة المالية

المحورالسادس : النموذج الاولي التجريبي

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

المحورالأول: تقديم المشروع

مشروعنا يتمثل في «تطويرمكمل غذائي طبيعي وصحي يساعد على فقدان الوزن.انطلاقا من منتجات زراعية محلية ذات خصائص مثبتة علميا »

1. فكرة المشروع (الحل المقترح)

انطلقت فكرة المشرررروع ملا m **الاطلاع على تقاريرمنظمة الصححححة العالمية حول مشححححكلة السححححمنة**.والتي نصررت على ان ازيررد ملا **1,9 مليحداربححالا يعححانون من زيححادة الوزن** ملا بينهم **650 مليون شححححححححححححخص يعححانون من مشححححححححححححححكلحدة السمنة**.هذا الوضع لا يهدد فقط صحة الافراد بل يثقل كاهل المنظومات الصحية و الاقتصادية في العالم .

و مع التزايد المستمر لهذه المشكلة **تزايد الاهتمام بالبحث عن حلول سريعة لانقاص الوزن دون مراعات حجم الخطورة المتعلقة بهذه الحلول (ابرالتنحيف, عمليات التكميم , بعض االادوية .....).**

بررالنظر ارى م م المشرررررررررررركلررة و طودة لع xlحلومm المترردراولررة **انطلقحدف فكرة البححث عن بحديحل فعحال وامن لادارة** الوزن وبعد تحليل سرررررررررررلوك المسرررررررررركهل; تب ن ان هناك **طلب متزايد على المكملات الغذائية وخاصححححححححة المكملات (المستخلص النباتي والعشبي)**

اثناء مرحلة البحث توصرررررررلنا ارى ث م مواد محلية اثبات الدداسرررررررات فعاليكها في ب, الشرررررررررهيةc تعديل الاي وادادة الوزن.

وملا هنررا انطلقررت فكرة تطوير مكمررل غررذائي طبياي لادادة الوزن مسرررررررررررررررتخل ملا (نخررالررة القم,, برزدود الشرررررررررررررررريررا والشاي الا ضر)

2. القيم المقترحة

- يتمثل المشرررروع في تطوير مكمل غذائي طبياي مو ل لدعم فقدان الوزنc تعتمد على مكونات زداعية محلية مثل **نخالة القمح**c بذورالشححححححححححححاي والشححححححححححححاي الأخ **حححححححححححر**. هذا المنتج يجمع ب ن **الفعالية، الأمان، والابتكار**c ليقدّم بدي **الا عمل ايا عن المكملات الكيميائية المستوردة.**
- يقوم المشرررررررررررروع **على تركيبة مبتكرة وغيرمسححححححححححح;هلكة** على نطاق واسرررررررررررررعc تعتمد **على مخلفات زراعية قيمة** (نخالة القم,)c مما ي **في طاب اعا بيئ ايا وتجديد ايا للمنتج.**
- تم ا تياد المكونات على أسررررار, **دراسححححات علمية أثبات قدرتها على تنظيم الشححححححيهc دعم الأيضc والمسححححاهمة في خفض الكتلة الدهنية بفعالية.**

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

- يمكلا **تكييف شحكل المنتج** (بسررولاتc مقررحوقc مشرررو) **اضححافة وبعض المكونات** (فيتامينات cبروبيوتي;) **ليتلائم مع احتياجات المس;هلك .**
- بفضررل **تعدد قنوات التوزيع** (صرريدليات c مح ت بيولو يةc منصررات دقميةc مواقع التواصررل الا تما ي)c يمكلا للمسكهل; اقتناء المنتج لسهولة أينما كان.
- الاعتماد على مواد أولية **محلية ومنخف حححححة السححححححc** مثل نخالة القمc تسرررراهم في تقليل التكاليو اللو سررررراية والإنتا ية.
- يُقدَّم المنتج **بسححححححمدروسc متناسححححححب مع القدرة الشححححححرائية للمسححححححح;هلك** xl زائريc دون التنازm علا xl ودة أو الكفاءة .
- يُصرررررررررررمَّم المنتج **بتثليف عملي وجحدا** c يراعي **معدليرالتظحافحدة وسحححححححححححححهولحدة الاسححححححححححححححتخحدام**c مررا تعزز قرراليررة التبغي **والتوصية** ملا طرف العم ء
- المنتج لا يقتصر على فقدان الوزن فقطc بل تساهم أيضًا في تحس ن نمط xlحياة ملا m تقليل الشهية وتعزيز الهضم

فريق العمل

تم تقسيم فريق العمل rlc مرحلت ن اساسيت ن لضمان التددج المنطقي للمشروع :

المرحلة الاولى :التح يروالتطوير

_ تضم (قحفاز امينة) و زميلتي (مومملا هديل) طالبت ن في تخص البيو يمياء التطبيقية.

