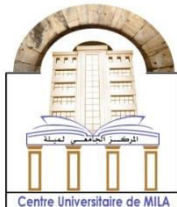


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master
(Start-up)**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Extaction des protéines végétales pour la fabrication d'un
complément alimentaire**

Préparé par :

➤ **BELBEDROUNE Roumaissa**

➤ **BELAIDI Karima**

➤ **BOUKHALFA Alaeddine**

➤ **BENALI Yaser**

Promotrices:

➤ **Dr. BELATTAR Hakima**

➤ **Dr. BOUSMID Ahlem**

Devant le jury :

Dr. HIMOUR Sara

M.C.A

Présidente

Dr. BENMAKHLOUF Zoubida

M.C.A

Examinatrice

Dr. DAOUDI Hamza

M.C.A

Expert de l'incubateur

Représentant de la Direction de la Santé

Année Universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

*Louange et gratitude à **Dieu** Tout-Puissant, qui nous a permis d'achever cette étape importante de notre parcours dans le monde du savoir et de la connaissance.*

Nous Lui demandons que ce succès soit le prélude à d'autres réalisations plus grandes encore, et qu'Il nous accorde la réussite pour la suite de notre chemin scientifique et professionnel.

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à Dr. **BELATTAR Hakima** et Dr. **BOUSMID Ahlem**, pour leur encadrement précieux, leur suivi rigoureux et leurs conseils éclairés qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements vont également à la Présidente du jury Dr. **Boukeria Sabah**, à l'examinatrice Dr. **HIMOUR Sara**, ainsi que l'expert de l'incubateur Dr. **BOUDARDJI Ramzi**, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce mémoire et pour leurs observations constructives. Ils trouvent ici l'expression de notre plus haute considération.*

*Nous exprimons aussi notre grande gratitude à Madame **ZYNEB, Madame KOUICEM Khadidja** et Madame **HARICHE Wahiba**, pour leur disponibilité, leur bienveillance et leur soutien généreux tout au long de ce projet. Qu'elles trouvent ici l'expression de toute notre reconnaissance.*

Nous n'oublions pas de remercier l'ensemble de nos enseignants, pour la qualité de leur enseignement, leur accompagnement tout au long de notre formation, et pour avoir su éveiller en nous la passion du savoir.

À nos camarades et amis, qui ont partagé avec nous cette aventure entre fatigue, pression, rires et joies : merci pour ces instants inoubliables et ces souvenirs gravés à jamais dans nos mémoires.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes, de près ou de loin, ayant contribué à la réussite de ce travail.

Recevez chacun et chacune l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicace

Mes remerciements vont tout d'abord à **ALLAH**, pour la volonté et la patience qu'Il m'a accordées tout au long de ces années d'étude, et grâce auxquelles j'ai pu atteindre ce stade important de ma vie.

Du fond du cœur, je dédie ce travail :

À mon cher père, **DJAMEL**, et à ma belle-mère, **FATIMA**, pour leur soutien indéfectible, leur amour et leur présence constante tout au long de mon parcours.
Je leur adresse mes vœux de santé, de bonheur et de longue vie.

À mes chers frères : **SADDEK, ABDELDJALIL** et **ABDERRAHIM**, ainsi qu'à mon cher ami **ANIS**, pour leur encouragement permanent.

À mon amie très chère, **CHOUROUK**, et à toute sa famille, pour leur affection et leur bienveillance.

À mon défunt frère **ISSAM** et à mon ami **OUSSAMA**, que **Dieu** leur accorde sa miséricorde et les accueille parmi les habitants du Paradis.

À mes oncles, mes tantes, et à toute la famille **BENALI**, pour leur amour et leur soutien.

À mes amis : **AMINE, SOUHAIB, AHMED, KHIREDINE**, pour leur amitié sincère.

À mes collègues : **ALAEDDINE, ROUMAISSA** et **KARIMA**, avec qui j'ai partagé des moments précieux.

À mes encadrants, le Dr **BELATTAR Hakima** et Dr **BOUSMID Ahlem.**, pour leurs conseils, leur encadrement rigoureux et leur précieux soutien.

Et enfin, à toutes les personnes, de près ou de loin, qui m'ont aidé, soutenu ou encouragé tout au long de cette belle aventure.

À vous tous, j'adresse ma profonde reconnaissance.

YASER



Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.
Louange à Dieu, qui a enseigné par la plume, qui a instruit l'homme de ce qu'il ne savait pas. Louange et gratitude à lui pour le don de la raison, du savoir, et pour l'aide et la guidance reçues à chaque étape de ce parcours.

À Celui par qui commencent les plus belles histoires, et par qui s'achèvent les plus nobles réalisations...

À **Dieu**, le Très-Haut, source de tout succès, de toute force et de toute bénédiction. Je Lui rends grâce pour Ses innombrables bienfaits et pour l'énergie qu'Il m'a accordée afin de persévérer jusqu'au bout de cette aventure.

À ma famille bien-aimée, mon pilier constant, mon refuge dans l'épreuve...
À ma mère chérie, dont l'amour, le soutien et les prières m'ont accompagnée à chaque instant.

À mon père respecté, symbole de sagesse et de courage, qui m'a appris à viser toujours plus haut.

À mes frères et sœurs, complices fidèles de mes joies comme de mes peines merci pour vos mots, votre patience et votre soutien indéfectible.

À mes estimés enseignants,
Ceux qui ont semé en moi les graines du savoir, affiné ma pensée, et illuminé mon chemin par la lumière de leur science. Recevez mes plus profonds remerciements et ma sincère reconnaissance.

À mes camarades et collègues, compagnons de route dans ce long parcours académique,
Merci pour votre présence, votre entraide et votre précieuse solidarité.

Et enfin...

À moi-même.

À toi, âme tenace, qui n'as jamais fléchi malgré l'épuisement.
À toi, qui as su équilibrer ambition et patience, peur et persévérance.
Toi qui as veillé tard, affronté les épreuves avec fierté et silence.
Tu l'as fait.

Tu as prouvé que la volonté sincère triomphe toujours,
Que la détermination véritable ne connaît pas de limites.
Je te dédie cet accomplissement, car tu le mérites... pleinement.

ALAEDDINE



Dédicace

Au nom **d'Allah**, Celui qui m'a accordé la force, affermi mes pas et facilité cet accomplissement. Louange à Lui pour l'éternité, pour chaque bénédiction, chaque instant de proximité et chaque souffle de satisfaction.

Je dédie ce succès, tout d'abord, à **moi-même**, puis à tous ceux qui ont été un soutien fidèle tout au long de mon parcours ; à ceux qui ont cru en moi, m'ont encouragée, et ont su raviver l'espoir en moi lorsque j'en avais le plus besoin.

Vous êtes le pilier de mon cœur et la véritable source de cette réussite.

À celui qui a semé la sérénité dans mon cœur, à celui dont je suis fière de porter le nom,

à celui qui a veillé et sacrifié pour moi afin que je ne souffre pas, à celui qui, après la grâce divine, a été l'artisan de ce que je suis devenue mon père, **Rachid** : je te dois tout honneur, toutes mes prières et une gratitude infinie. Ta satisfaction est mon plus précieux refuge.

À celle qui a aimé sans conditions, à celle dont les veilles m'ont protégée, à la chaleur du foyer, à l'âme de la tendresse et de la sécurité, à celle dont les prières m'ont toujours précédée et enveloppée de la miséricorde divine ma mère, **Fatiha** : tout l'amour du monde ne suffirait à t'exprimer ma reconnaissance.

À mes piliers inébranlables, mes frères bien-aimés : **Ayoub, Youcef, Louqman et Mounder**,

vous avez été, à chaque étape de mon chemin, cette force rassurante sur laquelle je me suis toujours appuyée. Merci d'avoir été mon moteur, mon abri et mon inspiration.

À celle qui a illuminé mes journées, qui a partagé avec moi joies et épreuves, à celle qui a transformé les années d'étude en moments de complicité et de soutien sincère ma chère amie **Karima**, ta présence fut une bénédiction inestimable. Je ne l'oublierai jamais.

Et à celle qui est bien plus qu'une cousine, à ma chère **OMNIA**, douce, attentionnée, dont les mots ont toujours été un baume pour mon cœur... Merci d'avoir été là, tout simplement.

En conclusion, je rends grâce à **Dieu**, qui m'a honorée par ce succès, et je Lui demande qu'Il en fasse un commencement de bien pour l'avenir, et qu'Il récompense chaque personne ayant contribué, de près ou de loin, à cet accomplissement.

ROUMAISSA



Dédicace

*Au nom de mon Créateur, Celui qui a facilité mes affaires et protégé mon chemin.
À Toi, toute la louange et la gratitude.*

J'offre ce succès à moi-même en premier, puis à tous ceux qui ont marché à mes côtés pour accomplir ce parcours. Puisse votre présence demeurer à jamais mon pilier inébranlable.

À celui que Dieu a comblé de prestance et de sagesse...

À celui dont je porte le nom avec fierté...

À celui qui a écarté les épines de mon chemin pour me tracer la voie du savoir...

Après la grâce de Dieu, ce que je suis aujourd'hui lui revient mon cher père.

À mon ange sur cette Terre, au véritable sens de l'amour, de la tendresse et du dévouement...

Au sourire de la vie et au secret de mon existence...

À celle dont les prières ont été la clé de ma réussite, dont la tendresse a été le baume de mes blessures...

Celle qui a été à la fois une mère, une sœur et une amie, mon premier soutien et ma source de force ma chère maman.

À la source de ma force, à mes soutiens fidèles,

À celles qui ont parié sur ma réussite,

À celles qui me rappellent ma valeur et ma capacité,

Qui ne me découragent jamais et croient en mon courage, même dans mes moments de faiblesse et de doute...

À celles qui ont fait des efforts pour m'aider et ont été un appui, un repère, des bougies qui ont illuminé mon chemin mes sœurs.

Je n'oublie pas les âmes complices qui ont partagé chaque pas de ce parcours...

Celles et ceux qui ont allégé la fatigue, qui m'ont encouragée à persévérer et à continuer...

À mes compagnons d'années d'études, je vous suis profondément reconnaissante.

Et à celles qui ont été bien plus que de simples amies...

*À **Roumaïssa**, ma partenaire de réussite, celle qui a marché à mes côtés à chaque étape de ce mémoire,*

qui a partagé avec moi les moments difficiles comme les plus beaux...

Tu as été une véritable alliée dans ce parcours académique.

Merci du fond du cœur.

*Et à **Salsabil**, l'âme de mon âme, source de chaleur et de réconfort,
au cœur pur et à la parole douce...*

Tu as toujours été cette lumière au milieu de l'obscurité, cette main tendue quand je faiblissais.

*Louange à **Dieu**, Seigneur de l'univers, et que la paix et les bénédictions soient sur
Son noble Prophète.*

Karima



Résumé

Ce travail vise à fabriquer un complément nutritionnel protéiné 100 % végétal, en exploitant les propriétés nutritionnelles de trois graines sélectionnées de *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum* L. et *Cucurbita pepo* L. Ces graines, riches en protéines de haute qualité et en composés bénéfiques, ont été choisies pour répondre aux besoins spécifiques des sportifs en matière de nutrition naturelle. Le procédé comprend le nettoyage, le séchage et le broyage des graines, suivi d'une extraction alcaline (NaOH), d'une précipitation acide (HCl), puis d'une centrifugation et d'un séchage final. Une analyse chimique qualitative a révélé l'absence de composés secondaires tels que les phénols, flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, terpènes et stérols, ce qui confirme la présence exclusive de protéines et de glucides. Les analyses quantitatives ont indiqué des concentrations élevées en protéines de 44,22 % pour *Chenopodium quinoa*, 35,70 % pour *Pisum sativum* L. et 35,40 % pour *Cucurbita pepo* L. Les taux de glucides étaient respectivement de 48,36 %, 9,64 % et 0,16 % pour 100 g d'extrait.

Une formulation combinant les trois extraits a permis d'obtenir un complément alimentaire sous forme de poudre contenant 39 % de protéines, 13,08 % de glucides, 10,45 % de lipides, 0,41 % de fibres et 2,36 % de minéraux, renforçant ainsi la valeur nutritionnelle du produit. Ce complément végétal, dépourvu d'ingrédients d'origine animale et de composés secondaires indésirables, repose sur une combinaison inédite et une méthode d'extraction optimisée. Il s'agit d'une innovation dans le domaine, aucune formulation associant quinoa, pois et courge n'ayant encore été proposée, ce qui confère à ce travail un caractère novateur et prometteur pour les développements alimentaires futurs.

Mots-clés : *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum* L., *Cucurbita pepo* L., protéines végétales, extraction alcaline, complément alimentaire.

Abstract

This study aims to manufacture a 100% plant-based protein nutritional supplement by harnessing the nutritional properties of three selected seeds from *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum* L., and *Cucurbita pepo* L. These seeds, rich in high-quality proteins and beneficial bioactive compounds, were chosen to meet the specific nutritional needs of athletes seeking natural sources of nutrition. The process involved cleaning, drying, and grinding the seeds, followed by alkaline extraction (NaOH), acid precipitation (HCl), centrifugation, and final drying. Qualitative chemical analysis confirmed the absence of secondary metabolites such as phenols, flavonoids, alkaloids, tannins, terpenes, and sterols, indicating the presence of only proteins and carbohydrates. Quantitative analysis revealed high protein contents of 44.22% for *Chenopodium quinoa*, 35.70% for *Pisum sativum*, and 35.40% for *Cucurbita pepo* L. The carbohydrate contents were 48.36%, 9.64%, and 0.16%, respectively, per 100 g of extract.

A formulation combining the three extracts produced a powdered dietary supplement containing 39% protein, 13.08% carbohydrates, 10.45% lipids, 0.41% fiber, and 2.36% minerals, thereby enhancing the overall nutritional value of the product. This plant-based supplement, free from animal-derived ingredients and undesirable secondary compounds, is based on an innovative combination and an optimized extraction method. To our knowledge, no existing formulation combining quinoa, peas, and pumpkin has yet been developed, making this work both novel and promising for future applications in functional food and sports nutrition.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum* L *Cucurbita pepo* L., plant proteins, alkaline extraction, dietary supplement, functional food.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تطوير مكمل غذائي بروتيني نباتي 100%، من خلال الاستفادة من الخصائص الغذائية لثلاثة أنواع مختارة من البذور: الكينوا، البازلاء، واليقطين (القرع). وقد تم اختيار هذه البذور نظراً لغناها بالبروتينات عالية الجودة والمركبات الحيوية المفيدة، بهدف تلبية الاحتياجات الخاصة للرياضيين فيما يخص التغذية الطبيعية.

يشمل البروتوكول المتبع لتنظيف البذور، تجفيفها وطحنها، يلي ذلك الاستخلاص القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، ثم الترسيب الحمضي بحمض الهيدروكلوريك (HCl)، والطرْد المركزي، وأخيراً التجفيف النهائي. أظهر التحليل الكيميائي النوعي غياب المركبات الثانوية مثل: الفينولات، الفلافونويدات، القلويدات، العفص، التربينات، والستيرولات، مما يؤكد على أن المستخلصات تحتوي أساساً على البروتينات والكربوهيدرات.

أما التحاليل الكمية، فقد أظهرت نسب بروتين مرتفعة بلغت 44.22% في الكينوا، 35.70% في البازلاء، و35.40% في اليقطين. كما سجلت نسب الغلوسيدات 48.36%، 9.64%، و0.16% لكل 100 غرام من المستخلص، على التوالي.

أدى دمج المستخلصات الثلاثة إلى إنتاج مكمل غذائي على شكل مسحوق يحتوي على 39% بروتينات، 13.08% كربوهيدرات، 10.45% دهون، 0.41% ألياف، و2.36% معادن، ما عزز القيمة الغذائية الإجمالية للمنتج.

ويُعد هذا المكمل النباتي، الخالي من المكونات الحيوانية والمركبات الثانوية غير المرغوب فيها، منتجاً مبتكراً يعتمد على توليفة فريدة ومنهج استخلاص محسّن. ويمثل هذا العمل سابقة في المجال، حيث لم تُسجل سابقاً أي تركيبة تجمع بين الكينوا والبازلاء واليقطين، مما يُكسبه طابعاً ابتكارياً واعداً لتطبيقات غذائية مستقبلية.

الكلمات المفتاحية: الكينوا، البازلاء، اليقطين، البروتينات النباتية، المكمل الغذائي، الاستخلاص القلوي.

Liste des Abréviations

‰: Pourcentage

-: absence

+: présence

µL: Microlitre

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

AET : Apport Énergétique Total

AND : Académie de Nutrition et de Diététique

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AOAC : Association of Official Analytical Collaboration International

APG: Angiosperm Phylogeny Group

BCAA: Branched-Chain Amino Acids

BMC: bussines model Canvas

BFR: Blood Flow Restriction

BSA: Albumine sérique bovine

C.pepo L. : *Cucurbita pepo* L.

C.quinoa : *Chenopodium quinoa*

CA : complément alimentaire

Ca:Calcium

CE: Conductivité Électrique

cm: centimètre

Cr : Chromium

Cu : Cuivre

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes.

DMAA: Diméthylamylamine-1,3

FAO: Food and Agriculture Organization

Fe : Fer

g: gramme

H₂SO₄: Acide sulfurique

HCl: Acide chlorhydrique

I : Iode

Inrae : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

ISO: International Organization for Standardization

J-C: Jésus-Christ

K : Potassium

KDa : Kilodalton

M: Molaire

MAM :Ministère des Affaires Municipales

MAM: Ministère des Affaires Municipales

Mb : Molybdène

Mg : Magnésium

mg: milligramme

Mn : Manganèse

mS: millisiemens

mV: millivolt

N :Normalité

NaOH: Hydroxyde de sodium

nm: Nanomètre

NSCA: National Strength and Conditioning Association

OMS:Organisation mondiale de la santé

P : Phosphore

P.sativum : *Pisum sativum*

Ph: Potentiel hydrogène

s.d : sans date

Se : Sélénium

TDS: Total Dissolved Solids

tr: tours

UFC: Unité Formant Colonie

um: Micromètre

USDA : United States Department of Agriculture

WSI: Water Solubility Index

XVI: Seizième siècle

XVII: Dix-septième siècle

XXe: Vingtième siècle

Zn : Zinc

Liste des Figures

Figure N°	Titre	page
1	Forme poudre des CA	20
2	Forme gélules des CA	21
3	Forme comprimée des CA	22
4	Forme liquide des CA	22
5	Forme gummies des CA	23
6	Forme comprimée effervescent des CA	24
7	Forme capsules molles des CA	24
8	Racine de <i>Chenopodium quinoa</i>	36
9	Formes d'inflorescences du <i>Chenopodium quinoa</i>	37
10	Différents couleur des inflorescences du <i>Chenopodium quinoa</i>	37
11	Forme des feuilles de <i>Chenopodium quinoa</i>	38
12	Fleurs hermaphrodites et femelles de <i>Chenopodium quinoa</i>	38
13	Vue ventrale du fruit du <i>Chenopodium quinoa</i> au microscope électronique de balayage	39
14	Structure de graine <i>Chenopodium quinoa</i>	40
15	Phases phénologiques du <i>Chenopodium quinoa</i>	41
16	Système racinaire de <i>Pisum sativum</i> L.	46
17	Tige de <i>Pisum sativum</i> L.	47
18	Feuilles de <i>Pisum sativum</i> L.	47
19	Fleurs de <i>Pisum sativum</i> L.	48

20	Gousse de <i>Pisum sativum</i> L.	49
21	Grains de <i>Pisum sativum</i> L.	49
22	Cycle de vie de <i>Pisum sativum</i> L.	50
23	Différents groupes du <i>Cucurbita pepo</i> L.	53
24	Système racinaire de <i>Cucurbita pepo</i> L.	55
25	Tige de <i>Cucurbita pepo</i> L.	55
26	Fruit de <i>Cucurbita ppeo</i> L.	56
27	Graine de <i>Cucurbita pepo</i> L. (A) graines avec enveloppe (B) graine sans enveloppe	56
28	Fleurs de <i>Cucurbita pepo</i> L.	57
29	Cycles de vie du <i>Cucurbita pepo</i> L.	58
30	Graines de (1) <i>Cucurbita pepo</i> L. (2) <i>Pisum sativum</i> L. (3) <i>Chenopodium quinoa</i>	64
31	Photographies personnelles de l'extraction des protéines végétales	67
32	Extraits protéique de chaque graine (1 : <i>Chenopodium quinoa</i> ; 2 : <i>Pisum sativum</i> L 3 : <i>Cucurbita pepo</i> L	72
33	Courbe d'étalonnage de BSA par la méthode de bradford	78
34	Teneur en protéines dans les extraits protéiques de <i>Chenopodium quinoa</i> ; <i>Pisum sativum</i> L; <i>Cucurbita pepo</i> L.	79
35	Courbe d'étalonnage pour le dosage des glucides par la méthode de phénol-acides sulfurique.	80
36	Teneur en glucides (en %) dans les extraits protéiques issus de <i>Chenopodium quinoa</i> ; <i>Cucurbita pepo</i> L. ;	81
37	Mélange des produits protéiques	82
38	Logo du produit (GREENOVA)	92

39	Prototype de produit Complément alimentaire protéiques Vita Green Pro 300 g	107
40	Prototype de produit Complément alimentaire protéiques Vita Green Pro 30 g	107

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
1	Liste , source , rôle et doses journalières de vitamines pouvant entrer dans la composition des CA	14
2	Liste et doses journalières maximales des minéraux pouvant entrer dans la composition des CA	17
3	Composition en acides aminés de la graine de <i>Chenopodium Quinoa</i>	42
4	Composition en acides aminés de la graine de <i>Pisum sativum L.</i>	51
5	Composition en acides aminés de la graine de <i>Cucurbita pepo L.</i>	59
6	Résultats du screening phytochimique qualitatif des extraits protéiques	77
7	Composition nutritionnelle du complément alimentaire	82
8	Résultats des analyses physiques du complément alimentaire	83
9	Résultats microbiologiques du complément alimentaire végétal	85
10	Valeurs nutritionnelles de produit de VitaGreen	93

Sommaire

REMERCIEMENT

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des Abréviation

Liste des figures

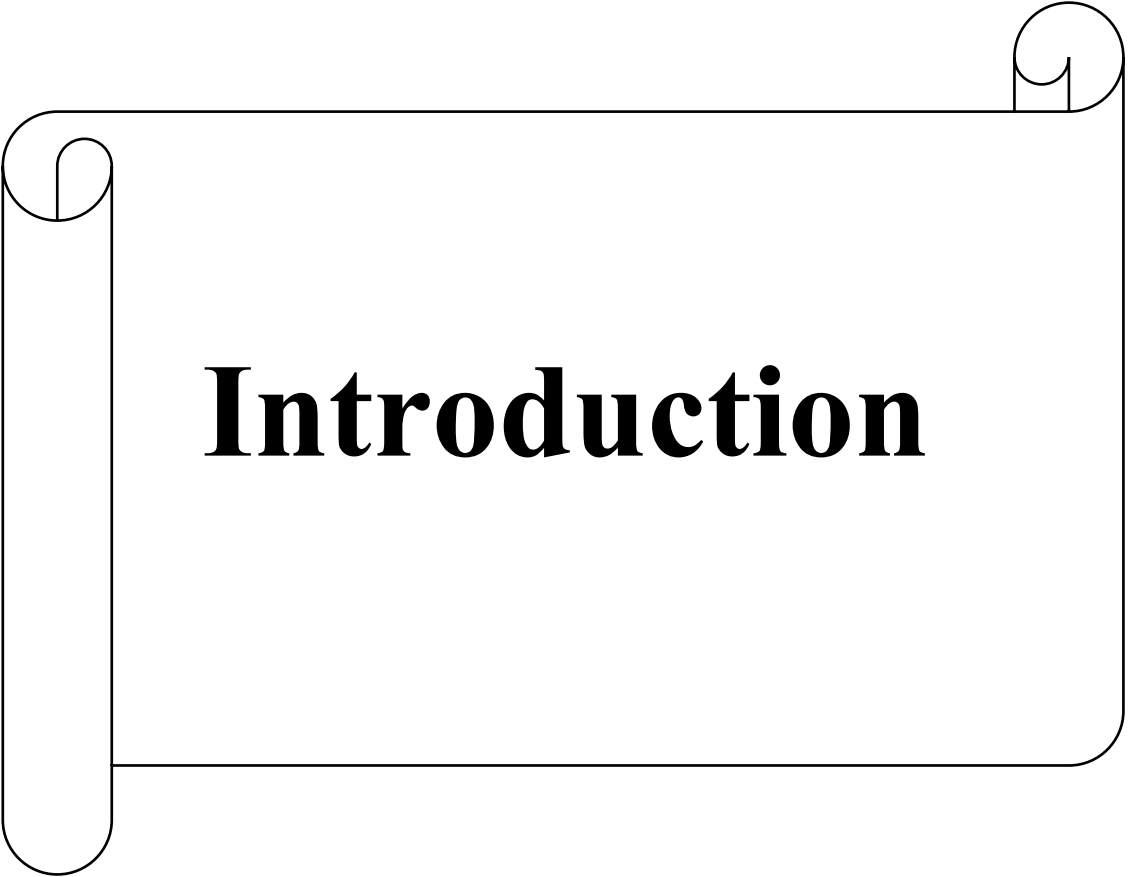
Listes des tableaux

Itroduction.....	4
Première partie	4
Chapitre01 Compléments Alimentaires	4
Généralités sur les Compléments Alimentaires	6
1 Définition des compléments alimentaires.....	6
2 Principes de la complémentation alimentaire.....	7
3 Processus de fabrication d'un complément alimentaire	8
3.1 Sélection des ingrédients.....	8
3.2 Mélange et fabrication	8
3.3 Conditionnement et traçabilité	9
3.4 Contrôle qualité final et quarantaine	9
3.5 Déclaration réglementaire et mise sur le march.....	9
3.6 Composition des compléments alimentaires.....	9
3.7 Macronutriments	10
3.8 Micronutriments.....	12
a) Vitamines.....	13
b) Minéraux.....	16
4 Différentes catégories des compléments alimentaires et leurs intérêts	17
5 Compléments alimentaires pour la musculation	18
6 Biodisponibilité et la formes galéniques d'un complément alimentaire.....	20
6.1 Poudres (forme sèche).....	20
6.2 Forme gélules.....	20

6.3	Comprimés	21
6.4	Liquides (Solutions, sirops, ampoules)	22
6.5	Gummies (Gommes à mâcher)	23
6.6	Comprimés effervescents	23
6.7	Capsules molles	24
7	Bienfaits des compléments alimentaires pour les sportifs	24
8	Risques toxicologiques des compléments alimentaires	25
	Chapitre 02 Biologie de la plantes.....	28
1	Généralités sur les protéines végétales	29
2	Classification des protéines végétales	29
2.1	Classification en fonction de leur solubilité.....	29
2.2	Classification selon les sources.....	31
	Choix des plantes	32
1	<i>Chenopodium quinoa</i>	33
1.1	Origine et historique	33
1.2	Description botanique	34
1.3	Taxonomie de la plante	34
1.4	Morphologie de la plante	35
1.5	Cycle de vie de <i>Chenopodium quinoa</i>	40
1.6	Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines.....	41
2	<i>Pisum sativum</i> L.....	44
2.1	Origine et historique	44
2.2	Description de la plante	45
2.3	Taxonomie du <i>Pisum sativum</i> L.	45
2.4	Morphologie de la plante	45
2.5	Cycle de développement de petit pois	49
2.6	Composition chimique des graines de <i>Pisum sativum</i> L.....	50
3	<i>Cucurbita pepo</i> L.	52
3.1	Origine et historique	52
3.2	Description de la plante	53
3.3	Taxonomie de la plante	54
3.4	Cycle de vie du <i>Cucurbita pepo</i> L.	58
3.5	Composition chimique du <i>Cucurbita pepo</i> L.....	58
1	Matériels.....	64
1.1	Matériels végétales.....	64

2	Méthodes	64
2.1	Procédé de fabrication des compléments alimentaires protéiques d'origine végétale	64
3	Mode d'opération	65
3.1	Extraction des protéines de <i>Chenopodium quinoa</i> et <i>Pisum sativum</i> L.....	65
3.2	Extraction des protéines de <i>Cucurbita pepo</i> L.....	66
3.3	Criblage phytochimiques des extraits protéiques.....	68
3.4	Dosage des macronutriments	69
3.5	Dosage des glucides totaux – Méthode au phénol-acide sulfurique	70
1	Résultats et discussion.....	77
1.1	Résultats du criblage phytochimique	78
1.2	Résultats du dosage des macronutriments	79
1.3	Formulation du mélange protéique	83
1.4	Analyses des caractéristiques nutritionnelles, physiques et microbiologiques.....	83
1.5	Analyses physique	84
1.6	Analyses microbiologiques	86
	Conclusion	88
	Deuxième partie	89
	Chapitre 01 présentation du logo du produit.....	90
1	Présentation du logo du produit	92
2	Description du logo.....	92
2.1	Nom du produit	92
2.2	Ingrédients actifs	90
3	Bienfaits principaux	90
	Carte d'information À propos de l'équipe d'encadrement et de l'équipe de travail....	94
1	Équipe d'encadrement	94
2	Équipe de travail	94
	Première axe : Présentation du projet.....	95
1	Idée du projet (Solution proposée)	95
2	Valeurs proposées	96
3	L'équipe de travail	96
4	Tâches de Alaeddine, Yasser, Roumaïssa et Karima	97
5	Objectifs du projet.....	98
5.	Calendrier de mise en œuvre du projet.....	98
	Deuxième axe : Aspects innovants	99

1	Nature de l'innovation.....	99
Troisième axe : Analyse stratégique du marché.....		100
1	Présentation du marché potentiel	100
a)	Marché local	100
2	Évaluation de l'intensité concurrentielle.....	100
3	Stratégie marketing.....	102
4	Analyse SWOT	102
5	Coûts et charges.....	103
5.1	Coûts initiaux (ponctuels).....	103
5.2	Coûts fixes	104
5.3	Coûts variables.....	104
Quatrième axe 4 : Plan de production et d'organisation		104
1	Étapes de fabrication du complément alimentaire musculaire.....	105
2	Prototype expérimental	105
3	Prototype concret (physique)	105
4	Caractéristiques.....	106
Présentation du prototype		106
1	Étapes de prototype.....	108
BMC.....		108



Introduction

Introduction

Au cours des dernières décennies, l'intérêt mondial pour un mode de vie sain et une nutrition équilibrée n'a cessé de croître, en particulier parmi les athlètes et les adeptes de musculation, dont les corps nécessitent des apports spécifiques et accrus en protéines pour favoriser la croissance musculaire, accélérer la récupération physique et améliorer les performances sportives (**Phillips, 2011**). Les protéines sont considérées comme des nutriments essentiels, en raison de leur rôle fondamental dans la construction et le maintien des tissus corporels, ainsi que de leur participation à de nombreuses fonctions biologiques vitales, telles que la production d'enzymes, d'hormones et de neurotransmetteurs (**Oiseth et al., 2025**). L'activité physique intense des athlètes augmente leurs besoins en protéines, car l'effort physique stimule le métabolisme musculaire et favorise la synthèse protéique (**Phillips et al., 2011**).

Pour répondre à ces besoins spécifiques, les suppléments alimentaires, en particulier les suppléments protéinés sous forme de poudres ou de barres, sont de plus en plus utilisés. Ces produits permettent d'augmenter l'apport protéique quotidien sans accroître significativement l'apport calorique global, favorisant ainsi le développement musculaire et la récupération post-effort (**NSCA, 2011**).

Parmi les sources émergentes de protéines végétales utilisées dans la nutrition sportive figurent les graines de *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum L.* et *Cucurbita pepo L.* Ces plantes sont riches en protéines, en fibres et en acides gras essentiels. De plus, elles sont naturellement sans gluten, ce qui les rend particulièrement adaptées aux personnes souffrant d'intolérance au gluten. Plusieurs études ont mis en évidence les effets positifs de leur consommation sur la composition corporelle et la performance physique, faisant d'elles des candidates prometteuses pour la formulation de compléments alimentaires (**Kostrakiewicz et Gieralt, 2024**).

Cependant, leur valorisation fait face à plusieurs défis, tels que l'efficacité des procédés d'extraction, la préservation des propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des protéines, leur digestibilité, ainsi que leur conformité aux normes de qualité en vigueur. De plus, le rendement et les caractéristiques des protéines extraites varient selon l'espèce végétale, les conditions d'extraction et les méthodes utilisées (**Contreras, 2002**).

Ainsi, plusieurs questions se posent :

Introduction

Quelle est la méthode d'extraction la plus appropriée pour isoler les protéines végétales ?

Comment caractériser ces protéines en termes de composition nutritionnelle et de propriétés physico-chimiques ?

Et peut-on les utiliser comme base pour fabriquer un complément alimentaire naturel, efficace et économiquement viable ?

Des méthodes telles que l'extraction alcaline suivie d'une précipitation au point isoélectrique se sont révélées efficaces pour isoler des protéines végétales avec de bons rendements et des propriétés fonctionnelles satisfaisantes. Par ailleurs, la nature de la source végétale influence fortement la qualité des protéines obtenues, en raison de la variabilité de leur composition chimique. La diversité des propriétés physico-chimiques observées rend ces protéines adaptées à la formulation de compléments alimentaires riches en protéines (**Chandran, 2024**).

Cette étude vise donc à explorer la possibilité d'exploiter les protéines végétales extraites comme base pour la formulation d'un complément alimentaire naturel, sûr et performant, répondant aux attentes des consommateurs, notamment des sportifs ayant besoin de sources protéiques de haute qualité, digestes et exemptes de composants d'origine animale. Elle ambitionne également de proposer un prototype de formulation végétale innovante et riche en protéines.

Ce travail est structuré en deux grandes parties.

- **La première partie** comprend quatre chapitre :
 - Le **premier chapitre** présent les connaissances générales sur les compléments alimentaires ;
 - Le **deuxième chapitre** porte sur la sélection des plantes étudiées et la description de leurs caractéristiques botaniques et biologiques.
 - Le **troisième chapitre** c'est l'étude expérimentale , décrit les matériaux et les méthodes utilisés, notamment le procédé d'extraction des protéines à partir des graines, la détermination de leur qualité et l'étude des propriétés physico-chimiques du produit final.

Introduction

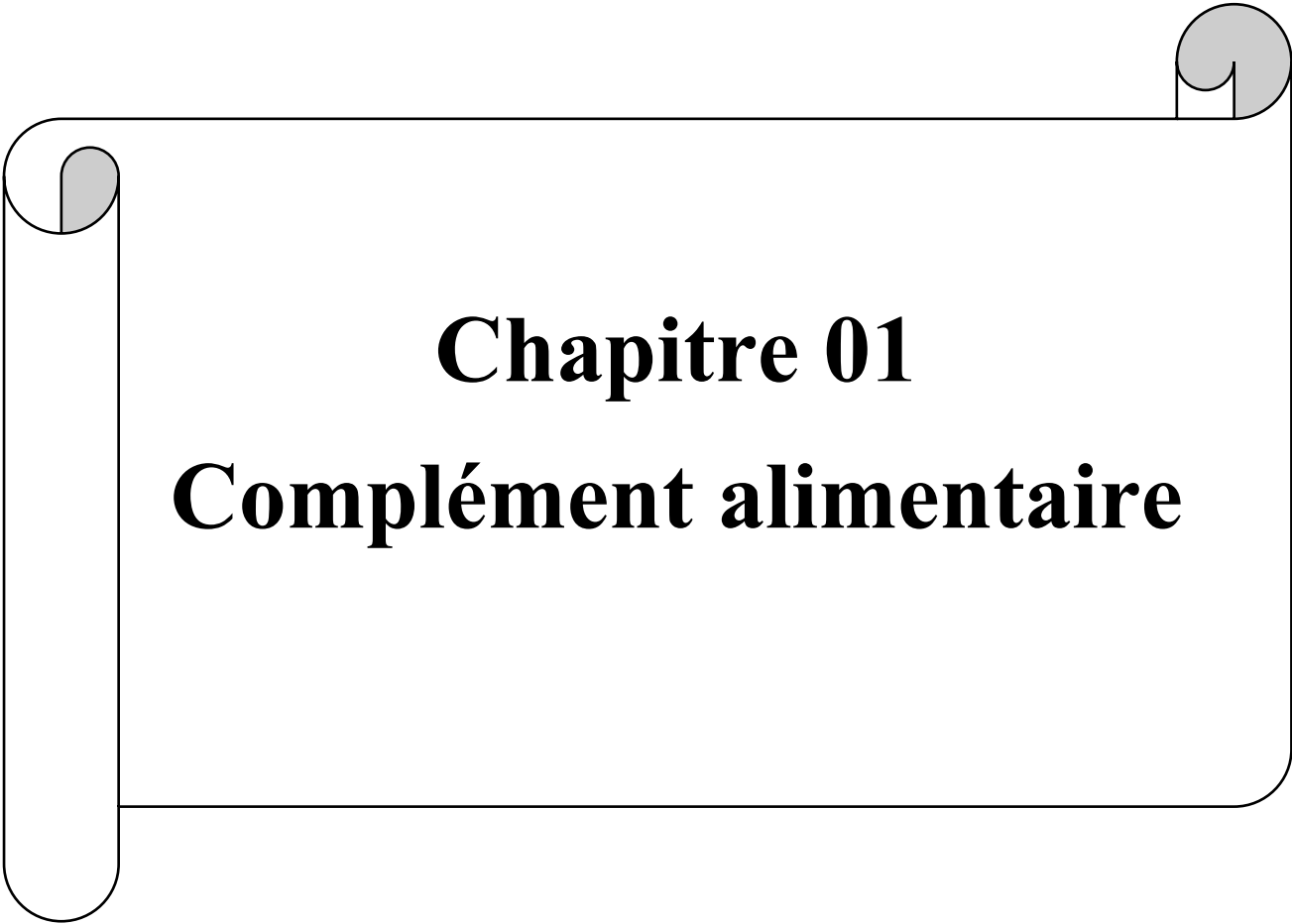
- Le **quatrième chapitre** expose les résultats obtenus et en propose une discussion approfondie.

Enfin, une conclusion générale viendra clore ce travail en résumant les principaux résultats et en proposant des perspectives futures.

- La **deuxième partie** contient trois chapitre :
 - Le **premier chapitre** consacré à la présentation du logo du produit.
 - Le **deuxième chapitre présente** le cadre méthodologique et organisationnel du projet .
 - Le **troisième chapitre** est traité l'étude technico-economique du produit à travers le prototype et le BMC .

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rolled-up ends.

Première partie

A decorative frame resembling a scroll. It has a vertical bar on the left side and a horizontal bar at the top. The corners are rounded, and there are small circular elements at the top-left and top-right corners, suggesting the scroll is unrolled.

Chapitre 01

Complément alimentaire

Généralités sur les Compléments Alimentaires

1 Définition des compléments alimentaires

Les compléments alimentaires sont définis comme « un produit destiné à être ingéré en complément de l'alimentation courante, afin de pallier une insuffisance réelle ou supposée des apports alimentaires journaliers » (**Légifrance, 2022**).

Autrement dit, il s'agit de « toute substance ou produit transformé, partiellement transformé ou non transformé, dont le but est de compléter le régime alimentaire normal. Elle constitue une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique, seuls ou combinés » (**Légifrance, 2022**).

Les compléments alimentaires sont donc des denrées alimentaires dont l'objectif principal est de compléter l'alimentation quotidienne. Ils apportent des nutriments ou d'autres substances actives sous forme concentrée et sont commercialisés sous diverses formes galéniques, telles que : gélules, pastilles, comprimés, pilules, sachets de poudre, ampoules, flacons avec compte-gouttes, ou autres préparations liquides ou en poudre, destinées à être prises en petites quantités mesurées (**Boussouf et al., 2022**).

Il est important de souligner que les compléments alimentaires se distinguent clairement des médicaments : ils exercent une action nutritionnelle ou physiologique, sans visée thérapeutique. Ils permettent de corriger des carences ou des déficits nutritionnels, tandis que les médicaments, eux, ont une action pharmacologique et sont destinés à prévenir ou traiter des maladies (**Valette, 2015**).

○ Nutrition

La nutrition est une fonction vitale qui assure l'entretien de l'organisme, le maintien de la vie et la croissance, en lui fournissant les éléments essentiels ainsi que l'énergie nécessaire à son bon fonctionnement. Elle englobe plusieurs processus biologiques, tels que la digestion, l'absorption, la transformation et l'assimilation des nutriments contenus dans les aliments, afin qu'ils puissent être utilisés dans la croissance, l'entretien, le métabolisme, la production d'énergie et l'élimination des déchets.

Les aliments consommés libèrent ainsi des nutriments indispensables au fonctionnement des cellules. Pour préserver une bonne santé, les cellules ont besoin d'un apport varié et équilibré en nutriments, adaptés à leurs besoins physiologiques (**Merghem, 2020**).

○ **Aliments**

Les aliments sont des substances complexes contenant les nutriments de base nécessaires au développement, au fonctionnement, à la constitution des réserves et à la réparation de l'organisme humain. Les nutriments présents dans les aliments remplissent trois grands rôles essentiels :

- **Les nutriments bâtisseurs**, qui fournissent les matériaux indispensables à la structure des cellules ;
- **Les nutriments énergétiques**, qui apportent l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme ;
- **Les nutriments fonctionnels**, qui, bien qu'ils ne fournissent ni énergie ni matière, sont indispensables au bon déroulement des fonctions vitales.

Ces denrées alimentaires, en fonction de leurs apports nutritionnels, sont classées en sept groupes principaux (**Castelli, 2020**) :

- Produits sucrés.
- Corps gras.
- Produits laitiers ou alternatives végétales enrichies en calcium.
- Viandes, poissons, œufs ou alternatives végétales.
- Céréales, féculents.
- Fruits et légumes frais.
- Boissons non sucrées, eau.

2 Principes de la complémentation alimentaire

L'impact de l'alimentation sur la santé et la mortalité, notamment en ce qui concerne le cancer et les maladies cardiovasculaires, fait l'objet de nombreuses recherches depuis plusieurs années. L'équilibre alimentaire est désormais reconnu comme un facteur déterminant dans le choix des aliments, tant pour la prévention des maladies que pour le maintien d'une bonne santé.

Par exemple, les personnes suivant un régime végétarien doivent porter une attention particulière à leur apport en vitamine B12, que l'on ne trouve naturellement que dans les produits d'origine animale. Ainsi, elles doivent consommer des aliments enrichis ou recourir à des suppléments pour éviter toute carence (**Khalifaoui, 2018**).

De même, les nourrissons et les enfants ont des besoins spécifiques en vitamine D, qui, bien qu'idéalement apportée par l'alimentation ou la synthèse cutanée sous l'effet du soleil, est souvent administrée sous forme de complément alimentaire en raison de sa faible présence dans les apports nutritionnels quotidiens.

Par ailleurs, les besoins en fer des femmes sont plus élevés que ceux des hommes, notamment à partir de la puberté, en raison des pertes liées aux menstruations et à l'accouchement. De plus, les femmes ménopausées doivent veiller à un apport suffisant en calcium pour prévenir l'ostéoporose, conséquence des changements hormonaux (**Khalifaoui, 2018**).

Ainsi, étant donné la variabilité de la teneur des aliments en vitamine D, fer ou calcium, seule une alimentation équilibrée et diversifiée, associant différentes sources nutritionnelles, peut garantir une couverture adéquate des besoins essentiels de l'organisme humain (**Khalifaoui, 2018**).

3 Processus de fabrication d'un complément alimentaire

Le processus de fabrication d'un complément alimentaire repose sur plusieurs étapes rigoureusement encadrées, allant de la sélection des ingrédients à la mise sur le marché du produit final (**Légifrance, 2022**).

3.1 Sélection des ingrédients

La première étape consiste en une sélection rigoureuse des ingrédients, qu'il s'agisse de vitamines, de minéraux, de plantes ou de substances actives innovantes. Un contrôle de qualité est effectué pour chaque matière première afin de garantir sa conformité aux normes sanitaires et nutritionnelles en vigueur.

3.2 Mélange et fabrication

Les ingrédients sélectionnés sont ensuite mélangés en fonction de la forme galénique souhaitée

- **Formes solides** : comprimés, gélules ;
- **Formes semi-liquides** : capsules molles, sirops, gouttes ;
- **Formes liquides ou infusions** : préparations à base des différentes parties de plantes.

Cette étape est accompagnée d'un contrôle de qualité intermédiaire afin d'assurer l'homogénéité et la stabilité du mélange obtenu.

3.3 Conditionnement et traçabilité

Le complément alimentaire est ensuite conditionné dans un emballage adapté. Chaque lot est identifié par un numéro de série permettant d'assurer une traçabilité complète. L'emballage mentionne également une date limite de consommation (DLC) ou une date de durabilité minimale (DDM).

3.4 Contrôle qualité final et quarantaine

Avant la commercialisation, le produit subit un contrôle qualité final, suivi d'une mise en quarantaine systématique en attendant la validation des résultats d'analyse.

3.5 Déclaration réglementaire et mise sur le marché

Conformément à la réglementation en vigueur, une déclaration préalable doit être déposée auprès de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF).

Le produit ne peut être mis sur le marché qu'une fois toutes les exigences réglementaires remplies, notamment la validation des allégations nutritionnelles et de santé (Légifrance, 2022).

3.6 Composition des compléments alimentaires

Les compléments alimentaires peuvent également être classés en fonction de leur composition. Les ingrédients utilisés dans leur fabrication doivent impérativement garantir la sécurité des consommateurs. Ils ne doivent présenter aucun risque pour la santé, comme l'attestent les données scientifiques généralement reconnues (Villepin *et al.*, 2006).

Ainsi, les substances autorisées dans la fabrication des compléments alimentaires peuvent être regroupées en quatre grandes catégories :

- Les nutriments et autres substances à but nutritionnel ou physiologique (tels que les vitamines, minéraux, acides gras, acides aminés, etc.) ;
- Les plantes et les préparations à base de plantes, utilisées pour leurs propriétés nutritionnelles ou fonctionnelles ;
- Les autres ingrédients dont l'usage dans l'alimentation humaine est traditionnel, reconnu ou expressément autorisé ;
- Les additifs, arômes et auxiliaires technologiques dont l'emploi est conforme à la réglementation alimentaire en vigueur.

3.7 Macronutriments

Les macronutriments sont des molécules de grande taille, constituées par l'assemblage de petites unités moléculaires. Ils jouent un rôle fondamental en assurant la majorité des fonctions biologiques au sein des cellules. On les regroupe en trois catégories principales : les protéines, les lipides et les glucides. Ces nutriments sont essentiels à l'organisme, car ils lui fournissent l'énergie nécessaire à son fonctionnement et participent à l'exécution de ses fonctions vitales.

Le métabolisme désigne l'ensemble des réactions chimiques se déroulant dans l'organisme. Ces réactions permettent la dégradation des macromolécules, la libération de leur énergie ou sa transformation en d'autres formes utilisables. Selon Masson (2009), l'apport énergétique moyen se répartit ainsi : environ 15 % proviennent des protéines, 36 % des lipides, et 44 % des glucides.

3.7.1 Protéines

Les protéines sont de grosses molécules essentielles présentes dans toutes les cellules vivantes qu'il s'agisse de micro-organismes, de plantes ou d'animaux. Quelle que soit leur origine ou leur fonction, les protéines sont composées de chaînes linéaires d'acides aminés, reliées entre elles par des liaisons peptidiques. La séquence de ces acides aminés est codée par un gène spécifique (ADN).

Les protéines remplissent une grande diversité de fonctions biologiques. Chez les animaux, elles se retrouvent :

- Sous forme de protéines structurales, comme le collagène ou la kératine ;
- Sous forme de protéines biologiquement actives, telles que :
 - les enzymes, catalyseurs des réactions métaboliques ;
 - les protéines contractiles, comme la myosine des muscles ;
 - les hormones protéiques, telles que l'insuline et l'hormone de croissance ;
 - les protéines de défense, comme les immunoglobulines ou le fibrinogène ;
 - les protéines de transport, telles que l'hémoglobine ou les lipoprotéines (Junequ, 2020).

Les protéines d'origine végétale sont également abondantes, notamment dans les légumineuses et les céréales, sous forme d'albumines et de globulines, deux classes majeures de protéines végétales (Junequ, 2020).

D'un point de vue nutritionnel, les protéines assurent trois fonctions essentielles dans l'organisme humain (ANSES, 2025) :

- Une fonction énergétique : elles peuvent fournir de l'énergie, bien que ce ne soit pas leur rôle principal.
- Une fonction fonctionnelle : elles jouent un rôle clé dans la défense immunitaire et dans la régulation des fonctions physiologiques.
- Une fonction structurale : elles participent à la formation et au renouvellement des tissus (muscles, peau, cheveux, ongles...).

3.7.2 Lipides

Les lipides se distinguent principalement par une propriété physico-chimique essentielle : leur solubilité. En général, ils sont définis comme des substances biologiques composées de chaînes hydrocarbonées, généralement hydrophobes (insolubles dans l'eau) mais solubles dans des solvants organiques tels que l'éther ou le chloroforme (Leray, 2008).

Les lipides alimentaires proviennent de deux grandes catégories de sources :

- **Animales** : poissons, œufs, fromages, charcuterie, viandes, etc. ;
- **Végétales** : graines, fruits oléagineux (noix, amandes, etc.), huiles végétales.

Il convient également de mentionner que certains produits transformés comme les viennoiseries, les barres chocolatées ou les plats préparés peuvent contenir des quantités importantes de lipides, souvent sous forme de graisses saturées ou trans.

Dans l'organisme, les lipides remplissent deux fonctions biologiques majeures (Anses, 2022):

- **Une fonction énergétique** : les lipides sont stockés sous forme de triglycérides dans les tissus adipeux, constituant ainsi une réserve d'énergie à long terme.
- **Une fonction structurale** : ils sont présents sous forme de phospholipides qui entrent dans la composition des membranes cellulaires, assurant leur fluidité, leur perméabilité sélective et la communication intercellulaire.

3.7.3 Glucides

Les glucides sont des macronutriments essentiels à la production d'énergie. Ils constituent un groupe très hétérogène, classé en deux grandes catégories selon leur structure chimique et leur vitesse d'absorption :

- **Les glucides simples** (ou sucres rapides), présents dans le sucre blanc, le lait, le miel, etc. Ils sont composés d'une ou deux unités de sucre (monosaccharides et disaccharides), telles que le glucose, le fructose et le galactose, qui peuvent s'associer pour former du saccharose (glucose + fructose), du lactose (glucose + galactose) ou du maltose (glucose + glucose).
- **Les glucides complexes** (ou sucres lents), que l'on trouve dans les pommes de terre, le pain, les pâtes et les céréales complètes. Ils sont constitués de longues chaînes de glucides (polysaccharides), comme l'amidon. Ces glucides sont moins sucrés au goût et sont absorbés plus lentement par l'organisme, ce qui permet une libération progressive de l'énergie.