نعمل في هذه المرحلة على xl وانب الاساسية التالية :

- البحث العلمي حومm السمنة والمكم ت الغذائية.
- دداسة التر يبة المثالية للمكمل باعتماد نخالة القمc,بذود الشياcوالشاي الا ضر.
- اعداد تجاد مخبرية اولية وتحليل مكونات المواد الاولية .
- وضح طة اولية للاسويق المبغي على تحليل سلوك المسكهل;.

المرحلة الثانية: التوسيع والتطبيق الميداني

سيتم فيها اشتراك مختص ن اضافي ن حسب اxحا ة:

- تقغي في مراقبة xl ودة لضمان س مة المنتج و احترام المعاي ر الغذائية.
- ب ر في التغذية لتقييم الفعالية الغذائية للمكمل.
- مصمم و مسوق للمساعدة في تصميم التغليو وبناء الهوية البصرية و الترويج الرقمي.
- مساشاد قانوني /ادادي لدعم تق يل المنتج و ضمان احترام القوان ن التنظيمية.

3. أهداف المشروع

- ✓ تطوير مكمرررل غررذائي طبياي فعررام واملا للمسررررررررررررررررراعرررردة على فقرردان الوزن cتعتمررررد على مكونررررات غرررذائيررررة محلية.
- ✓ الوصروm srl حصرة **سحوقية تنافسحية تدريجية تقدر 10%** ملا سروق المكم ت xlاصرة بقدان الوزن في xl زائر **خلال الخمس سنوات الاولى** cمع امكانية **التوسع مستقبلا نحوالسوق المغاربي.**
- ✓ اط ق وحدة انتاج مصررغرة في ولاية تبسررة لتثم ن المواد الاولية اةحلية و تقليل التكاليو اللو سرراية cمع الالتزام باعلى معاي ر xl ودة والتغليو و الس مة الصحية .
- ✓ اعتمرررراد اسرررررررررررترانيجيررررة شحححححححححوريقححححة متعحححددة القنوات (مبرررراشررررررررررررررة cالكترونيررررةcوعبر شرررررررررررريكرررات التواصررررررررررررررل الا تما ي)ملا ا ل بناء ع مة تجادية موثوقة والوصرررررروm srl شررررررررائ, واسررررررعة ملا المسررررررركهلك ن الباحث ن علا حلوm طبيعية و فعالة.
- ✓ **خلق فرص عمححل** محليررررة **وتمكين فريق شحححححححححححححا من محلحححة الشححححححححححححهححادات في مجححالات عححدة**(بيو يميررررراء cالاسويق التغذية) مع الاعتماد على التدديب والتطوير المستمر.

4. جدول زمني لتحقيق المشروع:

الاشهر

	01	02	03	04	05	06	07	08
_ اعداد الدراسة التقنية والمالية _ دراسة السوق واحتياجات المس;هلك _صياغة التركيبة الاولية للمكمل الغذائي	✓							
_تجهيزالوثائق والحصول على تراخيص		✓	✓					
_طلب وتوصيل التجهيزات			✓	✓				
_بناء وتجهيزمقرالانتاج				✓	✓	✓		
_تركيب المعدات						✓	✓	
_تدريب الطاقم وشراء المواد الاولية							✓	
_اول انتاج واختبارات الجودة								✓

المحورالثاني: الجوانب الابتكارية

ابتكارسوقي (Innovation de marché)

يتمثررل في تقرديم منتج ررديررد للسررررررررررررروق xl زائري ٥و هو مكمررل غررذائي طبياي لفقرردان الوزن ٥مع اعررادة تثم ن لمواد محلية.

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

الابتكاد: سررررررررد فجوة سررررررررروقية (انتاج مكم ت غذائية محليا) بالا فئة المكم ت الغذائية النباتية والعشرررررررررية c بديل للمكم ت الكيميائية المستوددة.

ابتكارمتزايد (Innovation incrémentale)

يقوم المشرررروع على تحسرر ن تر يبات غذائية معروفة c ولكلا عبر دمجها بطريقة ديدة (نخالة القم, +بذود الشرريا +الشاي الا ضر) واعادة تكييفها ضملا منتج محلي و صحي.

الابتكار :تحس ن القيمة الغذائية و الاستفادة القصوى ملا كل مكون مع تقديمل بصيغ عملية (مقحوق , بسولات.....)

المحورالثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

تحديد السوق المحتمل: كل شا تعاني ملا زيادة في الوزن او السمنة و يبحث علا حل لادادة الوزن.