Le rôle principal des glucides est d'apporter de l'énergie sous forme de glucose, qui est ensuite stocké sous forme de glycogène dans le foie et les muscles chez l'humain. À titre de comparaison, chez les végétaux, la forme de stockage du glucose est l'amidon (ANSES, 2025). Selon les recommandations nutritionnelles, les glucides devraient représenter 50 à 55 % de l'apport énergétique total (AET). Pour un équilibre optimal, il est conseillé que :

- 40 à 48 % de cet apport proviennent des glucides complexes,
- et moins de 10 % des glucides simples (Castelli, 2020).

3.8 Micronutriments

Les micronutriments sont des éléments nutritifs apportés par l'alimentation, représentant environ 2 % des nutriments ingérés. Bien qu'ils n'aient pas de valeur énergétique, ils sont indispensables, même à faibles doses, pour le maintien des fonctions physiologiques essentielles de l'organisme.

Ils exercent leurs effets de diverses manières :

- En tant que cofacteurs enzymatiques, ils participent à la modulation de l'activité de nombreuses enzymes. Par exemple, le zinc intervient comme cofacteur dans plus de 100 réactions enzymatiques.

- En tant que coenzymes, certaines vitamines telles que la riboflavine (vitamine B2) et la niacine (vitamine B3) jouent un rôle central dans la chaîne de transport des électrons, essentielle à la production d'énergie cellulaire.
- Certains micronutriments jouent également un rôle dans la régulation de l'expression génétique. Par exemple, les « doigts de zinc » (zinc fingers) agissent comme facteurs de transcription, en modulant l'activité des récepteurs des hormones stéroïdes, influençant ainsi la synthèse de protéines spécifiques (Bird, 2003).

Ces nutriments sont donc cruciaux pour la croissance, le métabolisme, l'immunité et de nombreuses autres fonctions vitales, bien qu'ils soient requis en très petites quantités.

3.8.1 Vitamines et minéraux

- **Vitamines**

Les vitamines sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Elles forment une catégorie essentielle de micronutriments, et constituent la classe la plus couramment consommée dans le cadre des compléments alimentaires (Caro *et al.*, 2010).

On distingue deux grandes classes de vitamines selon leur solubilité :

- Les vitamines hydrosolubles, telles que la vitamine C et les vitamines du groupe B (B1, B2, B3 ou niacine, B5 acide pantothénique, B6, B8 biotine, B9 acide folique –, et B12).
- Les vitamines liposolubles, comprenant les vitamines A, D, E et K (Caro *et al.*, 2010).

La majorité de ces vitamines sont dites essentielles, car l'organisme humain ne peut les synthétiser en quantité suffisante. Seules quelques exceptions existent, comme la vitamine D, que le corps peut produire par exposition au soleil, et la vitamine K, partiellement synthétisée par le microbiote intestinal (Caro *et al.*, 2010).

Parmi les vitamines autorisées à être utilisées dans la formulation de compléments alimentaires, on retrouve : les vitamines A, D, E, K, B1, B6, B12, C, ainsi que la niacine, l'acide pantothénique, l'acide folique et la biotine. À titre d'exemple, la vitamine B6 est largement utilisée dans les produits nutritionnels en raison de son rôle fondamental dans le métabolisme des protéines et la fonction nerveuse (Caro *et al.*, 2010).

Tableau 1 : Liste, source, rôle et doses journalières maximales de vitamines pouvant entrer dans la Composition des CA (Valette, 2015).

Vitamines	Doses journalières	Sources	Les rôles
A	800ug	• les produits d'origine animale (l'huile de poisson, le beurre, le foie de volaille...) • les caroténoïdes pro-vitaminiques sont les produits végétaux (la carotte, la patate douce, le melon, le potiron, les mangues...) (Castelli, 2020).	• Les mécanismes de la vision. • La différenciation et la prolifération cellulaire. • Le métabolisme normal du fer. • Elle contribue au maintien d'une peau et de muqueuses normales. • Elle contribue également au fonctionnement normal du système immunitaire. (Castelli, 2020).
D	5ug	• produite par les végétaux (D1) • d'origine animale et aussi produite par la peau à l'aide des rayons ultraviolets B (Medrano et al., 2018)	• augmente la capacité de l'intestin à absorber le calcium et le phosphore. • participe l'équilibre du calcium dans l'organisme. • favorise la régénération des fibres musculaires et la contraction des muscles. (Medrano et al., 2018).
E	30 ug	• les sources les plus importantes sont végétales (Bennacer et Bougenna, 2022).	• première ligne de défense contre la peroxydation des lipides (Auffret, 2009). • réduit les rides et ridules causées par le photo-vieillessement. (Gasperlin et Gosenca, 2011).
K	25 ug	• les végétaux (les légumes, épinards, les salades). (K1) • les aliments d'origine animale (le jaune d'œuf, le foie, le beurre et le poisson) (K2). (Vidal, 2014)	• indispensable dans le processus de coagulation sanguine. • favorise la fixation du calcium sur la matrice protidique des os (action de la protéine ostéocalcine). (Vidal, 2014)

B1	4,2 mg	•la levure alimentaire, les produits céréaliers complets, la viande et les oléagineux(Liévin, 2015).	•Production d'énergie. •Maintenance du système nerveux. •Contribue au fonctionnement normal du cœur. •Participe au fonctionnement musculaire. (Castelli, 2020)
B2	4,8 mg	•elle est produite par de nombreuses plantes, champignons et bactéries (Shin Et al., 2012). •Les abats, le lait et les produits laitiers	•développement fœtal et la croissance. •peut d'ailleurs entraîner un retard de croissance, une anémie, des lésions de la peau ou encore une dégénération du système nerveux (Foraker et al., 2003).
B3	Nicotinamide : 54 mg Acide Nicotinique : 8 mg	Les abats, les légumineuses (soja), les poissons gras et les fruits secs (pruneaux).	La vitamine B3 (nicotinamide) joue un rôle dans le métabolisme énergétique et l'état des cellules de l'épiderme et du cuir chevelu.
B6	2 mg	les végétaux avec toutes les formes des céréales, les légumes amylacés, les produits dérivés du soja et les fruits autres que les agrumes ; et les animaux avec le foie de bœuf, de veau, de volailles, et le poisson (Maron et Loscalzo, 2009).	•L'utilisation des protéines par l'organisme car il contribue au métabolisme normal des protéines. •La réduction de la fatigue. •Elle est également impliquée dans la libération d'énergie par l'organisme (métabolisme énergétique). •Le fonctionnement du système nerveux et la formation des globules rouges. •La régulation de l'activité hormonale. •La formation des globules rouges. •La fonction mentale normale. (Maron et Loscalzo, 2009).

B8	450 µg	La levure alimentaire, les abats, les céréales (germe de blé) et les œufs (Maron et Loscalzo, 2009) .	La vitamine B8 (biotine) joue un rôle dans la synthèse des acides gras, des acides aminés et des glucides, et participe au bon fonctionnement du système nerveux(Maron et Loscalzo, 2009).
B9	200 µg	Les fruits secs (graines de tournesol), abats, œufs et légumes verts (choux) (Maron et Loscalzo, 2009).	La vitamine B9 (acide folique) joue un rôle dans la synthèse des acides aminés, purines et pyrimidines, ainsi que dans le bon fonctionnement des systèmes nerveux et immunitaires(Maron et Loscalzo, 2009).
B12	3 µg	•synthèse exclusive aux bactéries, elle est produite par la flore intestinale et apportées par les produits d'origine animale d'une manière largement suffisante pour couvrir les besoins(Maron et Loscalzo, 2009).	•joue un rôle primordial dans le renouvellement des cellules à division rapide (cellules sanguines, intestinales) mais également dans celui des cellules nerveuses, ainsi qu'au fonctionnement du système immunitaire. •Contribuer Au métabolisme énergétique normal(Maron et Loscalzo, 2009)
C(acide ascorbique)	180 mg	•elle est contenue dans les fruits et les légumes comme le persil, la cassis, les agrumes, la famille des choux et le poivron rouge... (Deloy, 2017).	•Essentielle pour la biosynthèse du collagène, de la L-carnitine et de certains neurotransmetteurs . •effet antioxydant qui protège les cellules contre les Dommages infligés par les radicaux libres (Gold et al., 2003).

• Minéraux

Les minéraux sont des éléments inorganiques essentiels au bon fonctionnement de l'organisme. Bien qu'ils ne fournissent aucune énergie, leur rôle est fondamental dans de nombreuses fonctions physiologiques. Ils interviennent notamment dans :

- la formation des os et des dents,
- la régulation de l'équilibre hydrique et de la pression osmotique,
- le bon fonctionnement des nerfs et des muscles,
- le métabolisme cellulaire et l'activité enzymatique (**Mahan et aymond, 2016**).

Dans le domaine des compléments alimentaires, les minéraux les plus couramment utilisés sont :

- macro-éléments : calcium, magnésium, sodium, potassium, phosphore, chlore ;
- oligo-éléments : fer, zinc, cuivre, iode, manganèse, sélénium, chrome, molybdène, fluor (**Caro et al., 2010**).

Ces minéraux doivent être apportés en quantités adaptées, car tant les carences que les excès peuvent entraîner des déséquilibres ou des effets indésirables sur la santé. Leur utilisation dans les compléments alimentaires est strictement encadrée pour garantir la sécurité et l'efficacité nutritionnelle des produits.

Tableau 2 : Liste et doses journalières maximales des minéraux pouvant entrer Dans la composition des CA (**Valette, 2015**).

Minéraux	Ca	Mg	Fe	Cu	I	Zn	Mn	K	Se	Mb	Cr	P
Doses journalières	800 mg	300 mg	14 mg	2000 µg	150 µg	15 mg	3,5 mg	80 mg	50 µg	150 µg	25 µg	450 mg

4 Différentes catégories des compléments alimentaires et leurs intérêts

Les compléments alimentaires peuvent être consommés à différentes étapes de la vie ou dans des contextes spécifiques, tels que :

- l'amélioration de la performance musculaire,
- la gestion du poids,
- la grossesse,
- les troubles de la mémoire et de la concentration,
- la gestion du stress,
- ou encore le vieillissement.

Ces compléments apportent des substances bioactives comme des antioxydants, des vitamines, des lipides essentiels, des minéraux ou encore des protéines, en fonction des besoins de l'individu. Les recommandations varient selon :

- l'état de santé de la personne,
- son régime alimentaire,
- et le type d'activité physique ou mentale pratiquée (**Nutripure, 2021**).

Selon leur finalité, les compléments alimentaires sont classés en cinq grandes catégories fonctionnelles :

- Compléments alimentaires “anti-âge” : destinés à lutter contre les effets du vieillissement cellulaire grâce à des antioxydants, des vitamines et des oligoéléments.
- Compléments alimentaires amaigrissants : conçus pour favoriser la perte de poids ou limiter le stockage des graisses.
- Compléments alimentaires gynécologiques : ciblent les besoins nutritionnels des femmes, notamment en période de grossesse, de menstruation ou de ménopause.
- Compléments alimentaires pour le stress et la mémoire : contiennent souvent des extraits de plantes (comme le ginseng ou le bacopa), des vitamines du groupe B, ou du magnésium.
- Compléments alimentaires de musculation : riches en protéines, BCAA, créatine ou acides aminés essentiels, ils soutiennent la prise de masse musculaire et la récupération.

5 Compléments alimentaires pour la musculation

Les compléments alimentaires destinés à améliorer la force et la masse musculaire sont largement utilisés par les athlètes et les pratiquants de musculation. Parmi les plus connus, figure la whey protéine, issue du lactosérum (petit lait). Elle présente une valeur biologique élevée grâce à son profil en acides aminés complet, notamment une teneur en BCAA (acides aminés à chaîne ramifiée) pouvant atteindre 25 %, comme c'est le cas pour la whey isolate (**Nutripure, 2021**).

Outre la whey, d'autres suppléments sont recommandés pour soutenir la performance musculaire :

- BCAA (leucine, isoleucine, valine) ;

- Oméga-3, reconnus pour leur rôle anti-inflammatoire ;
- Citrulline, qui favorise la vasodilatation et réduit la fatigue musculaire ;
- Et bien d'autres selon les besoins individuels.

Protéines végétales : une alternative naturelle pour la performance

En alternative aux protéines animales, les protéines végétales proviennent de céréales, légumineuses, graines ou oléagineux (pois, riz brun, pois chiches, lentilles, quinoa, chanvre). Ces sources sont souvent combinées afin d'obtenir un profil complet en acides aminés essentiels, car rares sont les végétaux qui les contiennent tous. C'est pourquoi l'association pois + riz est couramment utilisée : les acides aminés manquants dans l'une sont compensés par l'autre (**Kimball et Jefferson, 2006**).

Des ingrédients comme le chia, le tournesol ou le sarrasin peuvent aussi enrichir ces mélanges. Les protéines végétales multi-sources offrent ainsi des performances comparables à la whey, bien que leur temps d'absorption soit légèrement plus long. Pour les personnes suivant un régime végétalien strict, il est donc conseillé de consommer la protéine avant l'entraînement afin d'assurer la disponibilité des acides aminés lors de l'effort (**Kimball et Jefferson, 2006**).

Les BCAA : acides aminés clés pour la croissance musculaire

Les BCAA (leucine, isoleucine, valine) sont des acides aminés essentiels particulièrement impliqués dans la synthèse protéique et la performance musculaire (**Blomstrand et al., 2006**). Contrairement aux autres acides aminés, ils sont rapidement métabolisés par les muscles et peuvent être utilisés comme source immédiate d'énergie pendant l'exercice.

La leucine joue un rôle crucial en déclenchant le processus d'anabolisme musculaire, c'est-à-dire la fabrication de nouvelles fibres musculaires. De ce fait, la supplémentation en BCAA est souvent adoptée pour :

- réduire la fatigue liée à l'entraînement intensif,
- accélérer la récupération musculaire,
- améliorer la synthèse des protéines,
- et favoriser la prise de masse musculaire (**Blomstrand et al., 2006**).

6 Biodisponibilité et la formes galéniques d'un complément alimentaire

L'assimilation des nutriments dans notre organisme est limitée par ses barrières naturelles. La biodisponibilité se mesure par la fraction intacte du principe actif atteignant la circulation sanguine. La forme galénique impacte cette mesure, car elle influence la quantité absorbée et la vitesse d'absorption du principe actif.

6.1 Poudres (forme sèche)

Les poudres sont obtenues par broyage, séchage ou lyophilisation des ingrédients actifs. Elles sont souvent conditionnées dans des sachets ou des boîtes. Elle se caractérise par facilité de mélanger avec des liquides (eau, lait, jus), rapidement assimilées par l'organisme et permettent d'ajuster la quantité selon les besoins.

- Protéines en poudre (whey, caséine, protéines végétales).
- Superaliments en poudre (spiruline, maca). (Guillaume, 2020) (Figure 01).



Figure 01 : Forme poudre de CA(pharmacie du Ronde-point, 2025)

6.2 Forme gélules

Les gélules sont composées d'une enveloppe (généralement en gélatine ou en cellulose pour les versions végétales) contenant la substance active sous forme de poudre, de granulés ou de liquide. (Pharmacopée Européenne, 2019)(Figure 02).

Les gélules se caractérisent par :

- Protection des ingrédients: L'enveloppe protège les actifs de l'oxydation et de la dégradation dans l'estomac.
- Libération contrôlée : Certaines gélules sont conçues pour une libération prolongée dans l'intestin.
- Sans goût : Idéales pour les personnes sensibles aux saveurs désagréables.

Ex : Compléments vitaminiques (vitamine D, B12).

Extraits de plantes (curcumine, ginseng).



Figure 02 : Forme gélules des CA(Florifarma, 2025)

6.3 Comprimés

Les comprimés sont obtenus par compression de poudres ou de granulés, souvent avec des agents liants et des excipients.

Ils peuvent être enrobés pour masquer le goût ou faciliter la déglutition. (Larousse Médical, 2021)(Figure 03).caractérisent par :

- Dosage précis: Chaque comprimé contient une quantité exacte d'ingrédients actifs.
 - Facilité de transport : Pratiques à emporter et à consommer.
 - Stabilité: Les comprimés résistent mieux à l'humidité et à la lumière que les poudres.
- ✚ Minéraux (fer, magnésium).



Figure 03 : Forme comprimée des CA (Pharmavie, 2025)

6.4 Liquides (Solutions, sirops, ampoules)

Les compléments liquides sont des solutions ou des suspensions contenant les ingrédients actifs dissous ou dispersés dans un liquide (eau, huile, alcool). **(Rapport Ansm, 2022)(Figure 04).**

Les caractéristiques

- Absorption rapide : Les nutriments sont directement disponibles pour l'organisme.
- Facilité d'utilisation : Idéaux pour les enfants, les personnes âgées ou ceux qui ont des difficultés à avaler des comprimés.

Goût agréable : Souvent aromatisés pour améliorer l'expérience de consommation.

Ex : Vitamines liquides (vitamine D3 en gouttes). Oméga-3 sous forme d'huile.



Figure 04 : Forme liquide des CA(Pharmacies Melouki, 2025)

6.5 Gummies (Gommes à mâcher)

Les gummies sont des compléments alimentaires sous forme de gommes à mâcher, souvent aromatisées et sucrées. **(Journal of Functional Foods, 2021)(Figure 05).**

Les caractéristiques :

- Goût agréable: Appréciables des enfants et des adultes qui n'aiment pas avaler des comprimés.
- Facilité d'utilisation : Pratiques à consommer sans eau.
- Ex :Multivitamines pour enfants. Compléments de collagène.



Figure 05 : Forme gummies des CA (Amazone, 2025)

6.6 Comprimés effervescents

Ces comprimés se dissolvent dans l'eau pour former une boisson gazeuse contenant les ingrédients actifs. **(European Journal of Nutrition, 2020)(Figure 06).**

Les caractéristiques :

- Absorption rapide: Les nutriments sont rapidement disponibles dans l'eau.

- Goût agréable : Souvent aromatisés pour un plaisir de consommation.



Figure 06 : Forme comprimée effervescentes des CA (Bechic Germ, 2025)

6.7 Capsules molles

Les capsules molles permettent l'encapsulation de principes actifs liquides, elles offrent une libération rapide dans le tube digestif (**European Journal of Nutrition, 2020**) (**Figure 07**).



Figure 07 : Forme capsules molles des CA(Istock, 2025)

7 Bienfaits des compléments alimentaires pour les sportifs

- **Amélioration de l'énergie et de l'endurance**

Des compléments comme la caféine ou la créatine aident à améliorer les niveaux d'énergie, l'endurance et la performance pendant l'exercice intense (**Kreider, 2017**).

- **Soutien à la croissance musculaire et à la récupération**

Les protéines (comme la whey) et les acides aminés essentiels favorisent la récupération musculaire, la synthèse des protéines et le développement de la masse maigre(Jager, 2017).

- **Amélioration de la récupération après l'effort**

Des compléments comme les oméga-3, la glutamine, ou les antioxydants (vitamines C et E) permettent de réduire l'inflammation musculaire et d'accélérer la récupération(Phillips, 2014).

- **Optimisation de la concentration et de la fonction mentale**

Certains compléments (ex. : bêta-alanine, L-carnitine) peuvent soutenir la concentration, le temps de réaction et la vigilance mentale pendant l'entraînement ou les compétitions (Derave, 2007).

- **Compensation des pertes nutritionnelles**

L'activité physique intense augmente les besoins en vitamines et minéraux. Les compléments permettent de prévenir les carences et de maintenir l'équilibre nutritionnel(Nieman, 2010).

8 Risques toxicologiques des compléments alimentaires

Les compléments alimentaires peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des consommateurs. Ils peuvent entraîner des conséquences toxiques en cas de surdosage ou de surconsommation, ce qui peut dépasser les apports maximaux tolérables. Ces apports maximaux tolérables sont définis comme les quantités quotidiennes les plus élevées de ces compléments alimentaires qui ne sont probablement pas nocives pour la santé de la plupart des individus d'un groupe donné, en fonction de leur âge et de leur sexe (Satha et al., 2020).

- **Risque de surdosage**

La consommation de compléments alimentaires non prescrits peut avoir des conséquences graves sur la santé des consommateurs. Un surdosage ou une surconsommation, qui peut se produire lors de la prise simultanée de plusieurs compléments alimentaires, et peut entraîner des effets toxiques. Même si deux compléments alimentaires ont des objectifs différents, ils peuvent contenir des ingrédients communs, tels que des vitamines et des minéraux, ce qui peut causer une overdose si les doses recommandées individuellement sont dépassées (Satha et al., 2020).

- **Les effets cardiovasculaires**

La diméthylaniline est un produit chimique utilisé pour perdre du poids ou accroître les performances athlétiques, la DMAA qui possède la même action stimulante que l'éphédrine, présente des effets indésirables d'ordre cardiovasculaire similaires à ceux observés avec les stimulants de type éphédrine et amphétamines. Les effets indésirables signalés dans la littérature sont des infarctus du myocarde, des arythmies et des cardiomyopathies (BFR, 2012). Généralement, les stimulants sont arythmogènes. Dans la mesure où un exercice physique peut également entraîner des arythmies, le risque d'apparition de troubles du rythme est augmenté lors de la prise concomitante de stimulant(s). En outre, l'exercice physique augmente l'effet thermogénique des stimulants, ce qui accroît le risque de survenue d'hyperthermie d'effort (Hatton et al., 2014).

- **Interactions médicamenteuses**

Les interactions entre les médicaments et les compléments alimentaires peuvent causer des risques réels pour les patients, en particulier chez ceux qui suivent un traitement neurologique ou cardio-vasculaire, même avec des médicaments sans ordonnance. Certaines substances contenues dans les compléments peuvent perturber l'efficacité de certains médicaments, tels que le calcium qui peut altérer l'action des médicaments contre les troubles cardiaques, les diurétiques et les antibiotiques des familles des cyclines et des quinolones. Il est important de noter que les effets des compléments alimentaires peuvent s'additionner à ceux des médicaments, ce qui peut causer des effets indésirables dangereux pour la santé. Ainsi, il est fortement recommandé d'éviter de prendre certains compléments alimentaires tels que le ginkgo, la vitamine E et les acides gras en même temps que des médicaments anticoagulants ou de l'aspirine, car cela peut entraîner des complications graves. Par conséquent, il est essentiel de consulter un médecin ou un pharmacien avant de prendre des compléments alimentaires avec des médicaments pour éviter les interactions dangereuses (Vidal, 2014).

- **Risques liés à la consommation du fer**

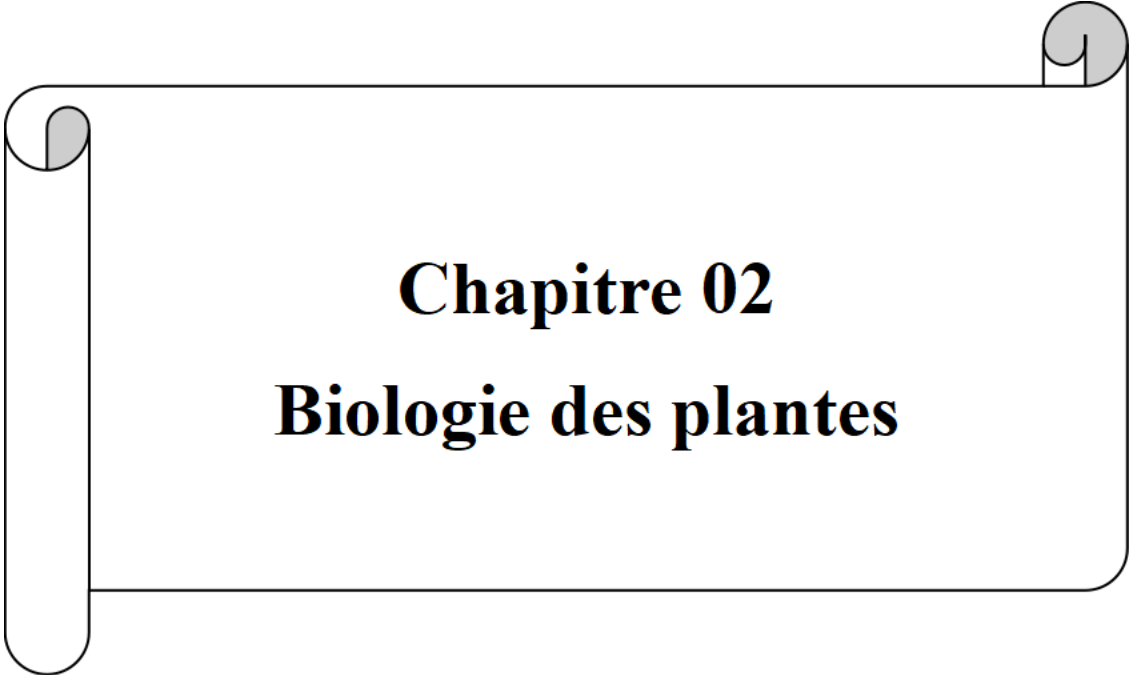
Selon une étude publiée en 2000 dans la revue *Neurology*, des niveaux élevés de fer dans l'organisme augmentent les symptômes et probablement les dommages causés au cerveau des patients atteints d'un accident vasculaire cérébral. Une augmentation de 80% du risque de progression des symptômes a été constaté sur 100 patients (Davalos et al., 2001).

Trop de fer double le risque de maladie de Parkinson. Une étude de 2003 a montré qu'une consommation élevée de Fer (dans les 25% de la population qui en consomme le plus) augmente de 70% le risque de développer la maladie de Parkinson, et de 90% pour les personnes qui

consomment également beaucoup de Manganèse par rapport aux 25% de la population qui consomment le moins de Fer et Manganèse (**Powers et *al.*, 2003**).

- **Risques d'allergies**

Il s'agit par exemple des « huiles essentielles », issues de plantes le plus souvent, qui sont proposées à hautes concentrations et souvent en association ou en mélange. Des réactions allergiques, cutanées (**Groot et *al.*, 2016**), ou respiratoires, parfois sévère de type hypersensibilité immédiate, ont été rapportées.



Chapitre 02

Biologie des plantes

1 Généralités sur les protéines végétales

Les protéines sont des macromolécules biologiques essentielles à la vie et au bon fonctionnement cellulaire. Elles sont constituées de chaînes d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques. Chaque acide aminé est formé d'un groupe amine ($-NH_2$), d'un groupe carboxyle ($-COOH$), et d'une chaîne latérale (ou radical) qui détermine ses propriétés chimiques spécifiques. On dénombre 20 acides aminés communément impliqués dans la synthèse des protéines, chacun ayant des fonctions et des caractéristiques uniques (**Benhamou, 2025**).

Les protéines végétales sont présentes dans divers végétaux tels que les légumineuses, les céréales, les graines et les noix. Bien qu'elles soient parfois incomplètes, c'est-à-dire qu'elles ne contiennent pas l'ensemble des neuf acides aminés essentiels dans des proportions optimales, il est possible de couvrir les besoins en acides aminés par une alimentation végétale variée. En combinant différentes sources de protéines végétales au cours de la journée (comme le riz et les lentilles, ou le pois et le quinoa), on peut obtenir un profil protéique complet (**Aroma, 2025**).

2 Classification des protéines végétales

Les protéines végétales peuvent être classées en fonction de leur solubilité et de la composition de leurs acides aminés. En termes de solubilité, on distingue les protéines solubles (albumines, globulines) et les protéines insolubles (protéines fibrillaires). La composition en acides aminés varie grandement d'une source végétale à l'autre.

2.1 Classification en fonction de leur solubilité

Les premières tentatives de classification des protéines végétales se sont appuyées sur leur solubilité et leur mode d'extraction. La première étude systématique en la matière a été menée par T.B. Osborne, qui s'est intéressé aux protéines de réserve des graines, en s'appuyant sur la nomenclature proposée par le Comité américain de nomenclature des protéines (**Committee on Protein Nomenclature, 1908**).

Selon ce système, les protéines sont classées en trois grandes catégories : protéines simples, protéines conjuguées et protéines dérivées. Les protéines présentes dans les tissus végétaux sont principalement considérées comme des protéines simples, subdivisées en quatre types (**Osborne, 1924**) :

- **Albumines** : solubles dans l'eau,
- **Globulines** : solubles dans les solutions salines,

- **Prolamines** : solubles dans les solutions alcooliques,
- **Glutélines** : solubles dans les solutions alcalines.

Ces quatre classes, dérivées de la fractionnement séquentielle selon Osborne, sont encore largement utilisées aujourd'hui, notamment dans les procédures d'extraction et de purification des protéines végétales.

Des classifications plus récentes et plus complexes ont par la suite été proposées, tenant compte de critères tels que la structure chimique, le mécanisme d'action, la fonction biologique ou la localisation intracellulaire des protéines. Toutefois, la classification d'Osborne demeure la référence, en raison de sa simplicité et de son efficacité pratique dans les analyses biochimiques (**Boulter et Derbyshire, 2013**).

- **Les globulines**

Sont des protéines oligomériques, globulaires et compactes et de poids moléculaire assez élevé. On distingue deux principales familles structurales en fonction de leur coefficient de sédimentation : les protéines de type 11-12S, présentes majoritairement dans la plupart des graines dicotylédones (légumineuses, oléagineux) et les protéines de type 7S, sont principalement représentées dans les graines de légumineuses (pois, soja, haricot, fève) (**Rahal et Ghouni, 2019**).

- **Les albumines**

Les albumines sont définies comme des protéines globulaires coagulables par la chaleur. La famille des albumines est très hétérogène ; elle est composée d'une multitude de protéines, souvent présentes en faibles quantités, aux fonctions biologiques très diverses, dont certaines peuvent avoir un impact nutritionnel (**Rahal et Ghouni, 2019**).

Les albumines les plus connues sont l'albumine sérique, la principale protéine du sang humain, et l'albumine du blanc d'œuf. Chez les plantes, l'albumine est présente sous forme de protéine de réserve 2S dans les graines, par exemple sous forme de leucine dans l'orge, le blé et le seigle, de légumine dans le pois, le soja et le niébé, de phaséline dans le haricot rouge, et de ricine dans la graine de ricin (**Rasheed et al., 2020**).

- **Les prolamines**

Sont des protéines non globulaires, constituées d'une seule chaîne polypeptidique, et possédant un très grand polymorphisme. On distingue les α , β , γ , et ω gliadines dont les poids moléculaires sont compris entre environ 30 kDa et 80 kDa (**Rahal et Ghouni, 2019**).

- **Les gluténines**

Sont des protéines de très haut poids moléculaire, de 100 kDa à plusieurs millions, constituées de sous-unités reliées entre elles par des ponts disulfures. L'analyse des séquences de prolamines et des sous-unités gluténines fait apparaître l'existence de séquences répétitives très riches en glutamine et proline, dont certaines sont très impliquées dans la maladie cœliaque (Rahal et Ghouni, 2019).

2.2 Classification selon les sources

De nombreux aliments végétaux contiennent des protéines végétales en proportions différentes (Greenpeace France, s.d, 2015) :

Les légumes secs, issus de la culture de légumineuses : pois cassés, pois chiches, petits pois, haricots, lentilles, soja, fèves, etc. Des études soulignent leur bonne teneur en protéines (entre 20 à 40 % selon l'Inrae) ainsi que les bénéfices agronomiques de la culture des légumineuses, qui contribue à la fertilisation des sols.

- **Les oléagineux :** arachide, noix, noisettes, amandes.
- **Les céréales :** blé, riz, avoine, quinoa, sarrasin, épeautre.
- **Les tubercules :** patate douce, pomme de terre, manioc ; Certaines épices comme le fenugrec .La spiruline.

1. Intérêt des protéines végétales

Les protéines végétales jouent un rôle important dans le soutien de la santé globale et des fonctions vitales de l'organisme, car elles fournissent tous les acides aminés essentiels que le corps ne peut pas synthétiser naturellement, rendant ainsi leur apport alimentaire indispensable (Ahrén, 2019). Plusieurs revues scientifiques indiquent que les protéines végétales contribuent à améliorer la santé métabolique et à réduire les facteurs de risque associés aux maladies cardiovasculaires et au diabète de type 2, en plus de diminuer le risque de certains types de cancer (Ahrén, 2019 ; AND, 2016). Les régimes alimentaires végétaux variés et équilibrés – tels que ceux riches en céréales complètes, légumineuses, noix et graines – fournissent tous les nutriments nécessaires pour soutenir la santé des sportifs et la croissance musculaire (USDA, 2010).

Les études indiquent la capacité des protéines végétales à stimuler la synthèse des protéines musculaires, notamment lorsqu'on associe différentes sources végétales pour assurer

un apport complet en acides aminés essentiels. Par exemple, une étude de (Joy et al., 2013) a démontré l'efficacité des suppléments de protéines de riz pour augmenter la masse musculaire et la force chez les sportifs, des résultats similaires à ceux obtenus avec la whey protéine. De même, (Moon et al., 2020) ont constaté que la protéine de riz améliore la masse musculaire lorsqu'elle est consommée en doses riches en leucine, tandis qu'une étude de (Babault et al., 2015) a confirmé l'efficacité de la protéine de pois pour augmenter l'épaisseur musculaire, en particulier chez les personnes souffrant de faiblesse musculaire. Ces résultats combinés confirment qu'une consommation adéquate de protéines végétales, équilibrée en acides aminés essentiels, peut entraîner des améliorations comparables à celles des protéines animales.

De plus, une étude de (Yao et al., 2017) a démontré les effets bénéfiques de la leucine présente dans les graines de courge pour traiter l'obésité, améliorer la sensibilité à l'insuline et réduire l'inflammation chronique, tout en jouant un rôle important dans la régulation de l'appétit. En outre, les graines de courge contiennent de l'arginine, un acide aminé essentiel qui soutient la santé cardiovasculaire et les fonctions musculaires.

Choix des plantes

Les protéines végétales sont considérées parmi les principales sources alimentaires sur lesquelles l'être humain compte pour satisfaire ses besoins quotidiens en acides aminés essentiels. Parmi toutes les sources de protéines alimentaires existantes, les sources végétales représentent la plus grande part, constituant 57 % de l'approvisionnement mondial (FAO, 2010).

Les graines sont l'une des sources naturelles les plus importantes de protéines végétales, avec des teneurs qui peuvent parfois dépasser 20 g/100 g de matière sèche, ce qui en fait une option économique et nutritive (Amagliani et al., 2017). En plus de leur teneur élevée en protéines, les graines sont riches en acides gras insaturés, en fibres, en vitamines et en minéraux, ce qui augmente leur valeur nutritionnelle et les rend idéales pour l'industrie alimentaire. Parmi les raisons supplémentaires qui ont motivé le choix de ces graines, il y a aussi la facilité et l'abondance des méthodes d'extraction des protéines à partir de celles-ci. En effet, les méthodes d'extraction disponibles – telles que l'utilisation de solutions salines, de milieux alcalins ou acides, et les techniques de séparation comme l'ultracentrifugation et l'ultrafiltration – sont connues pour leur faible coût et leur applicabilité industrielle. Ces méthodes permettent d'obtenir des extraits protéiques de haute pureté et de qualité (Cao et al., 2019).

Dans ce contexte, nous avons choisi de nous concentrer sur trois types de graines comme principales sources de protéines végétales : le *Chenopodium quinoa*, le *Pisum sativum* L et le *Cucurbita pepo* L. Ce choix s'explique par plusieurs raisons, notamment :

Le *Chenopodium quinoa* à haute teneur en protéines (environ 14-18 %), et contient un ensemble complet d'acides aminés essentiels, y compris la lysine qui est présente en faible quantité dans d'autres céréales. Le *Chenopodium quinoa* est également exempt de gluten, ce qui en fait une excellente option pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque (**López et al., 2018**).

Les graines *Pisum sativum* L. sont connues pour leur teneur élevée en protéines (environ 30 g/100 g de matière sèche), ainsi que pour leur richesse en zinc, magnésium et acides gras sains (**Amagliani et al., 2017**). Cela en fait un excellent ajout à une alimentation équilibrée et saine.

Les *Pisum sativum* L contiennent une teneur en protéines allant de 20 à 25 g/100 g de matière sèche, et constituent une bonne source d'acides aminés essentiels (en particulier l'arginine et la lysine) ainsi que de fibres alimentaires (**Amagliani et al., 2017**). Les protéines de pois sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire végétale en raison de leurs excellentes propriétés fonctionnelles telles que l'émulsification et l'absorption de l'eau (**Cao et al., 2019**).

En outre, les protéines végétales extraites de ces sources jouent un rôle essentiel dans le développement d'aliments sans gluten et riches en protéines, répondant ainsi à la demande croissante du marché dans un contexte de croissance démographique et de recherche d'aliments sains et sûrs (**Berryman et al., 2018 ; Shevkani et al., 2015**). Grâce à ce projet, nous visons à extraire et à valoriser ces protéines végétales pour la production d'un complément alimentaire de haute qualité, contribuant à l'amélioration durable de la santé des consommateurs.

1 *Chenopodium quinoa*.

1.1 Origine et l'histoire

Le quinoa (*Chenopodium quinoa*) a été décrit botaniquement pour la première fois en 1778 par Willdenow (botaniste et pharmacien allemand) comme une espèce originaire d'Amérique du Sud, dont le centre d'origine est situé dans les Andes (**Dharm, 2019**), et plus

précisément des alentours du lac Titicaca. Cette zone située entre le Pérou et la Bolivie. Selon des preuves historiques, le *C. quinoa* est domestiqué depuis plus de 7000 ans par les peuples andins. Les restes les plus anciens du quinoa ont été découverts à Ayacucho (Pérou), datant de plus de 5000 ans avant JC., et ceux de Chinchorro, dans le nord du Chili, remontent à 3000 ans avant JC. Enfin, des traces ont été découvertes en Bolivie, datant de 750 ans avant JC (Herbillon, 2015). Le développement technique du quinoa a été avancé et distribué sur tout le territoire des Incas. Avec l'arrivée des Espagnols (Cercam, 2014). Au XVI^e siècle, la culture et l'utilisation du *C. quinoa* ont considérablement diminué en raison de l'introduction de cultures européennes (blé et orge) (Lebonvallet, 2008). A la seconde moitié du XX^e siècle, Le *C. quinoa* est devenu un produit alimentaire populaire notamment dans l'Europe et en Amérique du Nord, Le nombre de pays la cultivant augmenté de 8 en 1980 à 95 en 2015, en plus que le nombre de centres de recherche qui étudient la culture de *C. quinoa* et effectuant des expériences est augmenter (Da cunha veloso., 2016).

Le *Chenopodium quinoa* a plusieurs Noms communs utilisés dans les Andes selon la langue ou la région tels que:

- «quinua», «kiuna», «parca» en Équateur, Pérou, Bolivie;
- «Supha», «jopa», «jupha», «jiura», «Aara», «ccallapi», «vocali» en Bolivie ;
- «Quinhua» en Chili ;
- «suba », «pasca» en Colombie (Valencia-Chamorro S A., 2004).

1.2 Description botanique

Le *Chenopodium quinoa* est une plante herbacée, autogame, annuelle. La couleur prédominante de la plante est verte mais chez les plantes adultes, les couleurs de base sont rouges, pourpre et vertes, selon le génotype (Del Castillo et al., 2008). Du point de vue de la classification, tous les caractères morphologiques n'ont pas la même valeur. Parmi les plus constants figurent mentionner l'habitude de la plante et les formes de l'inflorescence, la feuille et le fruit. Ils sont de bons caractères pour différencier les variétés, pas les races, car ces caractères sont impliqués dans ces dernières. Les organes du *C. quinoa* sont si petits qu'ils ont compliqué la classification (Gandarillas .1979).

1.3 Taxonomie de la plante

Le *C. quinoa* est une pseudo-céréale, de la famille des Chenopodiaceae .

🚩 Classification botanique selon (Cronquist, 1981)

- **Règne** : Plantae.
- **Sous-embr** : Tracheobionta.
- **Division** : Magnoliophyta.
- **Classe** : Magnoliopsida.
- **Groupe** : Thalamiflorae.
- **Sous-classe** : Dicotyledonae
- **Ordre** : Caryophyllale.
- **Famille** : Chenopodiaceae.
- **Genre** : *Chenopodium*.
- **Espèces** : *Chenopodium quinoa*.
- **Nombinominal** : *Chenopodium quinoa* Willd.

Classification APG III (2009)

Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le quinoa dans la famille des Amaranthaceae (**Herbillon, 2015**) .

- **Ordre** : Caryophyllales
- **Famille** : Amaranthaceae
- **Nombinominal** : *Chenopodium quinoa* Willd.

1.4 Morphologie de la plante

Les premières classifications du *C. quinoa* prenaient en compte la couleur de la plante et des fruits, parfois même la forme du fruit ou le goût des grains. L'une des premières classifications était décrit quatre espèces de quinoa *Chenopodium album*, caractérisé par des grains doux ; *Chenopodium pallidus* aux grains amers ; *Chenopodium ruber* aux grains rouges et *Chenopodium niger* aux grains noirs (**Tapia et al., 1979**).

- **Racine**

Le *Chenopodium quinoa* possède un système racinaire pivotant, vigoureux, profond, assez ramifié et fibreux, qui pourrait lui donner résistance à la sécheresse et une bonne stabilité à la plante. Pendant la germination, la première chose qui commence à s'allonger est la racicule. Elle continue à croître et conduit à la racine, atteignant en cas de sécheresse jusqu'à 1.80 cm de

profondeur. La profondeur des racines est étroitement liée à la hauteur de la plante (**Mujica, Izquierdo et al., 2001**)(Figure 08).



Figure 08 : Racine de *Chenopodium quinoa* (**Oucif et al., 2018**)

- **Tige**

La tige est cylindrique, sauf au niveau des ramifications où elle est angulaire, puisque les feuilles sont alternes et donnent une configuration exceptionnelle. L'épaisseur de la tige est également variable, étant plus grande à la base qu'au sommet. Ceci est généralement en fonction du génotype, de la densité de plantation et de la disponibilité des éléments nutritifs.

La coloration de la tige varie du vert au rouge. Le diamètre de la tige est variable avec les génotypes, la distance de plantation, la fertilisation, les conditions de culture, variant de 1 à 8 cm de diamètre (**Mujica et al., 2001**).

- **Ramifications**

Les branches naissent à l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales, allant de quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (**Jacobsen et Stolen, 1993**).

- **L'inflorescence**

C'est une panicule généralement abondamment ramifiée, d'une longueur de 15 à 70cm, qui s'élève au sommet de la plante et à l'aisselle des feuilles inférieures (**Bhargava et al., 2007**). L'inflorescence du *Chenopodium quinoa* est généralement de deux types (**Jacobsen et Stolen, 1993**) amaranthiforme (B), dans laquelle les glomérules sont insérés directement sur des axes

de deuxième ordre (axe secondaire) et glomérulée, dans laquelle les glomérules(A) sont insérés sur des axes de troisième ordre (axe tertiaire) (**Figure :09**)

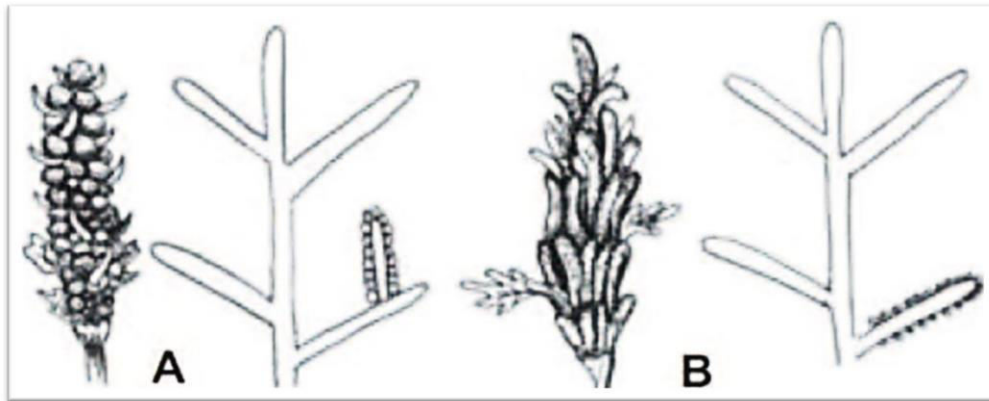


Figure 09 : Formes d'inflorescences du *Chenopodium quinoa* (A): Glomérules (B) : Amaranthiforme) (Tapia et Fries, 2007).

La couleur des inflorescences du *C. quinoa* varie également en fonction du génotype. (Fuentes et Bhargava , 2011) ont rapporté que les inflorescences de couleur jaune (A) étaient les plus fréquentes (57%) suivies par les rouges (B) (32%) , tandis que les inflorescences de couleur orange (C) et violette (D) étaient de faible fréquence relative (environ 4% chacune) dans le germoplasme collecté dans le nord du Chili(**Figure 10**).

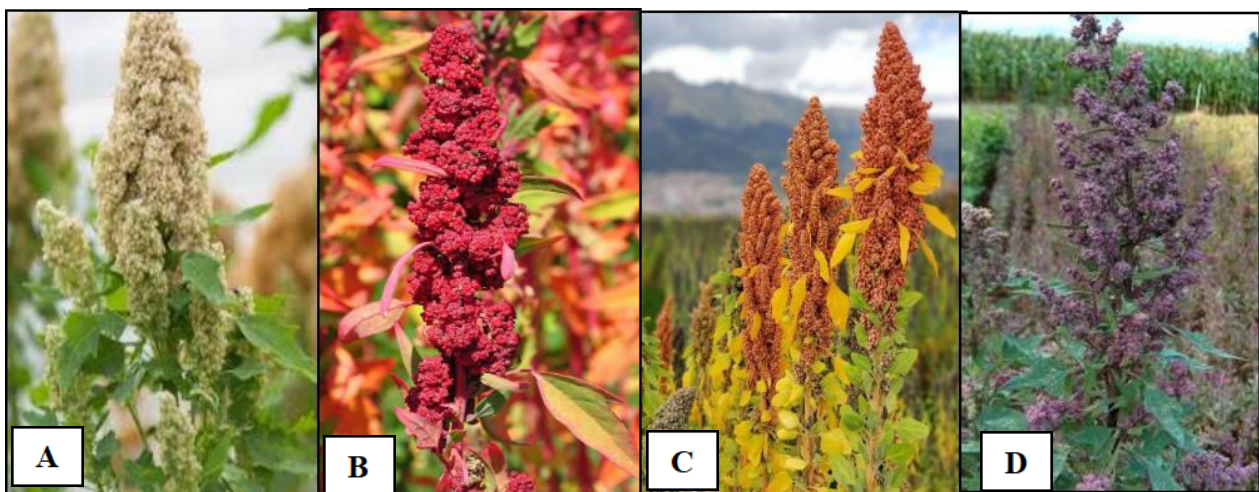


Figure 10: Différentes couleurs des inflorescences du *Chenopodium quinoa* (Navarro, 2015)

- **Feuilles**

Les feuilles d'une même plante sont nettement polymorphes , les feuilles basales sont grandes et peuvent être rhomboïdales ou triangulaires (FAO, 2011). Les feuilles alternes, ont un limbe en forme de losange, de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux, charnu et tendre

(Del Castillo et al. 2008). Elles sont dentées, avec jusqu'à 43 dents sur leurs bords. La couleur des feuilles varie du vert au rouge, en passant par le jaune et le violet, selon la nature et l'importance des pigments (FAO, 2011)(Figure 11).

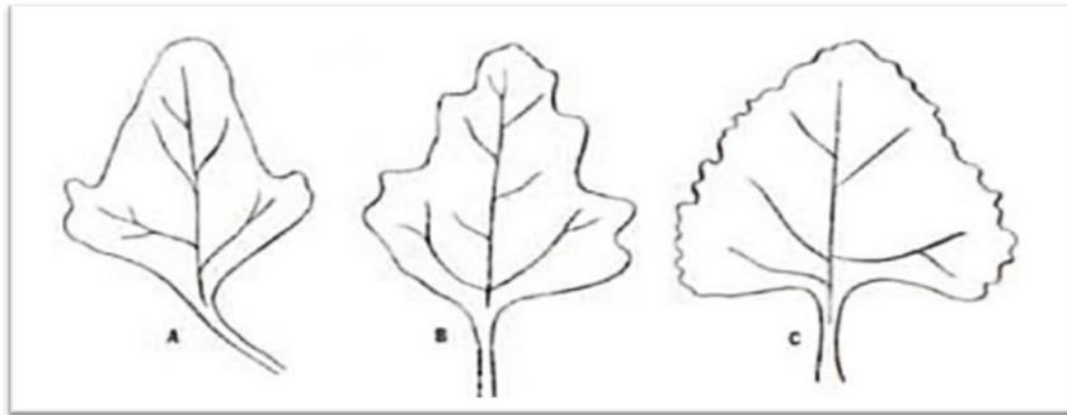


Figure 11 : Forme des feuilles de *Chenopodium quinoa* (Herbillon, 2015)

A) Race du sud du Pérou et de la Bolivie avec peu de dents. **B)** Race du centre du Pérou avec 3 à 12 dents. **C)** Race du nord du Pérou et l'Equateur avec plus de 12 dents (Herbillon, 2015).

- **Fleurs**

Tous les membres de la famille des Chénopodiacées, y compris le genre *Chenopodium*, présentent des fleurs incomplètes, sessiles et dépourvues de pétales (Jacobsen et Stolen, 1993).

Une caractéristique importante du *Chenopodium quinoa* est la présence de fleurs femelles unisexuées localisées à l'extrémité distale d'un groupe, et de fleurs hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale (Hunziker, 1943 ; Valencia-Chamorro, 2003)(Figure 12).



Figure 12 : Fleurs hermaphrodites et femelles de *Chenopodium quinoa* (Herbillon, 2015).

A) Fleur hermaphrodite en période d'anthèse. **B)** Fleur hermaphrodite avant l'anthèse. **C)** Fleur femelle(Herbillon, 2015)

- **Fruits**

C'est un akène dérivé d'un ovaire supéro-oculaire et d'une symétrie dorso-ventrale. cylindrique-lenticulaire, légèrement élargie vers le centre, dans la zone ventrale de l'akène observer une cicatrice qui est l'insertion du fruit dans le réceptacle floral, elle est constituée par le perigonium qui enveloppe complètement la graine et contient une seule graine, de couleur variable, avec un diamètre de 1,5 à 4 mm, qui se détache facilement à maturité et dans certains cas peut rester attaché au grain même après le battage, rendant la sélection difficile, la teneur en humidité du fruit à la récolte est de 14,5% (**Gallardo *et al.*, 1997**)(Figure 13).