تحديد السوق المس;هدف: الاشاص الذيلا تعانون ملا زيادة الوزن او السمنة ويبحثون علا بدائل امنة وصحية لادادة الوزن.

سبب ا تياد هذا السوق :

- التزايد المستمر لمشكلة السمنة عالميا.
- زيادة الو ي الصحي و زيادة الاقبالm على المنتجات الطبيعية xlالية ملا الاضافات و المواد الكيمياوية
- سوق المكم ت الغذائية العشبية والنباتية تعتبر الا ثر دبحا والاعلى ايرادات مقادنة بالمكم ت الغذائية الا رى

قياس شدة المنافسة

المنافسين المباشرين :

في السوق xl زائري لمكم ت فقدان الوزن ,يتمثل ابرز المنافس ن في مجموعة ملا المنتج ن اةحلي ن والمستوديلا ,وقد تم ترتيبهم حسب نسب حصصهم السوقية كالتاري :

- الشحححححححححححححححححححححركات المسححححححححححححححححححححتثرية: والتي تبلغ حصررررررررررررركهرا السررررررررررررروقيرة 50% ملا أشررررررررررررهر الع مرات التجرادية Herbalife و Slim&,Fit

- **المنتجون المحليون** :تقدد حصكهم في السوق **35%** اشهرهم :

(Vita slim, Herbo Slim, Phyto Pharma, Bio Nature, Laboratoire EL Amel)

- **القنوات الغيررسمية (منتجات تباع عبرالانترنف ,محلات عامة اووسطاء)**والتي تمثل **15%**

من بين نقاط قوتهم :شهرة الع مة التجادية ,حم ت تسويقية قوية ,سهولة الوصوm اليهم ,شبكات توزيع واسعة. **من نقاط ضعفهم:** اسعاد مرتفعة ,تحتوي على مواد يميائية , او تر يية طبيعية زئيا ,اثاد انبية محتملة. **المنافسين الغيرمباشرين :**

- **الادوية الكيميائية لانقاص الوزن**

مثل Orlistatو Xenical نسبة توا دهم في السوق تتراوح ب ن **10%** الى **15%**

تكمن نقاط قوتهم في : تاث ر مباشر و سريع ,تعطى بوصفة طبية.

وتكمن نقاط ال عف في :اثاد انبية ,ضرودة الاساشادة الطبية وغ ر مناسبة x ميع xlحالات

- **ابرالتنحيف المستوردة:**

مثل (**Saxenda , GLP-1 analogues**) ادتفعت نسب توا دهم لتصل rlى **8%**

تكمن نقاط القوة في :فعالية عالية على المدى القص ر ,تسويق دقمي قوي

وتكمن نقاط ال عف في :سعر مرتفع دا,تاث رات انبية ط رة ,غ ر مناسبة ل ستخذام الطويل

- **الانظمة الغذائية القاسية** : مثل الريجيم الكيتوني ,الصيام المتقطع مناشرة في اة تمع

اصة ب ن الشبا و النساء

تكمن نقاط القوة في :لا يو د لها تكلفة مباشررررررررررة و يمكلا للمسررررررررركهل; التحكم في تكلفكها ,الاعتماد على الغذاء الصحي

وتكمن نقاط ال عف في :ايجاد صعوبة في الالتزام و نتائج غ ر دائمة

- **النوادي الرياضية والمدربون الشخصيون :**

متوا دون بكثرة اصة في المدن الكبرى

تكمن نقاط قوتهم في: تحس ن الصحة العامةc تأث ر شامل على xl سم

وتكمن نقاط ضعفهم في: كلفة شهرية مرتفعةc تحتاج وقتا طوي c غ ر مجدية وحدها دون نظام غذائي

استراتيجية التسويق:

في اطاد تسويق منتجنا الطبياي المو ل لفقدان الوزن ,نعتمد على استراتيجية تسويقية فعالة تا ذ لع ن الاعتباد محدودية الموادد المالية مع ضمان توازن عناصر المزيج الاسويقي نر ز اولا على ابراز القيمة الصحية والوظيفية للتر يبة الطبيعية التي تعتمد على نخالة القم, ,بذود الشيا والشاي الا ضرر,ما يم ز المنتج كونل بدي امنا علا المنتجات الكيميائية.

من حيث التسعير :نطبق سياسة تسع ر تنافسية مددوسة ,مدعومة بتكاليو انتاج منخفضة نايجة الاعتماد على مواد اوليةمحلية , ما نقترح عروضا ترويجية مغرية في مرحلة الاط ق x ذ الزبائلا.