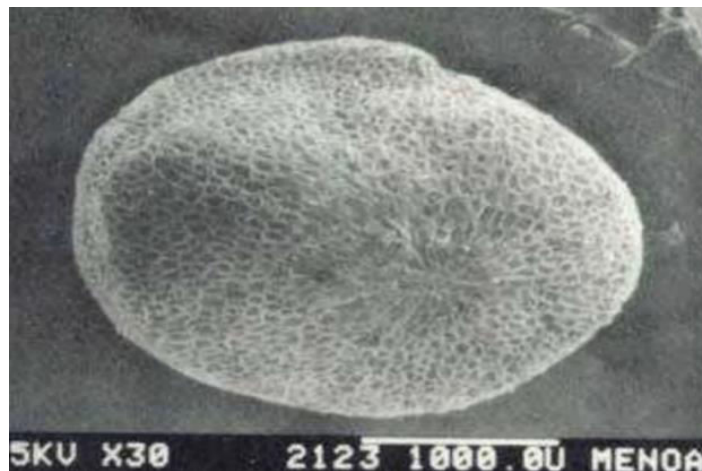


Figure 13 : Vue ventrale du fruit du *Chenopodium quinoa* au microscope électronique de balayage (**Gallardo, González *et al.*, 1997**).

- **Graine**

Principales parties comestibles de la plante, peuvent être de trois formes différentes : conique, cylindrique ou ellipsoïde. Recouvertes de saponine (Une substance anti nutritive amère qui éloigne naturellement les oiseaux, éliminée par lavage) : (**del Castillo *et al.*, 2008**). Il comprend trois parties bien définies l'épisperme, l'embryon et le .L'embryon périphérique entoure le périsperme central (tissus de réserve) et se trouve couvert par le péricarpe et deux assises tégumentaires (**Prego *et al.*, 1998**). (Figure 14)

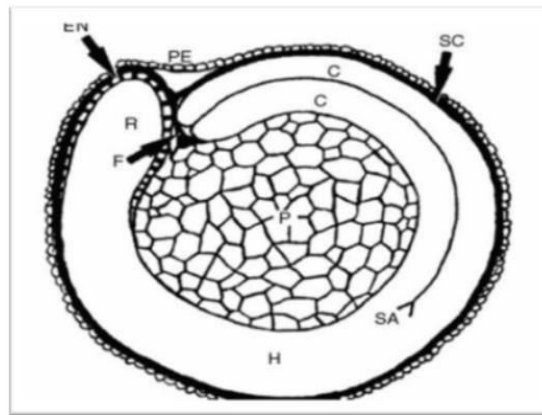


Figure 14 : Structure de Grain de *Chenopodium quinoa* (pergo et *al.*, 1998).

Le péricarpe (PE) entoure la graine. L'embryon consiste en un axe hypocotyle-radicule (H) et deux cotylédons (C). L'endosperme (EN) est présent dans la région micropylaire.

(F): Funicule ; (P): Périsperme ; (PE): Péricarpe ; (R): Radicule ; (SA): Apex ;

Echelle = 500 μm .

1.5 Cycle de vie de *Chenopodium quinoa*

Selon le cycle de culture peut prendre 08 mois (240 jours) sur les hauts Andine, mais il peut prendre 04 mois (120 jours) dans les zones arides de Chili .Il existe des variétés précoces (100 à 120 jours), semi-précoces (150 à 160 jours) et tardives (180 à 200 jours) 15 Plante annuelle à cycle court de 90 à 120 jours de croissance. Il faut compter entre 160 et 180 jours entre l'ensemencement et la récolte (Vega-Gálvez et *al.*, 2010) (Figure 15)

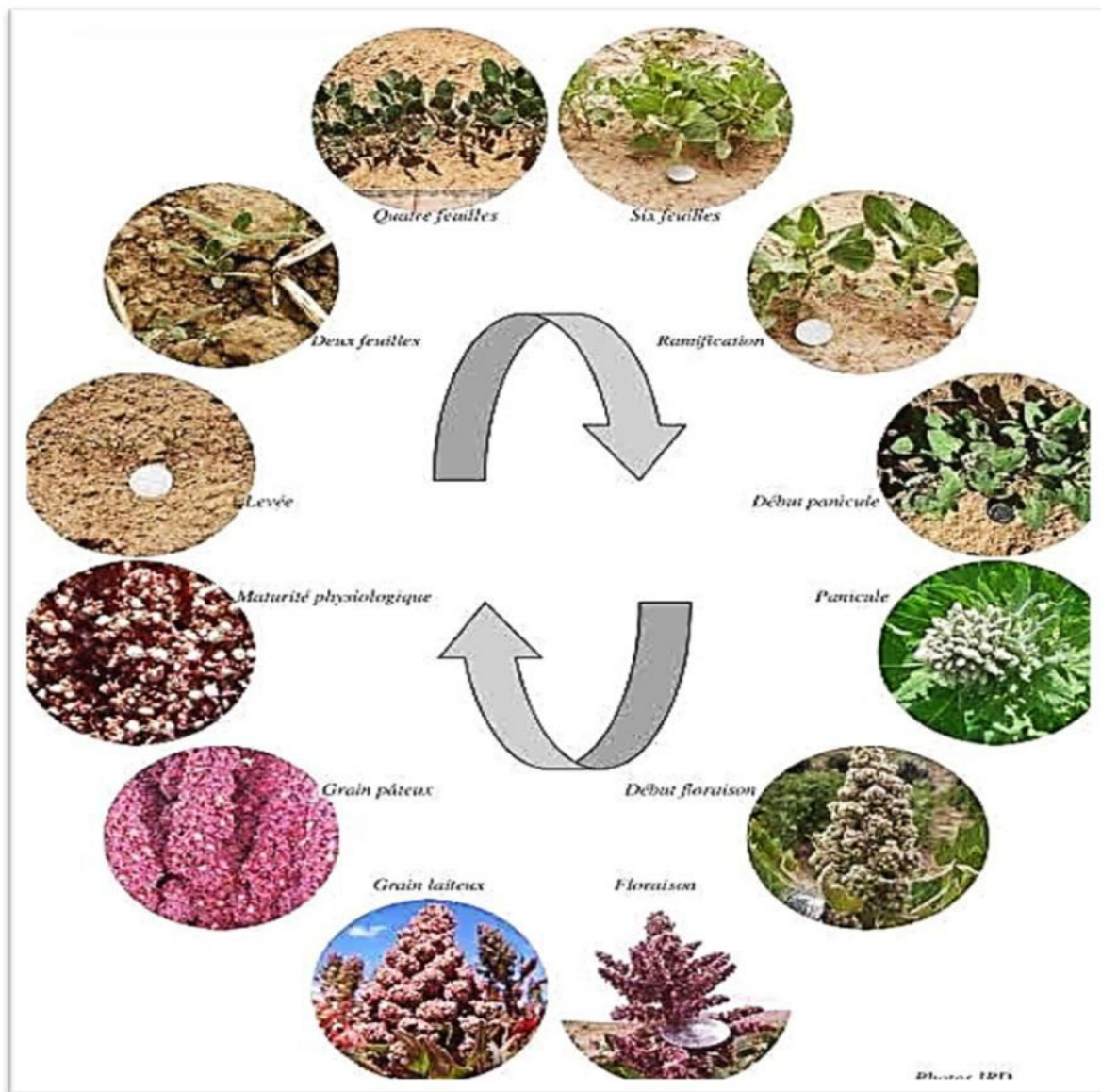


Figure 15 : Phases phénologiques du *Chenopodium quinoa* (Lebonvallet, 2008).

1.6 Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines

Les *Chenopodium quinoa* sont riches en protéines, en acides aminés essentiels, en fibres alimentaires, en graisses, en minéraux, en vitamines et en antioxydants naturels (Jyoti et Chanu, 2018). Etant une excellente source de fer. Le *Chenopodium quinoa* représente donc un aliment intéressant particulièrement pour les personnes végétariennes. Un très grand avantage, pour les personnes atteintes du syndrome du côlon irritable ou de la maladie cœliaque, est que le *Chenopodium quinoa* ne contient pas du gluten.

1.6.1 Protéines de réserve

- **Protéines de stockage**

La grande majorité des protéines de stockage se répartissent en quatre grands groupes :

- Les globulines subdivisées en deux classes distinctes sur la base de leurs coefficients de sédimentation : Les globulines 11S et Les globulines 7S
- Les albumines.-Les prolamines. Les principales fractions de protéines du quinoa (et des autres pseudos-céréales) sont les globulines et les albumines(le type de globuline et albumine et le pourcentage %)(Fairbanks et *al.*,1989).

Par ailleurs, les protéines du *Chenopodium quinoa* ne contiennent pas, ou très peu, de prolamines (pourcentage) qui sont les principales protéines de réserve des céréales conventionnelles. Ces prolamines, telles que la gliadine du blé ou l'hordéine de l'orge, sont collectivement appelées « gluten » et induisent des réponses auto-immunes chez les patients cœliaques (Fairbanks et *al.*,1989)..

- **Acides aminés**

Les protéines du *Chenopodium quinoa* révèlent une importante valeur nutritionnelle, qui se détermine avant tout par la balance en acides aminés essentiels (FAO, 2011) , c'est-à-dire ceux que le corps ne peut synthétiser lui-même et nécessitant donc d'être fournis par le régime alimentaire.

Tableau 03 : Composition en acides aminés de la graine de *Chenopodium quinoa* (mg/100g)(USDA, 2005)

Acide amine	Quinoa
Histidine	407
Isoleucine	504
Leusine	840
Méthionine	309
Phénylalanine	593
Thrèonine	421
Tryptophane	167

Valine	594
Arginine	1091
Cystine	203
Glycine	694
Proline	773
Tyrosine	267

- **Glucide**

Les glucides sont les composants majeurs retrouvés dans les graines du quinoa, leur teneur variant entre 67% et 74% de la matière sèche (**Jancurová et al., 2009**). On trouve majoritairement de l'amidon, mais aussi des fibres alimentaires et des sucres simples.

- **Amidon**

L'amidon du quinoa est stocké principalement dans les cellules du péricarpe de la graine, avec de petites quantités apparaissant dans le tégument et l'embryon (**Prego et al., 1998**).

L'amidon du quinoa est très riche en amylopectine qui lui confère une excellente stabilité aux processus de congélation-décongélation (**Berghofer et Schoenlechner, 2002**). Il s'est révélé être un meilleur agent épaississant que d'autres amidons.

- **Fibres alimentaires**

Ce sont des polymères complexes, de grande taille, qui ont commun leur nature polysaccharidique (à l'exception de la lignine). Ces substances résiduelles sont aujourd'hui reconnues pour leurs nombreux effets bénéfiques sur la santé humaine.

Les graines de *Chenopodium quinoa* contiennent entre 10 et 14% de fibres alimentaires totales qui sont particulièrement présents dans l'embryon. Cette teneur en fibres totales est comparable à celle d'autres céréales, cependant, la composition des fibres du C. quinoa ressemble davantage à celle des fruits, légumes et légumineuses (**Alvarez-Jubete et al., 2009**).

- **Sucres simples**

Les graines de *C. quinoa* contiennent environ 3% de sucres individuels, avec essentiellement du maltose, suivi par le D-galactose et le D-ribose ; ainsi que de faibles niveaux de fructose et de glucose (**Ranhotra et al., 1993**).

- **Lipides et composés lipidiques**

La teneur en lipides de la graine de *Chenopodium quinoa* en moyenne de 6%, connaît des variations en fonction des cultivars ou des méthodes de quantification utilisées (**Dini et al., 1992; Koziol, 1992 ; Ruales et Nair, 1993; Ando et al., 2002**)

Les lipides sont localisés dans des corps lipidiques qui sont les éléments de stockage des cellules de l'endosperme et des tissus embryonnaires de la graine de *Chenopodium quinoa* (**Prego et al., 1998**).

- **Minéraux**

La teneur minérale totale (cendres) du *Chenopodium quinoa* est fortement influencée par les conditions environnementales durant la croissance des graines, et en particulier par la disponibilité des minéraux du sol (**Alvarez-Jubete, 2009**).

2 *Pisum sativum* L.

2.1 Origine et historique

Le Pisum sativum L. aussi appelé pois potager l'un des plus vieux légumes cultivés en Europe et en Asie. En Iran, en Palestine, en Grèce ou encore en Suisse, le petit pois était déjà présent il y a 10.000 ans. Sa consommation fraîche est relativement récente. Il s'est implanté en France au XVII^e siècle en passant par l'Italie et les Pays Bas. Il se développa rapidement autour de Paris (**Fondevilla et al., 2011**). Des traces évidentes d'utilisation du *Pisum sativum* L. ont été retrouvées dans de nombreux vestiges, il y a 9 à 10.000 ans en Anatolie en Iran, en Grèce et en Palestine, d'où l'idée que le pois serait originaire de l'Orient, de l'Inde ou de la Perse, et qu'il aurait ensuite été importé en Asie mineure et en Europe par les peuples aryens, importation très ancienne, puisque des *Pisum sativum* L. ont été trouvés à l'âge de bronze en Suisse dans les cités lacustres (**Fondevilla et al., 2011**).

Des restes de *Pisum sativum* L. datant de deux millénaires avant Jésus-Christ ont également été découverts à Paris autour de l'arc de Carrousel au Louvre. L'antiquité grecque avec le botaniste Théophraste (300 ans avant JC) connaissait le *Pisum sativum* L. ainsi que l'antiquité latine avec Pline et Columelle. Actuellement il existe plusieurs milliers de variétés de pois dans le monde, qui résultent d'un travail important de sélections entrepris depuis plus d'un siècle (**Collard et al., 2005**).

Au moyen-âge le *Pisum sativum* L. constituait avec les céréales la principale ressource alimentaire pendant les fréquentes famines. Puis il fut cultivé comme légume frais, le *Pisum sativum* L. devient alors une légume printanière très appréciée. Le développement des industries de la conserve et de la surgélation permet de fournir aux consommateurs ce légume cuisiné prêt à l'emploi toute l'année. De 1950 à 1975, la culture du *Pisum sativum* L. fut en pleine expansion. En 25 ans, la conserverie du petit pois atteignait 2700000 tonnes de pois et 510000 tonnes de *P. sativum* carotte à l'échelle mondiale (Collard et al., 2005).

Ainsi, depuis très longtemps, le *Pisum sativum* L. a été utilisé en alimentation humaine et animale sous différentes forme : plante entière, gousses, grains frais au sec, avec les différents types de *Pisum sativum* L. sauvage, fourrager, potager de conserve, de casserie et protéagineux (Timmerman et al., 1996).

2.2 Description de la plante

Le *Pisum sativum* L. c'est une plante diploïde : ($2n=14$ chromosome), appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) (Krajinski et al., 2011), autogame (Deulvot et al., 2010), annuelle, parfois cultivée comme une bisannuelle. Sa croissance est indéterminée suivant les variétés, c'est-à-dire que le nombre de nœuds de la tige n'est pas fixé génétiquement mais reste sous la dépendance de facteurs externes (Prioul et al., 2004).

2.3 Taxonomie du *Pisum sativum* L.

La classification du *Pisum sativum* L. selon (USDA, 2008) :

Règne : Plantae (Plantes).

Sous-règne : Tracheobionta (plantes vasculaires).

Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines).

SousEmbranchement : Magnoliophyta (Angiospermes, Phanérogames ou plantes à Fleurs).

Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones).

Sous-classe : Rosidae.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabaceae : fabacées, papilionacées ou légumineuses

Genre : *Pisum* L.

Espèce : *Pisum sativum* L .

2.4 Morphologie de la plante

- **Système racinaire**

Le *Pisum sativum* L. forme une racine principale pivotante et des racines secondaires latérales.

La racine principale est peu développée, et se ramifie fréquemment, les racines secondaires sont assez nombreuses portant des nodosités abondantes dans les 30 premiers centimètres.

Le système racinaire au début de sa croissance est infesté par les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, la racine réagit par la formation des nodosités qui vont croître avec la croissance racinaire jusqu'à la floraison de la plante (Weeden et *al.*, 1998).

Les nodules développés sur les racines permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable. Cette fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998) (Figure 16).



Figure 16 : Système racinaire de *Pisum sativum* L. (Wildlife, 2010)

- **Tige**

La tige de *Pisum sativum* L. est herbacée de hauteur variable, creuses et grêles, arrondies ou légèrement angleuses (Prioul et *al.*, 2004). La hauteur de la tige principale, est mesurée à la fin de la récolte de toutes les gousses dont les graines ont atteint leur maturité physiologique (graine sec) (Ferdaous, 2015) (Figure 17).



Figure 17: Tige de *Pisum sativum* L. (Flora ,2018)

- **Feuille**

Les feuilles sont composées, alternes et se présentent sous différentes teintes, du vert jaune au vert bleu foncé, les folioles sont entières ou plus au moins dentées, de forme ovale au elliptique, leur extrémité est arrondie, pointue ou tronquée ; leur nombre est variable, le pétiole se termine par plusieurs vrilles qui tiennent la place des dernières folioles (Prioul et *al.*, 2004) (Figure 18).



Figure 18 : Feuilles de *Pisum sativum* L. (Pierre , 2010)

- **Fleur**

La fleur est caractéristique des papilionacées : zygomorphe (Symétrie bilatérale), pentamère, hermaphrodite, cyclique (Verticilles successifs de pièces florales) (Xing et al., 2005).

Les fleurs sont généralement blanches, solitaires ou groupées par deux et naissent aux aisselles des feuilles (Lalumière et al., 1996) la corolle comprend cinq pétales (Cousin, 1996), le calice a 5 dents, les étamines sont au nombre de 10 dont une libre et les neuf autres soudées par leur filet en un tube (Lalumière et al., 1996)(Figure 19).



Figure 19 : Fleurs de *Pisum sativum* L. (Bavota, 2009)

- **Gousse**

Le fruit est une gousse à deux valves et d'une longueur de 3,5 à 11 cm et d'une largeur de 1 à 2,5 cm, droite ou légèrement courbée, enflée ou comprimé, pendative, déhiscente ordinairement de couleur verte mais il existe des variétés à gosses jaunes ou violettes, contenant en moyenne 2àgraines (Nyabyenda, 2005 ; Lim, 2012)(Figure 20).



Figure 20 : Gousse de *Pisum sativum* L. (Panther, 2019)

- **Grains**

Les graines sont globuleuses ou coudées, exalbuminées, lisses ou ridées, de 5 à 8 mm de diamètre (Nyabyenda, 2005), dont la couleur est résultant des couleurs de leurs téguments (Trébuchet et *al.*, 1953), elle varie de blanchâtre, blanc crème, gris, jaune, brun, vert au violet ou tachetée (Lim, 2012) (Figure 21).



Figure 21 : Grains de *P.sativum* L.(Panther, 2019)

2.5 Cycle de développement de petit pois

Le cycle développement du petit pois comprend deux périodes : périodes végétative et périodes reproductrice Période végétative : s'étende de la germination jusqu'à la ramification. La germination du *Pisum sativum* L. est hypogée (Les cotylédons restent dans le sol) sa durée est entre 15 et 25 jours (Callum et *al.*, 1997).

Période reproductrice : cette période est marquée par l'apparition est le développement des nœuds pour la première fleur. Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable, une, deux et parfois trois fleurs au plus (Krawczak, 1999).

le Cycle de développement de *Pisum sativum* L. comprend deux périodes : périodes végétative et périodes reproductrice Période végétative : s'étende de la germination jusqu'à la ramification.

La germination du petit pois est hypogée (Les cotylédons restent dans le sol) sa durée est entre 15 et 25 jours (Callum et *al.*, 1997). Période reproductrice : cette période est marquée par l'apparition est le développement des nœuds pour la première fleur. Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable, une, deux et parfois trois fleurs au plus (Krawczak, 1999) (Figure 22).

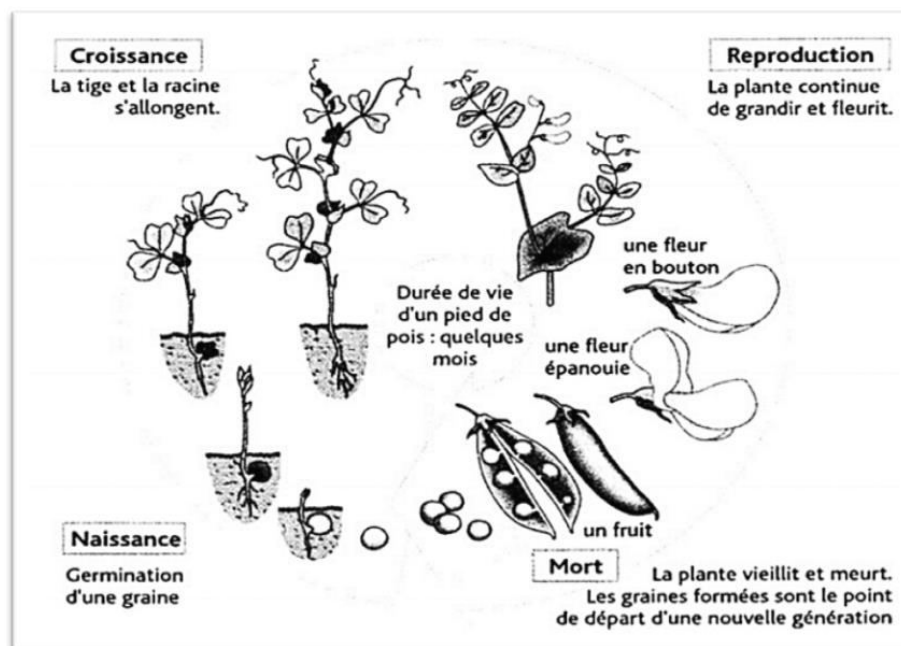


Figure 22: Cycle de vie de *Pisum sativum* L. (Callum et al., 1997).

2.6 Composition chimique des graines de *Pisum sativum* L.

Le *Pisum sativum* L. a été largement utilisé dans l'alimentation humaine en raison de son excellente source de protéines, de vitamines, de minéraux et d'autres nutriments, tout en étant faible en gras, riche en fibres et ne contenant pas de cholestérol (Doymaz et Kucuk, 2017).

• Protéines

Le *Pisum sativum* L. est parmi les matières premières riches en protéines, (Perrot, 1995). Il renferme 21.6 % de sa matière sèche en protéines (Roe et al., 2015).

Les protéines de *Pisum sativum* L. sont généralement classées en quatre catégories : globuline, albumine, prolamine et gluténine. La globuline est la principale protéine de réserve, représentant environ 55 à 65 % des protéines totales des pois de grande culture (Lu et al., 2020). Les protéines de *Pisum sativum* L. sont principalement constituées de globuline 7S/11S et d'albumine 2S, et présentent une teneur élevée en lysine, ce qui peut compenser le manque de lysine dans les régimes à base de céréales (Ge et al., 2020 ; Lu et al., 2020).

• Acides aminés

La composition en acides aminés du *Pisum sativum* L. est bien équilibrée (Tableau), mais la composition des pois ridés est différente de celle des pois lisses ; ils ont moins d'acides aminés (Brink et Belay, 2006).

Tableau 04 : Composition en acides aminés de la *Pisum sativum* L.. (mg/100g)

Acides aminés essentiels mg/100 g de <i>Pisum sativum</i> L.	
Tryptophane	210
Lysine	1620
Méthionine	210
Phénylalanine	1000
Thréonine	860
Valine	1000
Leucine	1480
Isoleucine	93

- **Glucides**

Les glucides sont considérés comme l'un des principaux composants chimiques du pois, représentant 59,32 à 69,59 % du poids sec des graines de *P.sativum* L.(**Arif et al., 2020**)

- **Amidon**

L'énergie des légumineuses provient principalement des glucides, dont l'amidon est la composante majeure. La teneur en amidon des graines de *P.sativum* L. est de 4,6 g par 100 g de partie comestible (**Holland et al., 1991**).

- **Fibres**

Les fibres, partie indigestible des végétaux dans l'intestin grêle humain, sont classées en fibres solubles et insolubles. Les fibres solubles sont digérées lentement dans le côlon ; par contre, les fibres insolubles, métaboliquement inertes, sont soumises à une fermentation dans le côlon induisant une croissance des bactéries intestinales (**Tosh et Yada, 2010**). Les graines mures, entières et sèches de pois contiennent 5,1 g/ 100 g de partie comestible (**Roe et al., 2015**).

- **Lipides**

Les légumineuses (haricots, lentilles et *P. sativum* L.) sont faibles en lipides et sans cholestérol parce qu'elles sont d'origine végétale. La faible quantité de lipides contenus dans

les légumineuses est principalement formée d'acides gras insaturés (**Rémond et Walrand, 2017**).

- **Minéraux**

Le *Pisum sativum* L. est une source potentielle de plusieurs minéraux (par exemple, l'azote, le potassium et le phosphore). Il a été observé que la teneur en éléments minéraux (par exemple, l'azote, le potassium, le phosphore, le manganèse, le cuivre et le zinc) variait selon les différents génotypes de graines de *Pisum sativum* L..(**Nadeem et al., 2021**) .

L'azote (28,49–54,78 g/kg), le phosphore (1,648–4,04 g/kg) et le potassium (13,13–50,41 g/kg) étaient les principaux minéraux des graines de *Pisum sativum* L..(**Nadeem et al., 2021**) .De plus, le cuivre (3,51–21,79 mg/kg), le fer (29,32–80,69 mg/kg), le zinc (28,15–55,80 mg/kg) et le manganèse (7,96–22,83 mg/kg) variaient également selon les différents génotypes de graines de *Pisum sativum* L. (**Liu et al.,2019**)

- **Vitamines**

Les légumineuses sont une bonne source de vitamines ; comparé aux autres légumineuses, le *Pisum sativum* L.est plus riche en vitamine K (**Roe et al., 2015**),Alpha-tocophérol et gamma-tocophérol. La teneur totale en tocophérol des grains foncés varie selon les variétés, allant de 48,44 à 57,00 microgrammes/gramme, ce qui indique une valeur plus élevée pour les lentilles et les haricots rouges, mais inférieure à celle du maïs de haricot rouge. (**Padhi et al., 2017**).