اما بخصوص التوزيع :فنر ز على قنوات منخفضة التكلفة وواسعة الاناشاد,علا طريق اط ق حم ت ترويجية عبر مواقع التواصل الا تما ي , التعاون مع مؤثريلا محلي ن في اة ml الصحي و نشر محتوى تثقيفي حوm فوائد المنتج و تجاد المستخدم ن مع اسكهداف نقاط بيع متخصصة كالصيدليات و نوادي الرياضة,مح ت بيع المنتجات العضوية مما يخلق ديناميكية فعالة بتكاليو معقولة ويعزز ملا حضود المنتج في السوق xl زائري تدديجيا.

المحورالرابع :خطة الإنتاج والتنظيم

❖ عملية الانتاج

تمر عملية انتاج المكمل الغذائي الطبياي لعدة مراحل متكاملة تضملا xlاحفاظ على ودة المكونات وفعالية المنتج النهائي:

1) **افتتحاء المواد الاوليحة** :يتم التزويرد بنخرالرة القم, ملا مطراحلا معتمردة (مصرررررررررررررنع المر ران الرذه ي ب ر العراتر- تبسررة) و اقتناء بذود الشرريا والشرراي الا ضررر ملا موددیلا محلي ن وي ثقة.ثم تخزن المواد في بيئة افة و امنة وفق معاي ر الس مة الغذائية.
2) **التح يروالمعالجة الاولية** :تبدا بالتنظيو والغربلة لازالة الشوائب يليها الطحلا.
3) **التركيحب** والمزج:يتم تحرردیررد النسررررررررررررررررب الررردقيقررة للمكونررات بنرراءا على الصررررررررررررررريغرة العلميرة المعتمررردة ,ثم تمزج لشكل متجانس.

4) **التكييف والتشكيل**: في شكل بسولات (ل ستخدام السهل)

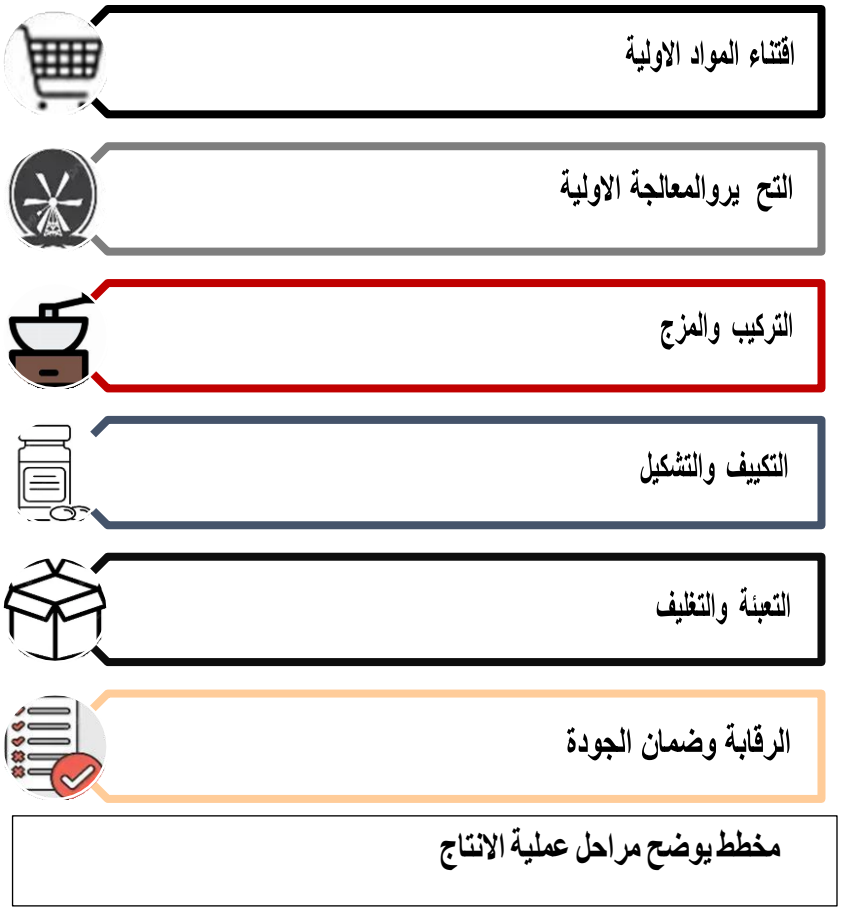
5) **التعبئة والتغليف** :يتم تعبئة المنتج وفق معاي ر HACCP و تسررررررررررررتعمل عبوات مقاومة للرطوبة والضرررررررررررروء ثم يوضع الوسم الغذائي (المكونات ,xl رعة ,التحذيرات)

6) **الرقابة وضمان الجودة :**

ملا m تحليل مخبري لكل دفعة انتاج. توثيق كل مرحلة

لضمان التابع.

عة دودية للمعاي ر المعتمدة.



مخطط يوضح مراحل عملية الانتاج

❖ **التموين:**

تعتمد سياسة الشراء **على اقتناء المواد الاولية كل اربعة اشهر** مع xlحرص على شراء ميات كافية لتغطية احتيا ات الانتاج لمدة ستة اشهر و لم; تحسبا لاي تقلبات او نق محتمل في التوزيد بمواد اولية **مع الاعتماد على موردين محليين موثوقين** لشراء المواد الاولية :نخالة القم, ,بذود الشيا والشاي الا ضر ومواد التغليو : الكبسولات.

❖ **اليد العاملة:**

مشروعنا تساهم في لق حوا**ر**ي8 **مناصب عمل مباشرة** تشمل **تقنيي انتاج,اعوان مر اقبة جودة ,مسؤول اداري ومكلف بالتسويق والتوزيع**. ما يولد فرص عمل غ ر مباشرة ملا m الاستعانة بالمومديلا اةحلي ن,شركات التغليو و النقل.يحتاج المشروع ا**ر**ى يد عاملة متخصصة في مجالات **(البيوكيمياء, التغذية,الصناعات الغذائية وتقنيات التسويق)**

❖ **الشراكات الرئيسية :**

تتمثل ابرز الشراكات في مشروعنا في **الموردين المحليين**,نظرا لدودهم اةحودي في ضمان استمرادية التمويلا بالموادد بالاضافة ا**ر**ى **حاضنة الاعمال الجامعية** والتي تقدم دعما و متالعة اولية مع تقديم الادشاد التق**غ**ي و التجادي ا**ر**ى انب **تعاون مع المعهد الوطني للقياس والحفاظ على جودة المنتجات** لضمان مطابقة المنتج للمعاي ر المطلوبة. ما نمل; التزامات قوية ملا **المؤسسة الممولة بالتجهيزات المتطورة** فيما يخ التكويلا و الصيانة.

الملحق رقم 04: نموذج العمل التجاري

الشركاء الرئيسون	الأنشطة الرئيسية	القيمة المقترحة	العلاقة مع العملاء	العملاء
• شر ة **"المرجان الذهبي"** لإنتاج السميد والدقيقc بصفكها المودد الرئيس ي لنخالة القم, (شريz زدا ي محلي). • **موردون محليون** لشراء الشاي الأ ضر وبذود الشيا (موزعون باx ملة أو أسواق المنتجات الطبيعية). • **مختبرلمر اقبة الجودة** لضمان س مة وفعالية المكمل الغذائي • **اخصائيون في التغذية والصحة** (مثل أ صائيي التغذية أو اlحمية) للمصادقة على المنتج وضمان م ءمتل الصحية • وكالات تسويق دقمي للترويج للمنتج وضمان أقص ى قدد ملا الظهود. • نقاط توزيع أو متا ر متخصررررررررصررررررررة في المنتجررررات الطبيعيررررةc لاسررررررررررررررهيررررل وصولm المنتج إرى المسكهلك ن	❖ **بحث والتطوير :**إعداد تر يبة المكمّل الغذائيc إ راء تحاليل غذائية معمّقةc تنفيذ ا تبادات الثبات لضمان ودة المنتج مع مرود الوقتc والتحقق العلمي ملا فعاليتل وس متل ❖ **مر اقبة الجودة :**إ راء تحاليل ميكروبيولو ية والتحقق ملا مطابقة المنتج للمعاي ر المتعلقة بالس مة ❖ **التزويد :**ا تياد وشراء المواد الأولية (نخالة القم,c بذود الشيا الشاي الأ ضر) ملا موديلا موثوق ن ❖ **الإنتاج :** لط المكوناتc تحض ر xl رعاتc	✦ مكمّل غذائي **طبيعي 100**٪ مخص لفقدان الوزن ✦ مُحضّر أساسًا ملا نخالة القم,c بذود الشيا والشاي الأ ضرc وهي مكونات معروفة **بتأثيرها المشبعc الحارق للدهونc والمزيل للسموم** ✦ **بديل محليc صحي وخالٍ من الإضافات الكيميائية** مقادن ةً بالمنتجات الصناعية للتنحيو ✦ تساعد **على تقليل الشهيةc وتحسين عملية اله م** (العبود المعوي)c ودعم معدm الأي الأساس ي	❖ اقامة ع قة **مباشرة** مع الزبون ملا m **المشاركة الفعّالة في المعارض الدولية** المتخصصة في المنتجات الطبيعية والابتكادات في مجالm التغذية الصحية ❖ **المشاركة في حملات التوعية** حومm **مشكلة السمنة** c ملا تثقيو xl مهود والترويج للحل الطبياي,في نفس الوقت ❖ **إنشاء مجتمعات تفاعلية** على **مختلف منصات التواصل الاجتماعي** بهدف التعريو بالمنتج لدى مهود واسع ومحدد.	❖ ع قة ثقة قائمة على الشفافية و ودة المنتج ❖ مرافقة شاصية ملا m تقديم نصائ, استخدام وتوصيات غذائية ❖ **تفاعل نشط مع الزبائن** عبر وسائل التواصل الا تما ي **(فيسبوك، إنستغرام، واتسا)** ❖ دمة ما لعد البيع سريعة الاستجابة للرد على الأسئلة و مع آداء وتجاد المستخدم ن ❖ العمل على تأسيس مجتمع فعّالm تش ع على فقدان الوزن زعلى تبeي نمط حياة صحي