3 *Cucurbita pepo* L.

3.1 Origine et l'historique

Cucurbita pepo L. est l'une des plus anciennes espèces connues qui appartient à famille *Cucurbitaceae* et au genre *Cucurbita*. Ses fruits immatures sont consommés comme légume, les fruits matures sont sucrés et utilisés pour faire des confiseries et des boissons. Ils sont de formes diverses, ils peuvent être ovale, cylindrique, aplati, globulaire, festonné, fusiforme. Il existe plusieurs couleurs : blanc, jaune, vert clair à vert foncé presque noir, crème et orange (**Ratnam et al., 2017**).

On l'appelle aussi La citrouille est une angiosperme appartenant à l'ordre des Cucurbitales, de la famille des Cucurbitacées et du genre *Cucurbita pepo* L. . (**Akwap, 2019**).

Les *Cucurbita pepo* L. varient en forme, taille, poids et couleur La plupart des citrouilles sont rondes, mais certaines sont oblongues en forme de poire. Les diamètres des *Cucurbita pepo* L.

vont de 5 cm à plus de 50 cm (Caili et al.,2006).

Cucurbita pepo L. est indigène des régions chaudes et tempérées de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Nord et y est cultivé. Il existe également en forme sauvage en Europe et en Asie. L'origine est incertaine. L'ancêtre commun de toutes les variétés actuelles de *C. pepo* provient probablement du Mexique, comme le confirment les résultats archéologiques (Andres, 2003). Leur plus ancienne présence dans l'alimentation humaine est décelée 7000 ans avant notre ère au Mexique (Chaux et Foury, 1994).

Ils sont de formes diverses, ils peuvent être ovale, cylindrique, aplati, globulaire, festonné, fusiforme. Il existe plusieurs couleurs : blanc, jaune, vert clair à vert foncé presque noir, crème et orange (Ratnam et al., 2017) . Ont classé *Cucurbita pepo* L. à fruits comestibles en 8 groupes : Citrouille, Zucchini, Cocozelle, Marrow, Cou tors, Gland, Coquille, Droite, et un non comestible : Gourde ornementale (Zraidi et al., 2007)(Figure 23).



Figure 23 : Différents groupes du *Cucurbita pepo* L. (Paris et al., 2012).

3.2 Description de la plante

Les *Cucurbita pepo* L. sont des plantes vivaces monoïques, rampantes ou grimpantes. Ils varient en forme, taille, poids et couleur. La forme la plus courante est rond, mais elle est également oblongue à piriforme, avec une écorce dure et un intérieur charnu de couleur orange . Les *Cucurbita pepo* L.. mesurent de 5 cm à plus de 50 cm de diamètre, et un poids de moins de 0,5 kg à plus de 500 kg (Babadoost et Zitter, 2009). C'est une liane à vie courte de racine, dont la tige mesure 10 m de long, et une structure différente des fleurs mâle et femelles, les

fleurs mâles sont longues (6-12 cm) que les fleurs femelles qui mesurent (3-5 cm) de long, et varient de couleur de jaune à orange pâle (**Kaur, 2019**). Les feuilles ont cinq lobes plus ou moins distincts, qui sont velues, à de longs pétioles et couvertes de poils raides. Les graines sont aplaties, sans albumen, blanchâtres, amincies à l'un des tordicolis d'une extrémité (**Goetz et Le Jeune 2010**).

3.3 Taxonomie de la plante

Cucurbita pepo L. appartient à la famille de melon Cucurbitaceae qui comprend environ 95 genres et 950-980 espèces (**Schaefer et Renner, 2011**).

Cucurbita pepo L. est scientifiquement classée selon (**Mukherjee et Pal, 2021**). comme suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Violales

Famille : Cucurbitaceae

Genre : *Cucurbita* L.

Espèce : *Cucurbita pepo* L.

3.1 Morphologie de la plante

La *Cucurbita pepo* L. est une plante annuelle à larges feuilles plus ou moins ouvertes et monoïques s'il y a des tiges tentaculaires. Elle est caractérisée par une fleur avec une corolle jaune éparpillée dessus avec des lobes réfléchis ou dressés. Sa durée de vie est d'environ 6 à 8 ans (**Maadsi, 2012**)

- **Racine**

La *C. pepo* L. a une racine pivotante qui se ramifie en de nombreuses racines secondaires et tertiaires superficielles et qui assure sa nutrition, elle absorbe l'eau et les éléments nutritifs par les poils absorbants, la première racine qui sort de la graine s'appelle la radicule, en se développant, elle produit des racines adventives ou secondaires. La durée de vie des racines est variable, elle dépend du cycle végétatif de la plante (**Laumonnier, 1988 ; Chaux et Foury, 1994**) (**Figure 24**).

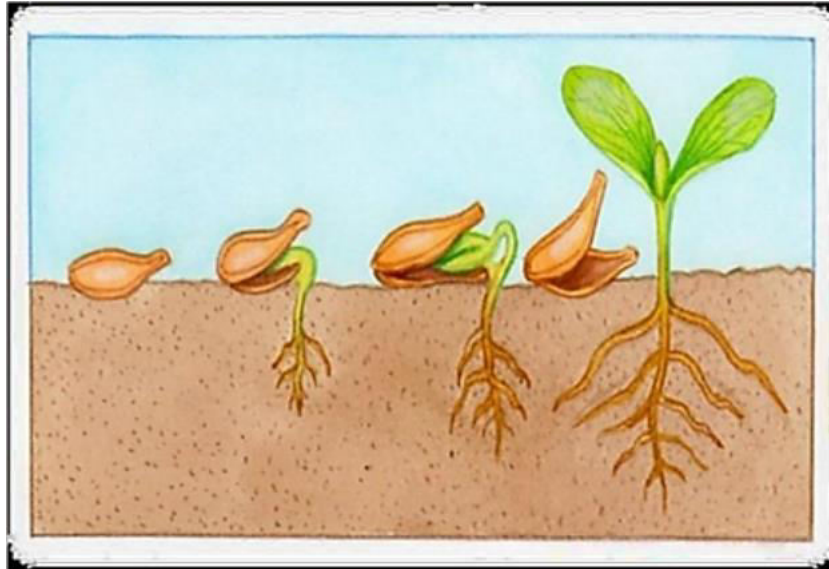


Figure 24: Système racinaire de *Cucurbita pepo* L. (Bernard, 2011).

- **Tige**

Les Cucurbita pepo L. possèdent de longues tiges grimpantes, herbacées, et anguleuses courant sur le sol et pouvant atteindre jusqu'à 10 mètres de longueur, qui sont pourvues de vrilles ramifiées à chaque nœud. Tout comme la racine, sa durée de vie est annuelle. Dans l'espèce *Cucurbita pepo*, des mutants « non coureurs » à port buissonnant avec des entre-nœuds très courts et sans vrilles ont été sélectionnés et correspondent aux courgettes et aux pâtissons. (Laumonnier, 1988 ; chaux et Foury, 1994)(Figure 2)



Figure 25 : Tige de *Cucurbita pepo* L. (Marchant, 2025).

- **Fruits**

La forme du fruit varie d'une variété à l'autre, certains sont arrondis ou ovoïdes, d'autres aplatis. Ils sont généralement gros et contiennent de nombreuses graines. La chair est de couleur jaune ou orange et comestible après cuisson (Maadsi, 2012)(Figure 26).



Figure 26 : Fruit de *Cucurbita pepo* L. (Lin, 2025)

➤ **Graines**

Les graines de *Cucurbita pepo* L.. sont elliptiques, de forme aplatie avec un bord prononcé et représentent 1 à 3% du fruit. La couleur de l'enveloppe est jaune pâle, blanche ou brun clair, et le cœur de la graine est vert, vert olive ou vert grisâtre (Kalšan, 2015)(Figure 27).



Figure 27 : Graine de *Cucurbita pepo* L.(LFM, 2023)

A). Graine avec enveloppe. **B).** Graine sans enveloppe

➤ **Fleurs**

Ses feuilles sont grandes, cordiformes, à nervation palmées, formant cinq lobes arrondies avec de grandes fleurs (5 à 10 cm) pentamères, unisexuées, de couleur jaune (wichtl et Anton, 2003 ; Bruneton, 2009) (Figure 28).



Figure 28 : Fleur de *Cucurbita pepo* L.(coutu, 2020)

3.4 Cycle de vie du *Cucurbita pepo* L.

La *Cucurbita pepo* L. commence son voyage sous forme de petite graine dure, qui se nourrit de l'humidité et de la chaleur du sol pour commencer à germer. Après avoir absorbé l'eau, une petite racine en sort pour ancrer la plante et lui fournir des nutriments. Ensuite, une jeune pousse verte apparaît avec des feuilles initiales rondes (les cotylédons), puis de vraies feuilles plus larges et plus complexes se développent.

Avec le temps, de longues tiges rampantes s'étendent, munies de grandes feuilles larges et de vrilles pour s'accrocher. Une fois la plante mature, de grandes fleurs jaunes apparaissent les premières sont mâles, suivies par les fleurs femelles qui portent, à leur base, un petit renflement qui deviendra une *Cucurbita pepo* L. La pollinisation, souvent assurée par les insectes, permet au petit fruit vert de commencer à croître, stockant de l'eau et des sucres.

Finalement, la *Cucurbita pepo* L. mûrit, changeant de couleur – du vert à l'orange (ou à d'autres couleurs selon la variété) – et sa peau devient dure, sa tige sèche, la rendant prête à être récoltée ou à fournir ses graines, complétant ainsi son cycle de vie (Earnest ,2024)(Figure 29).

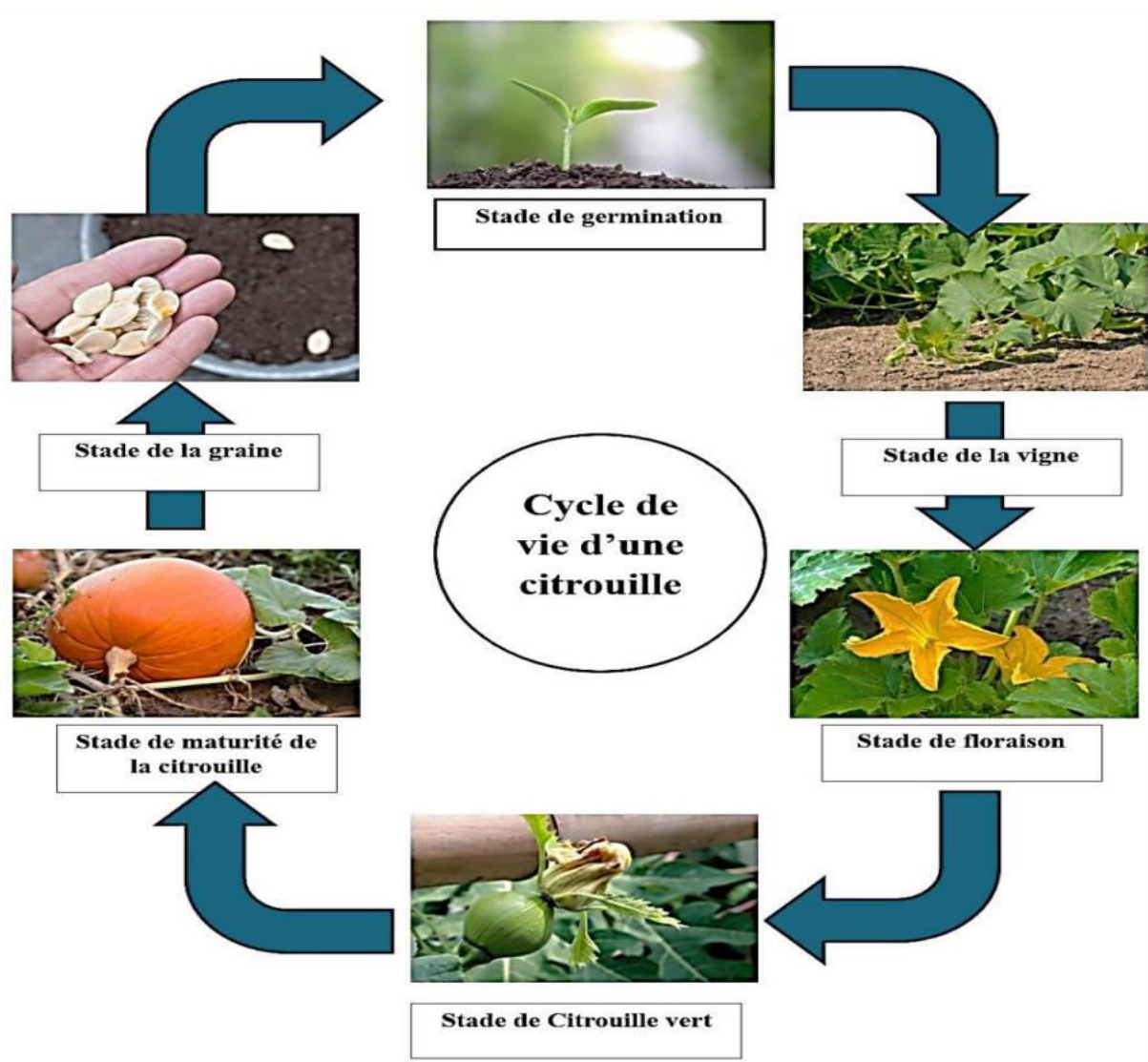


Figure 29: Cycle de vie du *Cucurbita pepo* L. (Earnest, 2024).

3.5 Composition chimique du *Cucurbita pepo* L.

Les graines de *Cucurbita pepo* L. sont une source riche en lipides sains, glucides, protéines, ainsi qu'en fibres et minéraux essentiels. Elles contiennent des minéraux clés tels que le magnésium, le zinc et le fer, ainsi qu'un ensemble de composés bioactifs bénéfiques pour la santé, comme des antioxydants et des phytostérols. Ces graines se distinguent également par leur richesse en acides gras oméga-3 et en vitamines, ce qui leur confère une grande valeur nutritionnelle. (Singh et Kumar, 2023)

➤ Protéines

Les graines de *Cucurbita pepo* L. représentent une source végétale riche en protéines, fournissant environ 6 grammes de protéines pour chaque portion de 20 grammes, soit une quantité proche

de l'apport quotidien recommandé. Leurs protéines se distinguent par une haute qualité nutritionnelle, car elles contiennent tous les acides aminés essentiels que l'organisme ne peut pas synthétiser et qui doivent être obtenus par l'alimentation, Toutefois, la teneur en ces acides peut varier selon le type de graines et les conditions de culture (Syed et Shukat, 2019).

➤ **Acides aminés**

Les acides aminés jouent un rôle central en tant qu'unités de base des protéines. Les graines de *Cucurbita pepo* L. contiennent les neuf acides aminés essentiels : l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine, ainsi que d'autres acides aminés non essentiels. Les acides aminés agissent comme des intermédiaires dans le métabolisme et sont indispensables aux fonctions physiologiques du corps humain. La croissance et la réparation des cellules endommagées sont régulées par la présence de l'histidine, qui n'est toutefois pas synthétisée par notre organisme. La composition en acides aminés des graines de courge de type *Cucurbita pepo* L. est présentée dans le tableau 5. (T.A et *al.*, 2001)

Tableau 05 : Composition en acides aminés de la graine de *Cucurbita pepo* L.

Acide aminés	La teneur (/100g)
Histidine	1,83
Isoleucine	2,88
Leucine	5,33
Lysine	2,65
Méthionine	2,42
phénylalanine	4,22
Thréonine	1,88
tryptophan	0,86 /16 g N2
Valine	3,35
Cysteine	1,17 /100g N2

Proline	3,37 /16g N2
Glycine	4,32 /16g N2
Sérine	5,41 /16g N2
Tyrosine	3,17 /16g N2

➤ Glucides

Les graines de *Cucurbita pepo* L. représentent une source végétale riche en glucides, avec une teneur variant entre 18 % et 25 % (Arunima et al., 2023), ce qui en fait un choix alimentaire intéressant pour fournir de l'énergie. Ces glucides sont constitués d'une variété de sucres, notamment le saccharose, le tréhalose, le glucose et le fructose, qui contribuent à la haute valeur nutritionnelle des graines. Selon (Polyzos et al., 2024) des différences statistiques significatives ont été observées dans la composition des sucres libres entre les graines de *C. pepo* L. et les sous-produits issus de leur pressage. Ces résultats soulignent l'importance des graines de *C. pepo* L. comme source bénéfique de glucides, soutenant ainsi leur utilisation dans l'industrie agroalimentaire et les applications nutritionnelles.

➤ Amidon

Les graines de *Cucurbita pepo* L. contiennent environ 1,5 g d'amidon pour 100 g, ce qui représente une faible proportion des glucides totaux (environ 10,7 g/100 g) présents dans ces graines. Cette faible teneur en amidon signifie que les graines ne sont pas une source majeure de glucides digestibles, ce qui peut être bénéfique pour la gestion de la glycémie et la santé métabolique. (Fitaudit, 2025)

➤ Lipides

Des études ont montré que les graines de *Cucurbita pepo* L. sont une source précieuse de protéines et de graisses (Nawirska-Olszanska et al., 2013). L'huile de graines contient des acides gras tels que : acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique. La citrouille n'a pas de cholestérol, faible en gras (Dhiman et al., 2009)

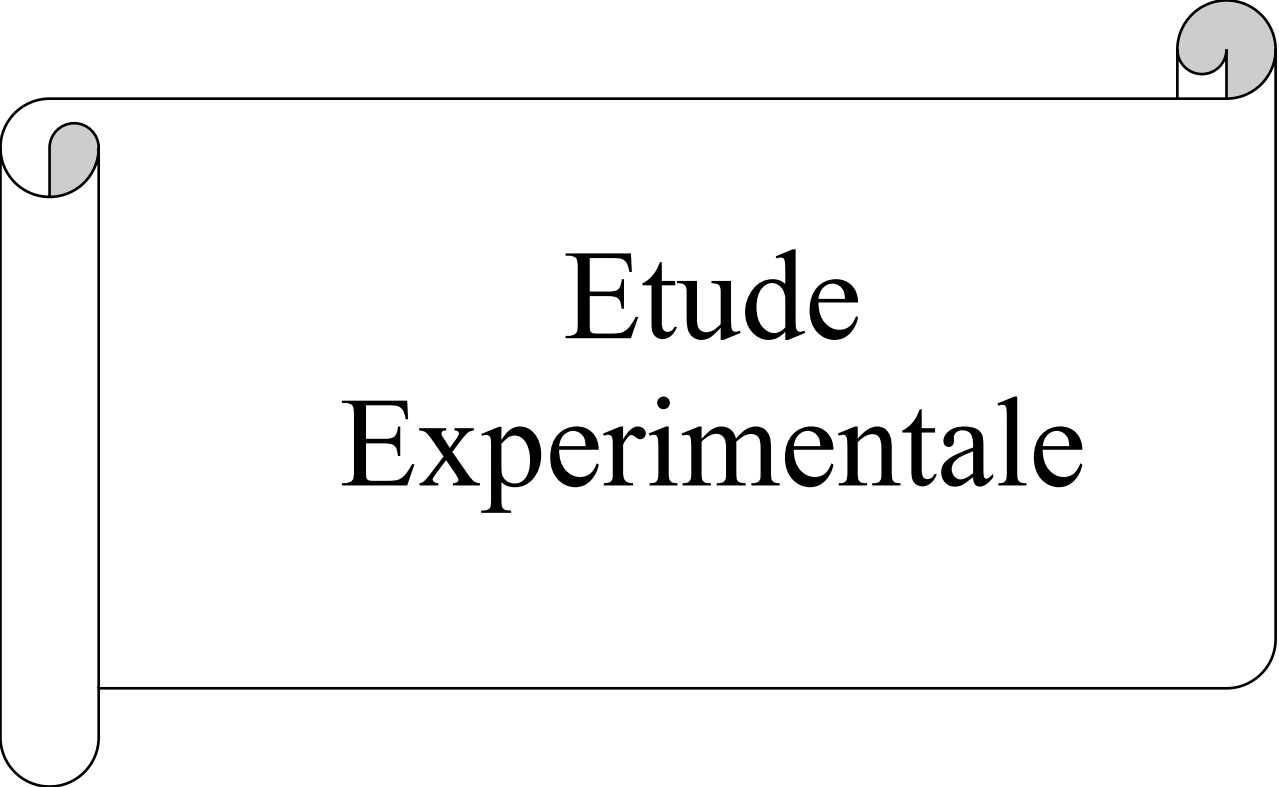
➤ Minéraux

Les graines de *Cucurbita pepo* L. sont riches en nombreux minéraux essentiels qui sont bénéfiques pour de nombreuses fonctions neurologiques importantes de notre cerveau,

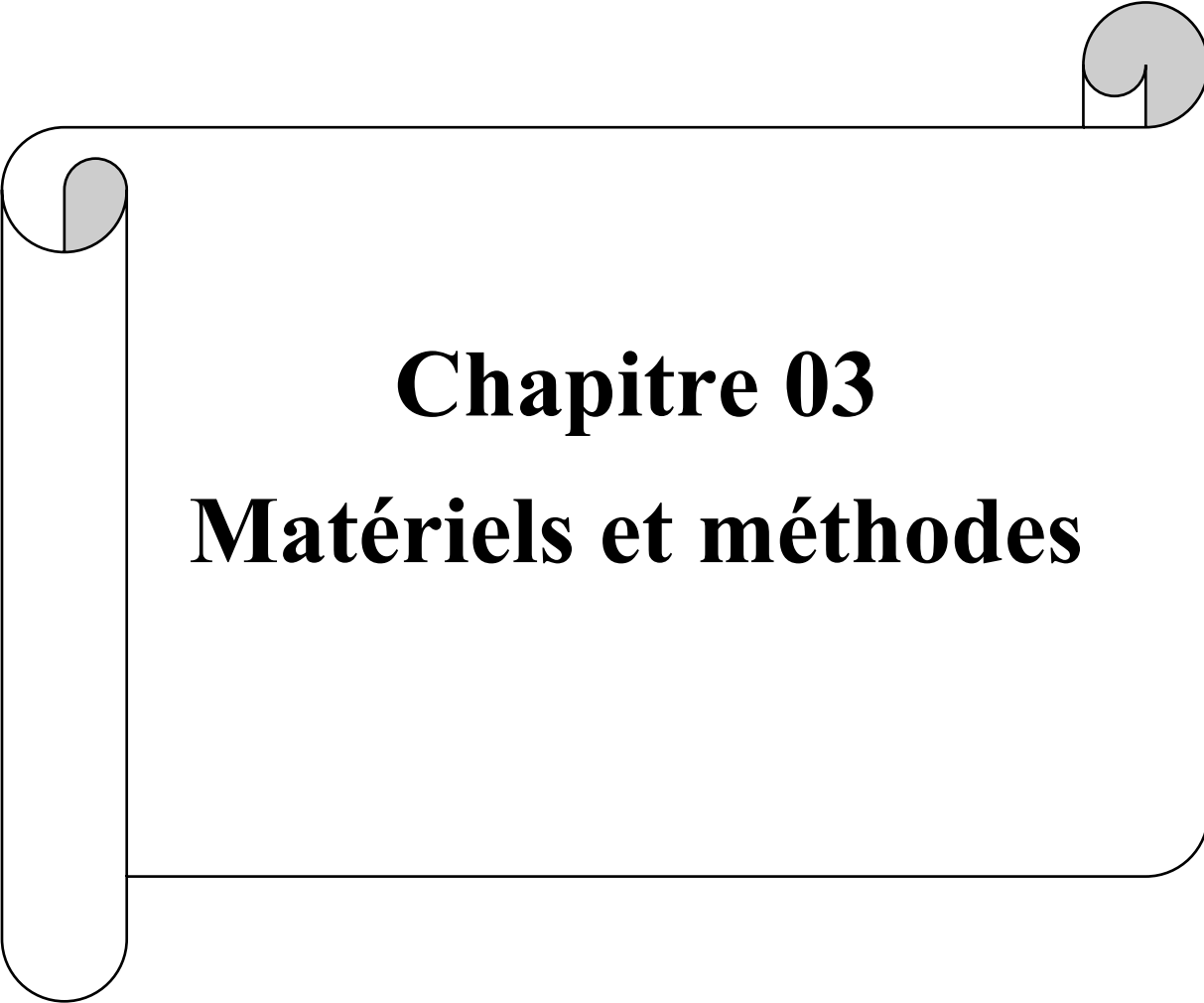
pour le bon fonctionnement de nos muscles et pour le maintien d'un système cardiovasculaire sain. Les minéraux sont également nécessaires en petites quantités pour réguler diverses fonctions corporelles et agissent comme des cofacteurs dans les enzymes (**Godswill, 2020**).

➤ **Vitamines**

Les graines de *Cucurbita pepo* L. ont une teneur élevée en vitamine E (tocophérol ; un antioxydant), et l'huile de graines de *Cucurbita pepo* L. est considérée comme une source importante de vitamine E dans l'alimentation japonaise (**Tokudome et al., 1999**). Le rapport d'**Otitoju et al., 2014** a indiqué que la citrouille cannelée est riche en vitamine B12.



Etude Experimentale



Chapitre 03

Matériels et méthodes

1 Matériels

1.1 Matériels végétales

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de graines de *Chenopodium quinoa* Willd., *Pisum sativum* L. et *Cucurbita pepo* L.