	وتغليفها إما في شكل بسولات أو أ يا,دحسب الشكل اةاتا ❖ **التغليف** :تعبئة صحيةc ووسم (إتيكيت) مطابق للمعاي ر التنظيميةc وتصميم ذا يتماش ى مع متطلبات السوق	✦ منتج مُصمَّم وف اقا **لمعاييرجودة عاليةc سهل الوصول ومُناسب لنمط حياة المس;هلكين الجزائريين** ✦ . حل طبياي لمرافقة الأشاالص الذيلا تعانون ملا زيادة الوزن في مساد فقدان الوزنc **دون أي خطرعلى الصحة**	❖ **نشرنصائح** متعلقة **بفقدان الوزن والصحة الغذائية** ❖ **تشجيع تبادل التجار بين المستخدمين** ملا أ ل تعزيز التفاعل والولاء للع مة التجادية.	
	الموارد الرئيسية	**القنوات**		
	مكونات استراتيجية مختارة بعناية : ❖ **الموارد المادية:** **نخالة القمح** ملا مؤسسة عائلية محلية "المر ان الذه ي Al	➢ **قنوات التواصل** **اطلاق حملات ترويجية على وسائل التواصل الاجتماعي** تسكهدف الأشاالص الذيلا تعانون ملا زيادة الوزن ومح ي المنتجات الطبيعية (فيسبوكc إنستغرامc		

	Zahabi Morjan El تزويد محلّي منتظم وموثوق .بذورالشيا والشاي الأخ ر ملا مودديلا مختص ن في المنتجات الطبيعية عالية xl ودة **المعدات اللازمة للإنتاج :** معدات للالط وتجه زات للتغليو الصحي و ومساحة تخزيلا مطابقة لمعاي ر حفظ المكم ت الغذائية. ❖ **الموارد البشرية:** فريق متعدد التخصصات يتكوّن ملا: **مطوّري منتجات** يمتلكون برة علمية وتغذوية. **مختصين في مر اقبة الجودة** لضمان مطابقة المنتج للمعاي ر. **خبراء في التسويق الرقمي**	تي; توك). **انتاج محتوى تثقيفي** منشودات و مقاطع فيديو و شهادات زبائل و ونصائ, غذائية شراكات مع مؤثّريلا محلي ن في مجال الصحة والتغذية لتعزيز الرؤية وزيادة الاناشاد ➢ **قنوات التوزيع البيع المباشر** عبر صفحتنا الرسمية والمتجر الإلكتروني (الموقع الإلكتروني و متجر فيسبوك و واتسا بزنس). **إدراج المنتج في الصيدليات، محلات الأعشا ، ومتاجر المنتجات البيولوجية. إلتعاون مع قاعات الرياضة ومراكزالرفاهية**)ملا m بيع المنتج ضملا عروض مخصصة أو تقديمل ضملا التوصيات.		

	والتواصل مع العلامة التجارية. **فنّيين ومشغّلين تقنيين** مسؤول ن علا xl وانب اللو ساية ❖ **الموارد المعنوية:** **تركيبة حصرية** تم تطويرها بناءً على متالعة علمية وتغذوية معمقة. **صورة العلامة التجارية** قيد البناءc قائمة على قيم الطبيعيةc الفعاليةc وسهولة الوصولm. **التراخيص الصحية** **والتوافق التنظيمي** في طود الاعتماد ❖ **الموارد المالية**	**المشاركة في المعارض المحلية أو الفعاليات المرتبطة بالصحة والتغذية** ➢ **قنوات التوصيل** **التوصيل إلى المنزل** عبر دمات .(اللو ساية محلية)مثل ياليديلاc cZR Expressوغ رها **الاستلام من نقاط التوصيل الشريكة** أو ملا متجر فعلي في حالm تطويره على المدى الطويل		