Les échantillons ont été collectés auprès de différents points de vente : le marché couvert de Réghaïa (Alger), le marché couvert du centre-ville de Mila, ainsi que chez un herboriste local (**Figure 30**).

**1****2****3**

Figure 30 : Graines de (**1** *Chenopodium quinoa* Willd., **2** *Pisum sativum* L. **3** *Cucurbita pepo* L.)

2 Méthode

2.1 Procédé de fabrication des compléments alimentaires protéiques d'origine végétale

2.1.1 Extraction des protéines végétales

Dans cette section pratique, la méthode d'extraction alcaline est utilisée pour isoler les protéines à partir des graines de *Chenopodium quinoa* Willd., *Pisum sativum* L. et *Cucurbita pepo* L.

Cette méthode repose sur la modification du pH du milieu afin de favoriser la solubilisation et la dissociation des protéines de leur matrice végétale. Le processus commence par la préparation des échantillons, incluant le lavage, la désinfection, le séchage, puis le broyage en poudre fine.

Les poudres obtenues sont ensuite stockées dans des conditions optimales (à l'abri de l'humidité, de la lumière et à température ambiante contrôlée) jusqu'à leur utilisation.

Ces étapes préliminaires visent à garantir la qualité, la reproductibilité et la stabilité de la matière première, facilitant ainsi les phases suivantes d'extraction et de purification des protéines.

2.1.2 Préparation des échantillons

La préparation des échantillons issus des graines de *Chenopodium quinoa* Willd., *Pisum sativum* L. et *Cucurbita pepo* L. constitue une étape cruciale pour garantir la fiabilité des analyses ultérieures. Elle se déroule en quatre étapes successives :

➤ **Stérilisation**

Les graines sont lavées avec une solution de solution d'javel 5 %, puis soigneusement rincées à l'eau distillée afin d'éliminer tous les résidus de désinfectant.

➤ **Séchage**

Les graines désinfectées sont ensuite séchées dans une étuve à 50 °C pendant 6 heures, afin de réduire leur teneur en eau et d'éviter toute altération microbiologique ou enzymatique.

➤ **Broyage**

Une fois sèches, les graines sont broyées à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine homogène, facilitant ainsi l'extraction des protéines.

➤ **Stockage**

Les poudres obtenues sont conservées dans des récipients hermétiques, à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur, jusqu'à leur utilisation expérimentale.

3 Mode d'opération

Dans cette étude, la méthode d'extraction des protéines végétales décrite par (Dakhili et al. 2019) a été utilisée avec certaines modifications selon le type de plante étudiée : *Chenopodium quinoa* Willd., *Pisum sativum* L. et *Cucurbita pepo* L.

3.1 Extraction des protéines de *Chenopodium quinoa* et *Pisum sativum* L.

La poudre obtenue à partir des graines a été suspendue dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,015 M, selon un rapport 1:10 (1 g de matière pour 10 ml de solution). Le pH a été ajusté entre 9,5 et 10, et le mélange a été agité pendant 1 à 2 heures à température ambiante (20–25 °C) à l'aide d'un agitateur magnétique.

Une première centrifugation a été réalisée à 15 000 tr/min pendant 15 minutes à 4 °C. Le surnageant, contenant les protéines solubilisées, a été récupéré, puis acidifié à un pH de 4,5–5 avec une solution d'HCl 0,5 M, afin de précipiter les protéines (point isoélectrique).

Une seconde centrifugation a permis de récupérer le précipité protéique, qui a ensuite été lavé à l'eau distillée (ou à l'aide de solutions acides pour éliminer les sels résiduels), puis centrifugé de nouveau pour séparer la fraction riche en protéines (**Burger & Zhang, 2019 ; Chen et al., 2019**).

Le séchage a été réalisé à l'étuve (45 °C) pendant 6 à 12 heures, en raison de l'indisponibilité des techniques de lyophilisation ou d'atomisation (**Burger & Zhang, 2019 ; Baptista et al., 2017**). Les extraits protéiques secs ont été conservés sous vide à 4 °C jusqu'à leur analyse.

3.2 Extraction des protéines de *Cucurbita pepo* L.

Pour *Cucurbita pepo* L. la méthode d'extraction est basée sur l'étude de **Tas et al. (2024)**, la farine de graines de courge a été mélangée avec de l'eau distillée dans un rapport 1:10 (p/v). Le pH a été ajusté à 11 à l'aide de NaOH 1 M. Le mélange a ensuite été chauffé dans un bain-marie à 50 °C pendant 15 minutes, puis agité dans un agitateur orbital à 100 tr/min pendant 1 heure.

Une centrifugation à 4500 tr/min pendant 15 minutes a permis de récupérer le surnageant, dont le pH a été ajusté à 5 avec une solution d'HCl 1 M pour précipiter les protéines.

Les protéines précipitées ont été récupérées par centrifugation (4500 tr/min, 15 min), lavées 2 à 3 fois à l'eau distillée, puis séchées dans un four à 40 °C pendant 12 heures.

Les poudres protéiques ainsi obtenues ont été stockées dans des récipients opaques, à l'abri de la lumière et de l'humidité, à 4 °C.

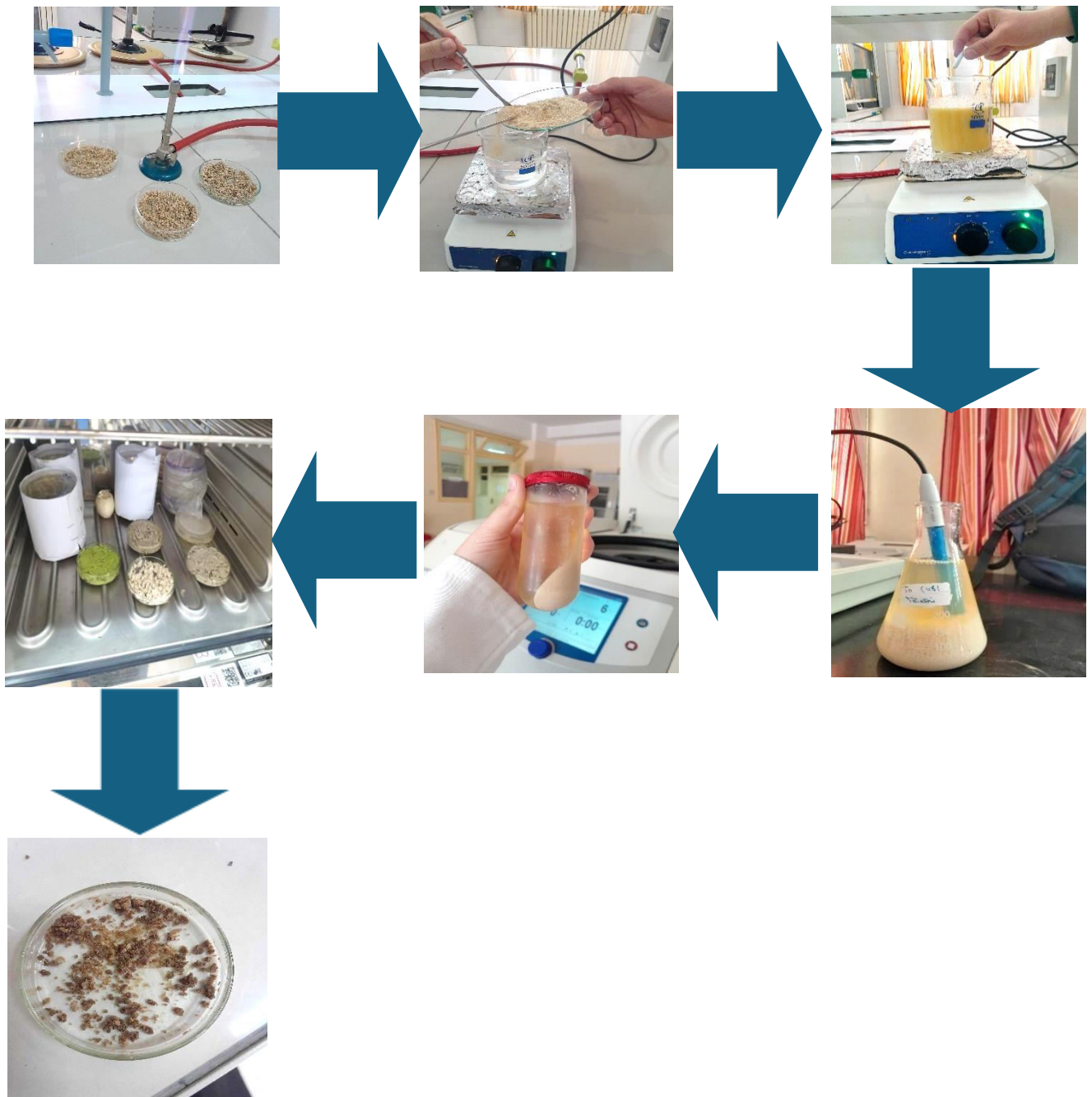


Figure 31 : Étapes d'extraction des protéines (photo personnel)

3.3 Criblage phytochimiques des extraits protéiques

✚ Préparation de l'infusé à 5 %

L'infusé est préparé en ajoutant 5 g de poudre végétale à 100 ml d'eau distillée chaude. Après un temps de contact de 15 à 20 minutes, la solution est filtrée à l'aide d'un papier filtre pour obtenir l'extrait.

✚ Tests phytochimiques qualitatifs

- **Phénols** :
À 2 ml d'extrait, on ajoute quelques gouttes de chlorure ferrique.
➤ L'apparition d'une couleur verte indique la présence de phénols (Kaur et al., 2018).
- **Flavonoïdes** :
À 2 ml d'extrait, on ajoute 5 à 6 gouttes d'HCl concentré et quelques copeaux de magnésium.
➤ Une couleur rouge révèle la présence de flavonoïdes (Kaur et al., 2018).
- **Alcaloïdes** :
 - À 1 ml d'extrait, on ajoute quelques gouttes du réactif de Dragendorff.
➤ Un précipité jaune indique un test positif.
 - À une autre portion de 1 ml d'extrait, on ajoute quelques gouttes du réactif de Wagner.
➤ L'apparition d'un précipité brun rougeâtre confirme la présence d'alcaloïdes (Vastrad et al., 2016).
- **Tannins** :
À 1 ml d'extrait, on ajoute trois gouttes de chlorure ferrique à 5 %.
➤ L'apparition d'un précipité noir verdâtre indique la présence de tannins (Nortjie et al., 2024).
- **Glucides** :
À 2 ml d'extrait, on ajoute 1 ml de H₂SO₄ concentré le long des parois du tube.
➤ La formation d'un anneau brun suggère la présence de glucides (Kaur et al., 2018).

- **Quinones :**

À 2 ml d'extrait, on ajoute quelques gouttes de H_2SO_4 concentré.

➤ L'apparition d'une couleur rouge indique la présence de quinones (Kaur et al., 2018).

- **Saponines :**

Environ 0,5 g d'extrait est vigoureusement mélangé avec 5 ml d'eau distillée.

➤ La formation d'une mousse stable indique la présence de saponines (Nortjie et al., 2024).

- **Stéroïdes :**

À 1,0 ml d'extrait, on ajoute du chloroforme (99 %), puis de l'acide sulfurique concentré (98 %) le long des parois du tube.

➤ L'apparition d'une couleur rouge révèle la présence de stéroïdes (Nortjie et al., 2024).

- **Terpénoïdes :**

À 0,5 ml d'extrait, on ajoute 2,0 ml de chloroforme (99 %), puis 3,0 ml d'acide sulfurique concentré (98 %).

➤ La formation d'une couleur brun rougeâtre indique la présence de terpénoïdes (Nortjie et al., 2024).

- **Protéines :**

À 1 ml d'extrait, on ajoute 1 ml du réactif de Biuret, suivi d'un temps de repos de 5 minutes à température ambiante.

➤ L'apparition d'une teinte violette confirme la présence de protéines (Dahal, 2024).

3.4 Dosage des macronutriments

- **Dosage des protéines selon la méthode de Bradford**

La méthode de Bradford repose sur l'interaction du colorant Coomassie Brilliant Blue G-250 avec les protéines. Lorsqu'il se lie aux résidus basiques (arginine, lysine) et aromatiques (tryptophane, tyrosine, phénylalanine) des protéines, le colorant subit un décalage de son spectre d'absorption de 465 nm à 595 nm, ce qui entraîne un changement de couleur du brun au bleu. Ce changement est proportionnel à la concentration protéique de l'échantillon (Creative proteomics, 2025)

- **Préparation du réactif de Bradford**

- Dissoudre 100 mg de Coomassie Brilliant Blue G-250 dans 50 ml d'éthanol à 95 %.
- Ajouter 100 ml d'acide phosphorique à 85 %.
- Compléter à 1 L avec de l'eau distillée.
- Homogénéiser et conserver dans une bouteille ambrée, à l'abri de la lumière.

➤ **Préparation de la courbe étalon**

Une série de solutions standards de BSA (albumine sérique bovine) est préparée avec les concentrations suivantes :

0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 mg/ml, diluées avec de l'eau distillée selon le volume souhaité.

➤ **Protocole de dosage**

1. Prendre 20 μ L d'échantillon ou de solution standard dans une cuvette propre.
2. Ajouter 980 μ L d'eau distillée.
3. Ajouter 1 mL du réactif de Bradford.
4. Mélanger doucement (par retournement ou agitation lente).
5. Incuber à température ambiante pendant 5 minutes.
6. Étalonner le spectrophotomètre avec une cuvette blanche contenant uniquement l'eau distillée + réactif de Bradford.
7. Mesurer l'absorbance à 595 nm pour chaque échantillon et standard.

➤ **Analyse des résultats**

- Tracer la courbe étalon : Absorbance (595 nm) en fonction de la concentration en protéines (mg/mL).
- Calculer l'équation de la droite de régression.
- Utiliser cette équation pour déterminer la concentration protéique des échantillons inconnus à partir des valeurs moyennes d'absorbance mesurées.

➤ **Dosage des glucides totaux – Méthode au phénol-acide sulfurique**

Principe :

En milieu acide chaud, le glucose subit une déshydratation formant de l'hydroxyméthylfurfural. Ce dernier réagit avec le phénol pour produire un complexe coloré de teinte verte. L'intensité de cette coloration, proportionnelle à la concentration en glucides, est mesurée par spectrophotométrie à 490 nm (**Nielso ,2010**)

1. Préparation de l'échantillon

- Peser 100 mg de glucose et le placer dans un tube à essai.
- Ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique 2,5 N.
- Chauffer le mélange au bain-marie pendant 3 heures pour assurer une hydrolyse complète.
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Ajouter lentement du carbonate de sodium solide jusqu'à arrêt de l'effervescence (neutralisation complète).
- Filtrer la solution.
- Compléter le volume à 100 ml avec de l'eau distillée.

2. Préparation de la gamme étalon

- Prélever 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 et 1,0 mL de la solution standard de glucose dans une série de tubes à essai.
- Dans un autre tube, prélever 0,2 mL de la solution échantillon.
- Compléter chaque tube à 1 mL avec de l'eau distillée.
- Préparer un tube blanc contenant tous les réactifs sauf l'échantillon (remplacé par de l'eau distillée).

3. Développement de la coloration

- Ajouter 1 mL de solution de phénol (5 %) dans chaque tube.
- Ajouter ensuite 5 mL d'acide sulfurique concentré (96 %) rapidement, en versant le long de la paroi du tube.
- Agiter vigoureusement chaque tube.
- Laisser reposer 10 minutes à température ambiante.
- Agiter de nouveau, puis placer les tubes dans un bain-marie à 25–30 °C pendant 20 minutes.

4. Mesure spectrophotométrique

- Lire l'absorbance à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.
- Tracer la courbe d'étalonnage : Absorbance = f(concentration en glucose).

- Déterminer la concentration en glucides totaux de l'échantillon à partir de la courbe et de l'équation de la droite de régression.

3.5 Formulation du mélange protéique

La formulation du complément protéique végétal a été réalisée par la combinaison de poudres protéiques extraites de graines de *Chenopodium quinoa*, *Cucurbita pepo* L. et *Pisum sativum* L.. Les proportions ont été soigneusement calculées afin d'assurer une teneur élevée en protéines et une complémentarité optimale en acides aminés essentiels, selon les recommandations nutritionnelles établies.

L'homogénéisation des composants a été effectuée à l'aide d'un mélangeur à poudre, pendant 5 à 10 minutes, garantissant une distribution uniforme des ingrédients dans le mélange final.

Afin d'améliorer la stabilité du produit et de limiter les risques de contamination microbienne, de l'acide citrique a été ajouté à une concentration inférieure à 0,1 %, en raison de ses propriétés antioxydantes. Pour améliorer l'acceptabilité sensorielle, notamment auprès des sportifs ciblés, de la poudre de cacao naturel a été incorporée à une concentration de 1 à 2 %, agissant comme arôme naturel et masquant le goût végétal.

Le taux global de protéines dans la formulation finale a été déterminé selon la méthode de la moyenne pondérée du contenu en protéines, recommandée par la **FAO (2013)**. Cette méthode consiste à multiplier la teneur en protéines de chaque ingrédient par sa proportion dans le mélange, puis à additionner les résultats pour obtenir la concentration finale (Figure 32).



Figure 32: Extrait protéique de chaque graine (**1** *Chenopodium quinoa* ., **2** *Pisum sativum* L **3** *Cucurbita pepo* L)

3.6 Analyses des caractéristiques nutritionnelles, physiques et microbiologiques

3.6.1 Évaluation nutritionnelle

3.6.2 Évaluation de la teneur en lipides par la méthode soxhlet

La méthode d'extraction Soxhlet a été choisie pour quantifier la teneur totale en lipides présents dans l'extrait protéique végétal. Cette technique est réputée pour son efficacité à isoler les lipides à partir de matières sèches, en exploitant le principe d'un lessivage continu à l'aide d'un solvant organique chauffé. L'extraction Soxhlet permet une récupération quasi complète des lipides, ce qui en fait une méthode de référence. L'approche adoptée suit le protocole décrit par **Omeje *et al.* (2022)**.

La procédure consiste à placer l'échantillon protéique déshydraté dans une cartouche en papier filtre Whatman n°1, ensuite introduite dans l'extracteur Soxhlet. Le solvant utilisé est le n-hexane, dont le point d'ébullition se situe entre 65 et 70 °C. L'extraction est conduite pendant six heures en reflux continu.

À l'issue de l'extraction, le solvant est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le ballon contenant les lipides est ensuite placé dans une étuve à 105 °C pendant une heure afin d'éliminer toute trace résiduelle de solvant. Après refroidissement en dessiccateur, la masse des lipides extraits est déterminée par pesée.

La teneur en lipides (%) de l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

(*Omeje et al., 2022*)

$$\text{Pourcentage de lipides (\%)} = \left(\frac{\text{Masse des lipides extraits (g)}}{\text{Masse totale de l'échantillon (g)}} \right) \times 100$$

3.6.3 Évaluation de la teneur en fibres alimentaires

La méthode normalisée ISO 6865 (ISO 6865:2000) a été employée pour établir la quantité de fibres brutes contenues dans la poudre du complément alimentaire d'origine végétale. Cette procédure implique initialement la digestion de l'échantillon dans une solution d'acide sulfurique dilué (1,25 %) en ébullition pendant 30 minutes tout en remuant. Ensuite, on doit filtrer et rincer minutieusement les résidus pour éliminer toute présence d'acide. Par la suite, les résidus passent par une seconde digestion dans une solution d'hydroxyde de sodium dilué

(1,25 %) portée à ébullition pendant 30 minutes supplémentaires. Ceci est suivi d'un processus de filtration et de lavage à l'eau chaude, puis à l'éthanol chaud et finalement à l'éther pétrolier (Iso, 2000).

Les résidus obtenus sont par la suite déshydratés dans un four à 105 °C pendant une heure, puis pesés une fois refroidis. Par la suite, les résidus subissent une incinération à 550 °C dans un four jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids stable. On détermine le pourcentage de fibres brutes en soustrayant le poids des cendres du poids des résidus secs, puis en exprimant cette valeur par rapport au poids initial de l'échantillon (Iso, 2000).

3.6.4 Évaluation de la teneur en minéraux

On utilise la procédure de (AOAC International, 2019), méthode officielle n° 942.05, pour établir la quantification des minéraux par incinération/gravimétrie. Cette méthode implique de disposer l'échantillon déshydraté dans un creuset en porcelaine soigneusement nettoyé, ensuite on le place dans un four électrique préchauffé à 550 °C, où il est conservé plusieurs heures jusqu'à la transformation complète de toute sa matière organique en résidu blanc ou gris clair.

Suite à l'achèvement du processus de calcination, le creuset est refroidi dans un dessiccateur et la masse de cendre restante est méticuleusement mesurée. Selon la méthode gravimétrique largement utilisée, le calcul de la teneur en minéraux se fait en divisant le poids des cendres obtenues par celui de l'échantillon initial, puis en multipliant cette valeur par 100.

Teneur en minéraux (%) = $(\text{Masse des cendres résiduelles} / \text{Masse initiale de l'échantillon}) \times 100$

3.6.5 Analyses physico-chimiques des compléments alimentaires

3.6.5.1 Mesure du pH

La valeur du pH de l'échantillon étudié a été déterminée par une mesure directe à l'aide d'un pH-mètre, préalablement étalonné à l'aide de solutions tampons standards. La mesure a été réalisée dans des conditions expérimentales similaires à celles décrites par (Ould El Hadj et al., 2012), afin d'assurer la précision des résultats et leur comparabilité.

3.6.5.2 Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'échantillon a été mesurée à l'aide d'un appareil approprié, après avoir soigneusement rincé l'électrode à plusieurs reprises, d'abord avec de l'eau distillée, puis en la plongeant dans l'échantillon à analyser. La mesure a été effectuée en veillant à ce que l'électrode soit complètement immergée dans le liquide. La valeur de la conductivité est affichée directement par l'appareil en (mS/cm) (Lachache, 2021).

3.6.5.3 Matière sèche

La teneur en matière sèche des échantillons est déterminée par élimination de l'humidité par évaporation. Cette opération est réalisée par dessiccation dans une étuve à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant. La matière sèche est ensuite calculée en pesant le résidu sec obtenu, conformément à la méthode décrite par (Audigie et collaborateurs, 1984). Les résultats sont exprimés à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Teneur en matière sèche (\%)} = (M2-M0/M1-M0) \times 100$$

M0: la masse de la capsule vide en gramme.

M1: la masse de la même capsule avec la prise d'essai avant le séchage en gramme.

M2: la masse de la même capsule avec la prise d'essai après le séchage en gramme.

3.6.5.4 Indice de Solubilité dans l'Eau

Tout d'abord, les échantillons ont été dissous dans de l'eau distillée avec un rapport de 1:4 (p/p) puis placés dans un agitateur à 300 tr/min pendant 1 jour pour atteindre une hydratation complète. Plus tard, les solutions des échantillons ont été centrifugées à 2263g pendant 20 minutes. Le surnageant et le sédiment ont été séparés, et leurs poids ont été mesurés (Yousf et al., 2017). L'équation suivante a été calculée pour le ISE:

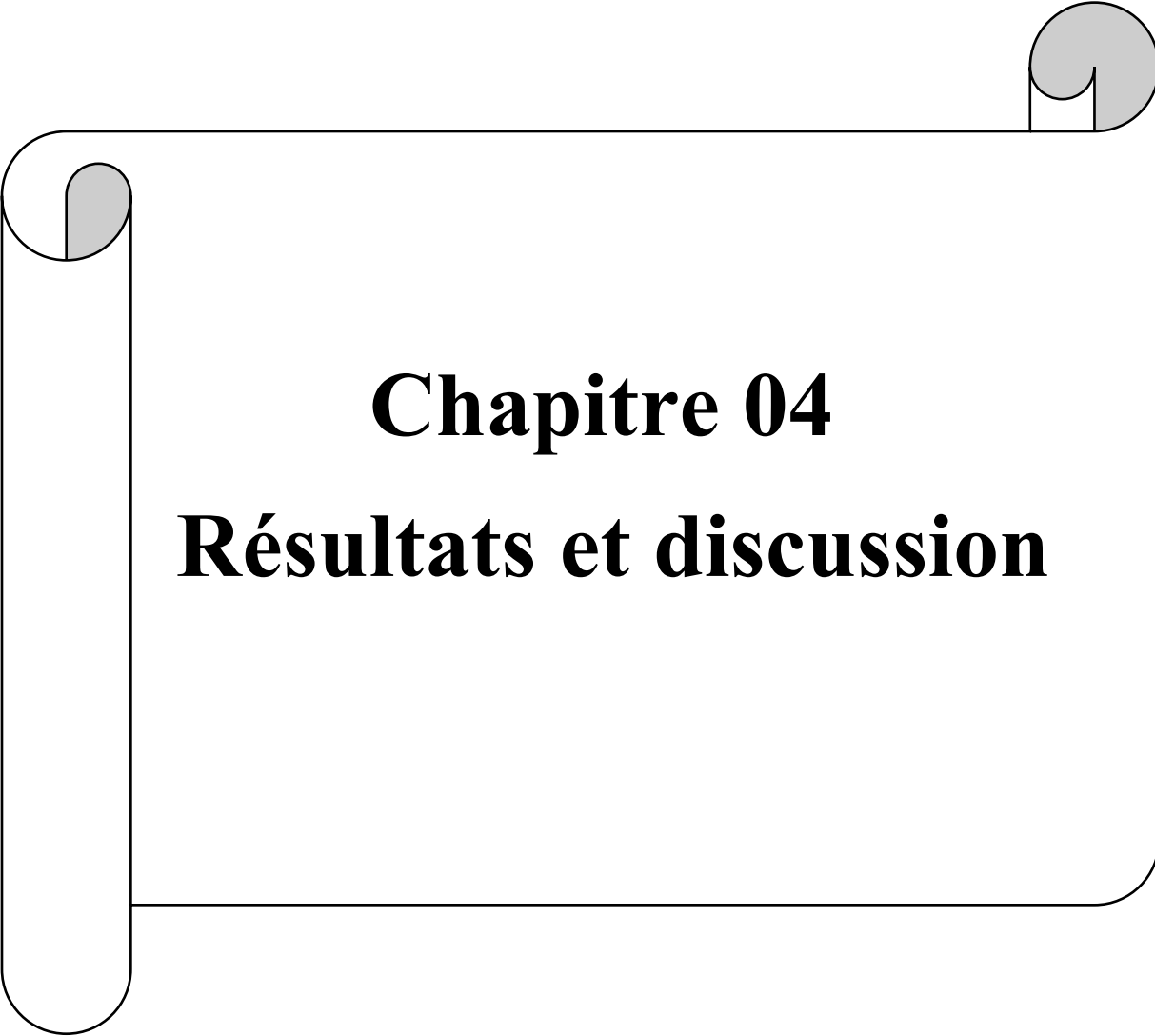
$$\text{ISE} = \text{poids du solide séché dans le surnageant} / \text{poids de l'échantillon initial}$$

3.6.6 Analyse des paramètres de salinité, TDS et Mv

L'analyse des paramètres de salinité, de solides dissous totaux (TDS) et de potentiel électrique (Mv) a été effectuée en utilisant l'appareil multifonction d'analyse physico-chimique Consort C6010, qui est un analyseur électrochimique. La sonde dédiée a été plongée dans l'échantillon liquide, puis le mode de mesure adéquat a été choisi en utilisant le bouton MODE. Une fois les lectures stabilisées, l'équipement a immédiatement présenté les valeurs sur son écran digital (Lachache, 2021).