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

	مساهمة أولية من العائلة مكّنت ملا إط ق المراحل الأو٢ى ملا التر يب٢ والا تباد٢ والتغليو. **آفاق تمويل مستقبلية** عبر برامج الدعم xl اماي أو حاضنات المشاديع الناشئة في مجالات الصحة والرفاهي			
	مصادر الايرادات	**التكلفة**		
	تم تقدير هيكل الإيرادات لفترة الإطلاق الأولى التي تمتد لح6 أشهر، استنا ادا إلى بيع 10000 وحدة **60٪ ملا البيع المباشر بالتجزئة :(B2C)** بيع الوحدات لشكل	هيكل التكاليو قدّ على أسا, إنتاج 10000 وحدة.لفترة الاط ق الاو٢ى التي تمتد 6m اشهر قددت كلفة المواد الاولية : نخالة القم, , بذود الشيا والشاي الا ض : **904,500**الأولية اي حوا٢ي **904** ديناد زائري		

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

			فردي عبر وسائل التواصل الا تما ي cWhatsApp Business والموقع الإلكتروني (عند إط قل). **30٪ ملا البيع بالجملة (B2B):** توف ر ميات ب رة للصيدليات العطّاديلا قاعات الرياضة ومح ت المنتجات الطبيعية. **5٪ ملا المشاركة في المعارض المحلية / الأسواق الطبيعية:** البيع المباشر في ع ن المكان والتواصل مع المسكهلك ن لتعزيز الرؤية والسمعة. **5٪ ملا الخدمات المكملة أوالمنتجات المشتقة (خيارقابل**	قددت كلفة التعبئة والتغليو **836 000 اي 83 دج**

			للتطور): أمثلة: ودشات تغذية، نصائ, شاصية، عينات مغلّفة، توسعات مستقبلية (شاي ديتوس، ألواح غذائية صحية...).	

المحورالخامس: الخطة المالية PLAN FINANCIE

مصادرالتمويل

مصادرالتمويل	المبلا(دج)
الاموال الخاصة بصاحب المشروع	500 000
دعم الحاضنة الجامعية	1000 000
مساعدة من الوزارة الوصية	1500 000
تمويل خارجي (الشراكات والمسابقات)	30000 000
المجموع العام	33 000 000

- **مصاريف التشغيل السنوية**

	استخدام الموارد المالية	المبلا (دج)
01	اس;هلاك الكهرباء	240 000
02	اس;هلاك الماء	360 00
03	اس;هلاك الغاز	24 000
04	تكلفة الايجار	120 0000
05	مواد تعبئة وتغليف	48 000
06	ادوات مخبرية	15 000
07	صيانة دورية للمعدات	10 000
08	الاتصال والانترنف	12 000
09	نقل وتوزيع	18 000
10	نفقات متفرقة	5 000
المجموع النهائي		1608 000

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

- التكاليف التأسيسية**(Coûts de lancement)**

العنصر	الكمية	السعر للوحدة (دج)	السعرالاجمالي (دج)
معدات طحن أولي للمواد الخام (طاحونة + خلاط + غربال)	1	700,000	700,000
ميزان دقيق + أدوات تح ير	1	20,000	20,000
أدوات التعقيم والتخزين	قفازات، أوعية، معدات متنوعة	15,000	15,000
طابعة ملصقات احتر افية	1	20 000	20 000
تسجيل النشاط والعلامة التجارية	CNRC + ONDA + CASNOS		30,000
أول حملة ترويجية	صور+ عينات تجريبية		10,000
المجموع الإجمالي لتكاليف الإطلاق			630 000

- **الموارد الأساسية (المواد الأولية)**

المادة	الكمية	السعرالاساس ي	السعرالاجمالي (دج)
نخالة القمح	3600 Kg	18 DA / Kg	64 800
بذورالشيا	2160 Kg	650 DA / Kg	1 404 000
الشاي الاخ ر	720 Kg	600 DA /Kg	432 000
حمض الاسكوربيك	5000 g	800 DA/100 g	40 000
توكوفيرول	5000 g	1000 DA/100 g	50 000
Lécithine صويا	36000g	500 DA/100 g	180 000
الكلفة الاجمالية للمواد الاولية			2 170 800

- **التعبئة والنقل**

العناصر	الكمية	السعر الاساس ي	السعر الاجمالي (دج)
كبسولات نباتية	720 000	300 DA/1000	216 000
علب بلاستيكية	24 000	10 DA	240 000
الملصقات	24 000	15/DA	360 000
ثمن التوصيل والنقل	تقريبي		00 200 دج

السعر الاجمالي لمصاريف التعبئة والنقل	**836 000 دج**

- **التكاليف التشغيلية الاجمالية السنوية**

العنصر	المبلا (دج)
المواد الاولية	2 170 800
التعبئة والنقل	836 000
نفقات التشغيل	100 000
مصاريف التشغيل السنوية	1608 000
المجموع السنوي	4 714 800

- الإيرادات السنوية **(Revenus annuels)**

العنصر	القيمة
عدد العبوات المنتجة	24 000
تكلفة انتاج العبوة الواحدة	196 DA
سعرالبيع للواحدة	650 DA
هامش الربح للعبوة الواحدة	454 DA
هامش الربح السنوي	10 896 000 DA
الإيراد السنوي الإجمالي	15 600 000 DA

الجدول (01): رقم الأعمال الإجمالي (Chiffre d'affaires global

السنة	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4
الكمية	_	_	24 000	36 000	46 800	59 904	70 087
السعرHT	_	_	650 دج	650 دج	675 دج	675 دج	680 دج
المبيعات	_	_	15 600 000 دج	23 400 000 دج	31 590 000 دج	40 435 200 دج	47 659 160 دج
الرقم الاجمالي	_	_	15 600 000 دج	23 400 000 دج	31 590 000 دج	40 435 200 دج	47 659 160 دج

الملحق:(02) جدول الايرادات السنوية

عنوان المشروع: تطوير مكمل غذائي محلي لدعم فقدان الوزن باستخدام مكونات طبيعية فعالة

بالدينار الجزائري (دج)	N -2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4
المبيعات	_	_	15 600 000	23 400 000	31 590 000	40 435 200	47 659 160
الإيرادات الثانوية	/	/	/	/	/	/	/
غيرالمخزون (منتجات تامة الصنع وتحف التصنيع)	/	/	/	/	/	/	/
الإنتاج المثبف (رأس المال المنتج)	/	/	/	/	/	/	/
إعانات الاستغلال	/	/	/	/	/	/	/
إنتاج السنة (مبيعات + منتجات أخرى)	/	/	15 600 000	23 400 000	31 590 000	40 435 200	47 659 160
المشتريات المس;هلكة (مواد أولية)			2 170 800	3 256 200	4 233 060	5 418 316	6 339 396
الخدمات الخارجية ومصاريف أخرى (تغليف، نقل، تشغيل)			2 544 000	3 816 000	4 960 800	6 349 824	7 429 222
الاس;هلاك خلال السنة (مشتريات + خدمات)			4 714 800	7 072 200	9 193 860	11 768 140	13 768 618
القيمة الم افة التشغيلية (الانتاج-الاس;هلاك)			10 885 200	16 327 800	22 396 140	28 667 060	33 890 542
تكاليف الاجور			200 0000	200 0000	212 0000	212 0000	218 0000
ال رائب ,الرسوم			/	/	/	/	/
الفائض الخام من الاستغلال (القيمة الم افة –اعباء الموظفين-ال رائب)			8 885 200	1 4 327 800	20 276 140	26 547 060	31 710 542
ايرادات تشغيلية اخرى	/	/	/	/	/	/	/
مخصصات للإهلاك والمؤونات	/	/	/	/	/	/	/
النتيجة التشغيلية(الفائض الخام من الاستغلال+ ايرادات تشغيلية اخرى – مخصصات للاهلاك والمؤونة)			8 885 200	1 4 327 800	20 276 140	26 547 060	31 710 542
الايرادات الناتجة عن الانشطة المالية	/	/	/	/	/	/	/
النفقات المالية	/	/	/	/	/	/	/
النتيجة المالية (الايرادات المالية-النفقات المالية)	/	/	/	/	/	/	/

النتيجة العادية قبل ال ريبة (النتيجة التشغيلية+ النتيجة المالية)			8 885 200	1 4 327 800	20 276 140	26 547 060	31 710 542
ال ريبة المستحقة على النتيجة العادية	/	/	/	/	/	/	/
ال ريبة المؤجلة(الفارق)	/	/	/	/	/	/	/
اجمالي ايرادات الانشطة التشغيلية العادية			8 885 200	1 4 327 800	20 276 140	26 547 060	31 710 542
اجمالي اعباء الانشطة العادية (المشتريات + الخدمات)			4 714 800	7 072 200	9 193 860	11 768 140	13 768 618
صافي ربح الانشطة التشغيلية العادية			8 885 200	1 4 327 800	20 276 140	26 547 060	31 710 542

المحور السادس: نموذج العمل الاولي Prototype