3.6.7 Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques (germes, salmonelles, moisissures...), du complément alimentaire ont été réalisés au laboratoire privé AIDALAB (laboratoire d'analyse et de contrôle qualité et conformité) qui se trouve dans la ville de mila.

A decorative graphic of a scroll with a grey shadow, framing the chapter title. The scroll has a vertical section on the left and a horizontal section on the top right, with rounded corners.

Chapitre 04

Résultats et discussion

1 Résultats et discussion

1.1 Résultats du criblage phytochimique

Le tableau ci-dessous présente les résultats du dépistage chimique qualitatif des extraits bruts de graines de *C. quinoa*, de courge *C. pepo* L. et de pois *P. sativum* L.

Tableau 06. Résultats du screening phytochimique qualitatif des extraites protéiques.

Plante	Extrait protéique de quinoa	Extrait protéique de courge	Extrait protéique de pois
Phénol	-	-	-
Flavonoïdes	-	-	-
Alcaloïdes	-	-	-
Tanin	-	-	-
Glucides	+	+	+
Terpenoides	-	-	-
Stéroïdes	-	-	-
Quinones	-	-	-
saponines	-	-	-
Protéines	+	+	+

L'analyse phytochimique révèle une absence notable de la majorité des métabolites secondaires recherchés, notamment les phénols, flavonoïdes, saponines, tanins et alcaloïdes. Seuls les glucides et les protéines ont été détectés dans tous les extraits.

Cette absence peut être attribuée à plusieurs facteurs. Tout d'abord, les techniques de traitement appliquées, notamment la centrifugation, peuvent entraîner une élimination des composés secondaires solubles. En effet, ces molécules, souvent hydrophiles ou amphiphiles, peuvent rester dans la phase liquide éliminée lors de la séparation des protéines (**Kumar et Singh, 2022**). De plus, le choix du solvant, la température, le pH et le temps d'extraction influencent fortement la stabilité et la solubilité des flavonoïdes et des phénols (**Li et al, 2021**). Par exemple, des solvants inappropriés ou une exposition prolongée à la chaleur et à la lumière peuvent provoquer leur dégradation.

1.2 Résultats du dosage des macronutriments

1.2.1 Teneur en protéines

La quantification des protéines a été réalisée par la méthode de Bradford à l'aide d'une courbe étalon à base d'albumine sérique bovine (BSA)(**Figure 33**).

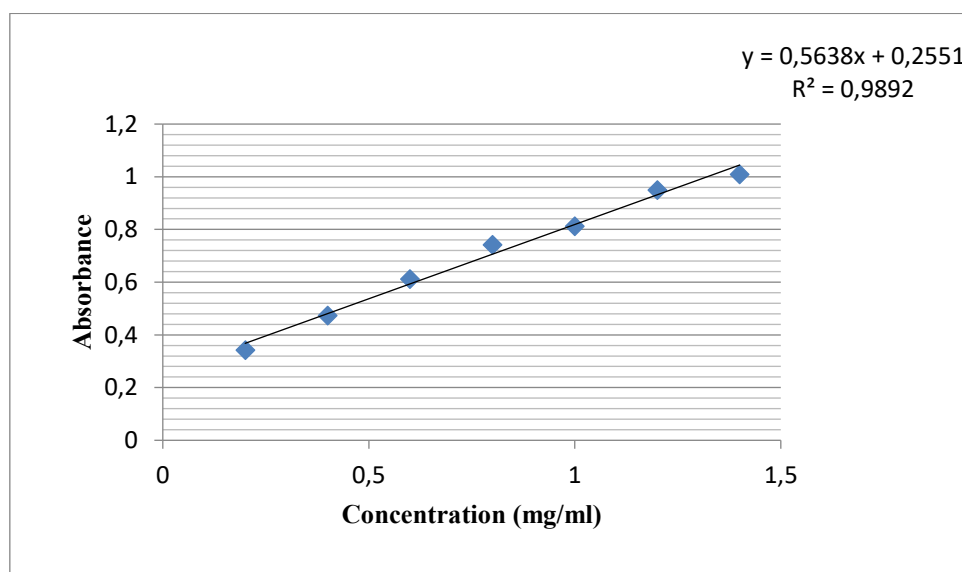


Figure 33 : Courbe d'étalonnage de BSA par la méthode de **Bradford**(**Créative proteomics** , 2025)

Les résultats indiquent une variation significative de la teneur en protéines selon la nature des graines (**Figure 34**):

- Quinoa : 44,22 %
- Pois : 35,70 %
- Citrouille : 35,43

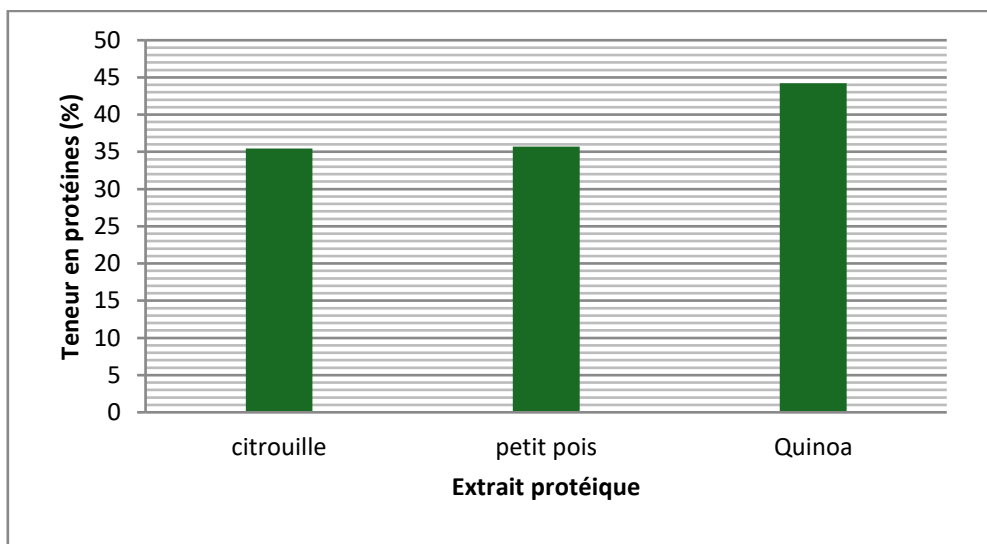


Figure 34: Teneur en protéines dans les trois extraits des graines de *Chenopodium quinoa* , *Pisum sativum* L , *Cucurbita pepo* L..

Ces taux sont inférieurs à ceux rapportés dans la littérature pour des extractions similaires : 87,23 % pour le *Chenopodium quinoa* (**Dakhili, 2019**), 63,7 % pour , (*Pisum sativum* L) **Karabulut et al., 2023**) et 68,67 % pour la *Cucurbita pepo* L.. (**Tirgar et al., 2017 ; Tas et al., 2024**).

Plusieurs hypothèses expliquent cette différence :

- L'extraction alcaline, bien qu'efficace pour solubiliser les protéines, est parfois limitée en rendement. Elle peut être affectée par des conditions inadéquates de température comme l'ont mentionné (**Habrel et al., 2016**), de concentration en NaOH, ou encore par la présence de lipides et de composés anti-nutritionnels comme les saponines (**Sumner, 1981 ; Tafano et al., 2022**).
- L'utilisation d'une solution de NaOH 0,1 mol/L semble toutefois appropriée, mais l'absence de prétraitement enzymatique (pectinase, ultrasons), comme proposé par (**Jambrak et al., 2009 ; Tang et al., 2009**), pourrait expliquer une extraction incomplète.

- Enfin, le séchage au four, au lieu de la lyophilisation, peut provoquer des réactions de Maillard altérant la solubilité et les propriétés fonctionnelles des protéines (**Locali et al., 2025**).

Comparé à la teneur brute en protéines des graines entières (10,4–17 % pour le *Chenopodium quinoa*, 25–30 % pour la *Cucurbita pepo* L., 21–27 % pour *Pisum sativum* L. selon(**FAO, 2013** ; **El-Din, 2021** ; **Harmankaya et al., 2011**), les extraits montrent une efficacité d'extraction relativement faible (6–11 %), confirmant les limites de la méthode alcaline (**Takur et al., 2024**).

1.2.2 Teneur en glucides

La méthode phénol-acide sulfurique (**Nielson, 2010**) a permis de déterminer la teneur en glucides totaux à l'aide d'une courbe étalonnage (**Figure 35**).

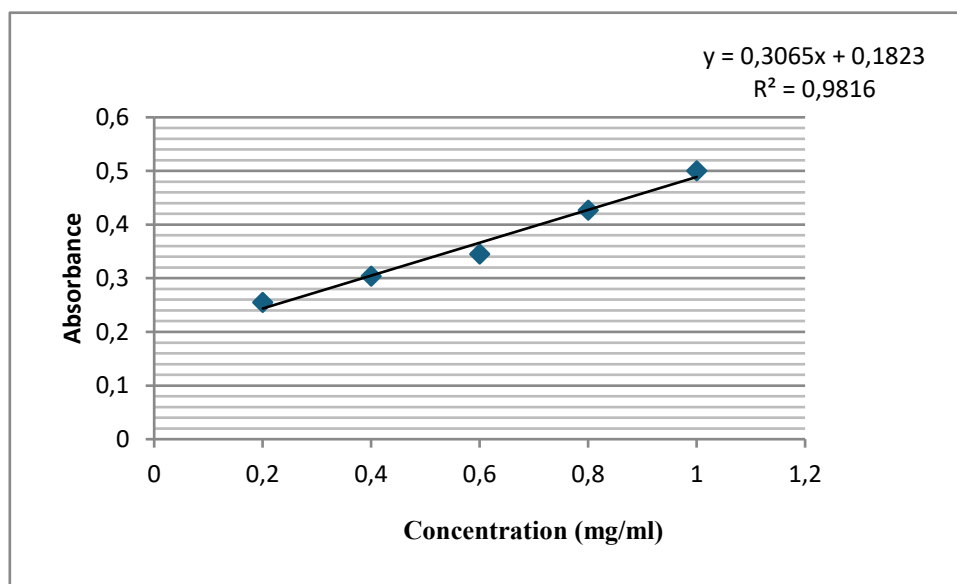


Figure 35 : Courbe étalonnage pour le dosage des glucides par la méthode de phénole-acides sulfurique (**Nielson, 2010**)

L'analyse des extraits protéiques obtenus à partir des trois graines

Cucurbita pepo L., et *Pisum sativum* L. a révélé des proportions variées de glucides dans chacune d'elles. L'extrait de quinoa a enregistré le pourcentage le plus élevé de 48,36 %, grâce à sa richesse en glucides (**Vergara, 2010**), suivi de *Pisum sativum* L avec 9,64 %, tandis que l'extrait de *Cucurbita pepo* L a enregistré le pourcentage le plus bas avec 0,16 % (**Figure 36**).

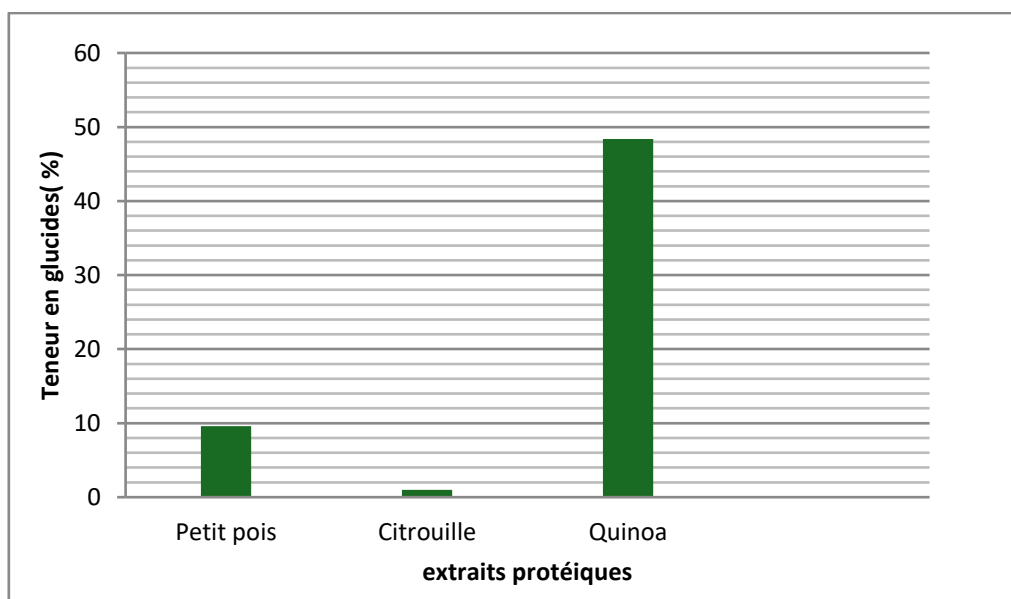


Figure36 : Teneur en glucides(%) dans les extraits protéiques issus de *Chenopodium quinoa* , *Cucurbita pepo* L. ,*Pisum sativum* L.

La quantité importante de glucides trouvée dans l'extrait protéique de *Chenopodium quinoa* est en accord avec sa composition naturelle (**Jancurová et al., 2009**), cependant, elle demeure moins élevée que celle mentionnée pour les graines entières, qui est de 53 g/100 g. Pour ce qui est des *Pisum sativum* L. et de la *Cucurbita pepo* L (respectivement 16,3 / 1,29), on note une faible teneur en glucides, particulièrement chez la *Cucurbita pepo* L. (0,16 %), qui illustre l'influence du type d'échantillon employé.

En effet, les extraits analysés ici sont des extraits protéiques, dans lesquels de nombreux glucides solubles ou liés ont été éliminés durant les étapes de traitement, notamment la délipidation et la centrifugation. Cela contraste avec les études de référence basées sur des farines ou des graines entières (**Clinical Nutrition, 2018 ; Ainaharilala, 2016**). Selon (**Oluwafemi et al., 2020**), l'extraction alcaline des protéines n'est pas conçue pour préserver les glucides, qui peuvent être supprimés ou perdus durant les phases de séparation. En outre, cette approche alcaline ne cible pas de manière efficace les glucides ou l'amidon, ce qui justifie les différences notables par rapport aux valeurs totales classiques.

L'étude met en évidence l'efficacité relative de l'extraction alcaline pour isoler les protéines à partir des graines de *Chenopodium quinoa* , *Pisum sativum* L. .et *Cucurbita pepo* L., avec des rendements variables influencés par les conditions d'extraction, la composition initiale des graines et le traitement préalable. Les faibles teneurs en composés secondaires et en

glucides s'expliquent par la nature spécifique de l'extrait analysé et les limitations inhérentes à la méthode utilisée.

1.3 Formulation du mélange protéique

Sur la base des valeurs protéiques de chaque extrait protéique obtenu individuellement à partir des trois graines, et en fonction du ratio utilisé dans leur combinaison, une formulation finale a été élaborée présentant un taux de protéines de 39 %, indiquant une haute valeur nutritive. Cette préparation contient 13,08% de glucides, un taux approprié qui aide à fournir de l'énergie au corps tout en préservant le but principal du complément protéique.

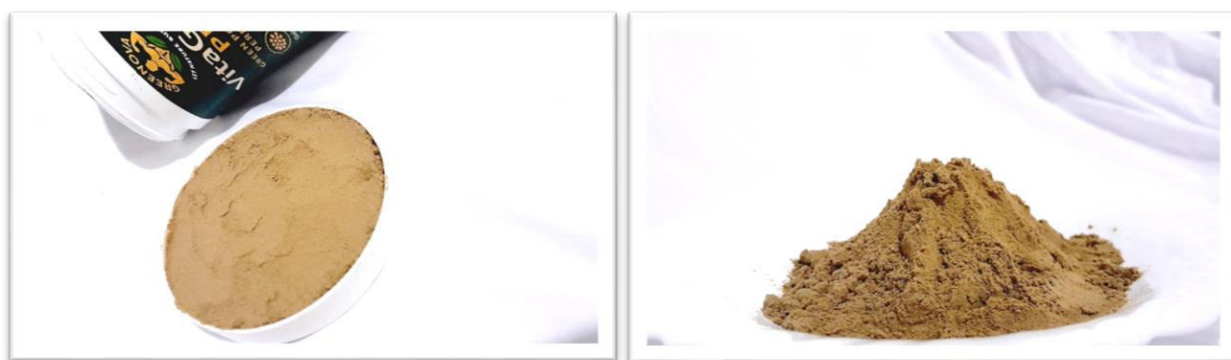


Figure 37 : Mélange des extraits protéiques

1.4 Analyses des caractéristiques nutritionnelles, physiques et microbiologiques

1.4.1 Évaluation nutritionnelle

Le tableau ci-dessous présente les teneurs en lipides, fibres et minéraux du complément final, exprimées pour 100 g de produit.

Tableau 07 : Composition nutritionnelle du complément alimentaire.

Valeur nutritionnelle	Pourcentage %
Fibres	0.41
Minéraux	2.36
Lipide	10.45

Les variations observées entre les valeurs nutritives du supplément composite Veta Green à base de (*Chenopodium quinoa* , *Pisum sativum* L. .et *Cucurbita pepo* L.)

et celles de compléments à source unique reflètent à la fois la structure biochimique propre à chaque plante et le niveau de transformation appliqué lors de la fabrication.

Par exemple, le complément composite affiche une teneur en protéines dépassant 39 %, ce qui est supérieur à celle du complément de *Chenopodium quinoa* (environ 33 %) (Yupik, 2023), mais reste inférieur à celle de l'isolat de *Pisum sativum* L. (~80 %) (NOW Foods, 2024). Cette différence s'explique par le fait que les protéines de *Pisum sativum* L. sont souvent obtenues via des méthodes d'extraction isolante, qui éliminent une grande partie des glucides et des lipides, concentrant ainsi la fraction protéique (Rutherford et al., 2014).

En revanche, la poudre issue des graines de *Cucurbita pepo* L., est particulièrement riche en minéraux et en acides gras bénéfiques. Des travaux récents montrent que le traitement technologique des graines améliore la concentration en acides gras insaturés et en antioxydants, notamment les tocophérols (Habib et al., 2025). Cela pourrait expliquer la teneur en lipides relativement élevée du supplément (10,45 %), supérieure à celle de l'isolat de *Pisum sativum* L.

Concernant les fibres, leur faible teneur (0,41 %) dans le produit par rapport au *Chenopodium quinoa* environ 3,3 %, (Yupik, 2023) peut être attribuée à l'utilisation de grains décortiqués ou à un broyage fin, entraînant une réduction significative des fractions fibreuses solubles et insolubles (Yupik, 2023).

En résumé, les écarts observés dans les proportions de protéines, lipides, glucides et fibres entre Veta Green et les produits à source unique s'expliquent principalement par :

le type de plante utilisé, la méthode de transformation appliquée, et la partie de la plante exploitée (grains entiers, isolats, graines dégraissées, etc.).

Ces paramètres influencent directement les propriétés nutritionnelles finales du supplément.

1.5 Analyses physique

Tableau08 : Résultats des analyses physiques du complément alimentaire.

Paramètre	Résultats
Conduktivité	6.66 mS/cm
Salinité	0.1 g/l
Solubilité	55.25 %

Matière sèche	87%
TDS	114.6 mg/l
PH	6.72
Mv	-15.5

Les résultats des analyses physico-chimiques indiquent une qualité satisfaisante du produit, tant sur le plan de sa composition que de sa valeur fonctionnelle et nutritionnelle :

- Conductivité : La valeur enregistrée de 6,66 mS/cm témoigne d'une présence notable de sels et de minéraux dissous, confirmée par une teneur en solides dissous totaux (TDS) de 114,6 mg/L. Ces données suggèrent une richesse en ions comme K^+ , Mg^{2+} et Na^+ , qui sont bénéfiques pour la santé (**Liu et al., 2021**).
- Matière sèche : Une teneur élevée en matière sèche (87 %) constitue un indicateur positif de stabilité microbiologique. Elle réduit l'activité de l'eau, limitant ainsi la prolifération microbienne et prolongeant la durée de conservation (**Singh et al., 2022**).
- Salinité : Le niveau de 0,1 g/L est faible et favorable, notamment pour les produits diététiques à faible teneur en sodium, recommandés aux patients hypertendus (**OMS, 2020**).
- Potentiel zêta (ζ -potentiel) : Une valeur de $-15,5$ mV indique une stabilité colloïdale moyenne. Selon les normes colloïdales, cela suppose que, dans des préparations liquides ou des boissons, des agents stabilisants pourraient être nécessaires pour éviter la séparation ou la sédimentation des particules (**Mafra et al., 2015**).
- PH : une valeur de Ph 6.72 indiquant un milieu proche de la neutralité avec une acidité très faible. Cette valeur reflète une stabilité physiologique du complément, ce qui est favorable sur le plan nutritionnel, puisque les protéines végétales extraites présentent généralement un pH compris entre 6 et 7 (**Zhang et al., 2014**).

Les analyses nutritionnelles et physico-chimiques confirment la valeur nutritionnelle élevée et la bonne conservation du complément Veta Green, tout en mettant en lumière certains points d'amélioration technique (stabilité colloïdale notamment). Une optimisation des

procédés de transformation et l'intégration de stabilisants naturels pourraient ainsi encore renforcer la qualité fonctionnelle du produit.

1.6 Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont effectuées pour garantir la sécurité des compléments alimentaires à base de plantes fabriqués, afin de détecter la présence de contaminants pouvant affecter la qualité du produit et la santé du consommateur.

Tableau09 : Résultats microbiologiques du complément alimentaire végétal.

Paramètre (UFC/g)	Résultat	Norme		Méthode
		m	M	
Germes aérobies à 30°C	2.01x 10 ⁴	10 ⁴	10 ⁵	(Arrêté, 2019)
Coliformes thermo tolérants	00	10	10 ²	(Arrête, 2017)
Anaérobies sulfite-réducteurs	5	10	10 ²	(Arrête, 2012)
Moisissures	1.5x10 ³	10 ³	10 ⁴	(Arrête, 2015)
Salmonella	00	Absence dans 25g		(Arrête, 2017)

Les analyses microbiologiques effectuées sur le supplément nutritionnel à base de graines de *Chenopodium quinoa*, *Pisum sativum* L et *Cucurbita pepo* L. révèlent une qualité globale satisfaisante. L'absence de coliformes thermo tolérants et de Salmonella témoigne de l'absence de contamination fécale et de la présence de pathogènes d'origine hydrique ou alimentaire, ce qui reflète l'efficacité des pratiques d'hygiène et de désinfection mises en œuvre lors du processus de production (MAM et Rurales, 2016).

Cependant, les résultats indiquent une charge modérée en microorganismes aérobies (2,01 × 10³ UFC/g) ainsi qu'en moisissures (1,5 × 10³ UFC/g), ce qui suggère une possible

contamination survenue au cours des étapes de séchage ou de stockage (**Ahmad et Khan, 2022**).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces niveaux microbiens, notamment des conditions de travail suboptimales, comme l'utilisation d'un environnement non stérilisé ou d'instruments insuffisamment désinfectés. De plus, le stockage du produit dans des lieux communs, en présence de produits chimiques ou dans des réfrigérateurs non dédiés, peut favoriser la prolifération microbienne. Par ailleurs, une humidité élevée et une température inadéquate dans les zones d'entreposage constituent des facteurs déterminants dans la croissance des moisissures et des anaérobies sulfito-réducteurs. Bien que leur concentration reste faible (5 UFC/g), cette présence révèle une contamination mineure qui mérite une surveillance continue (**Smith et al., 2023**).

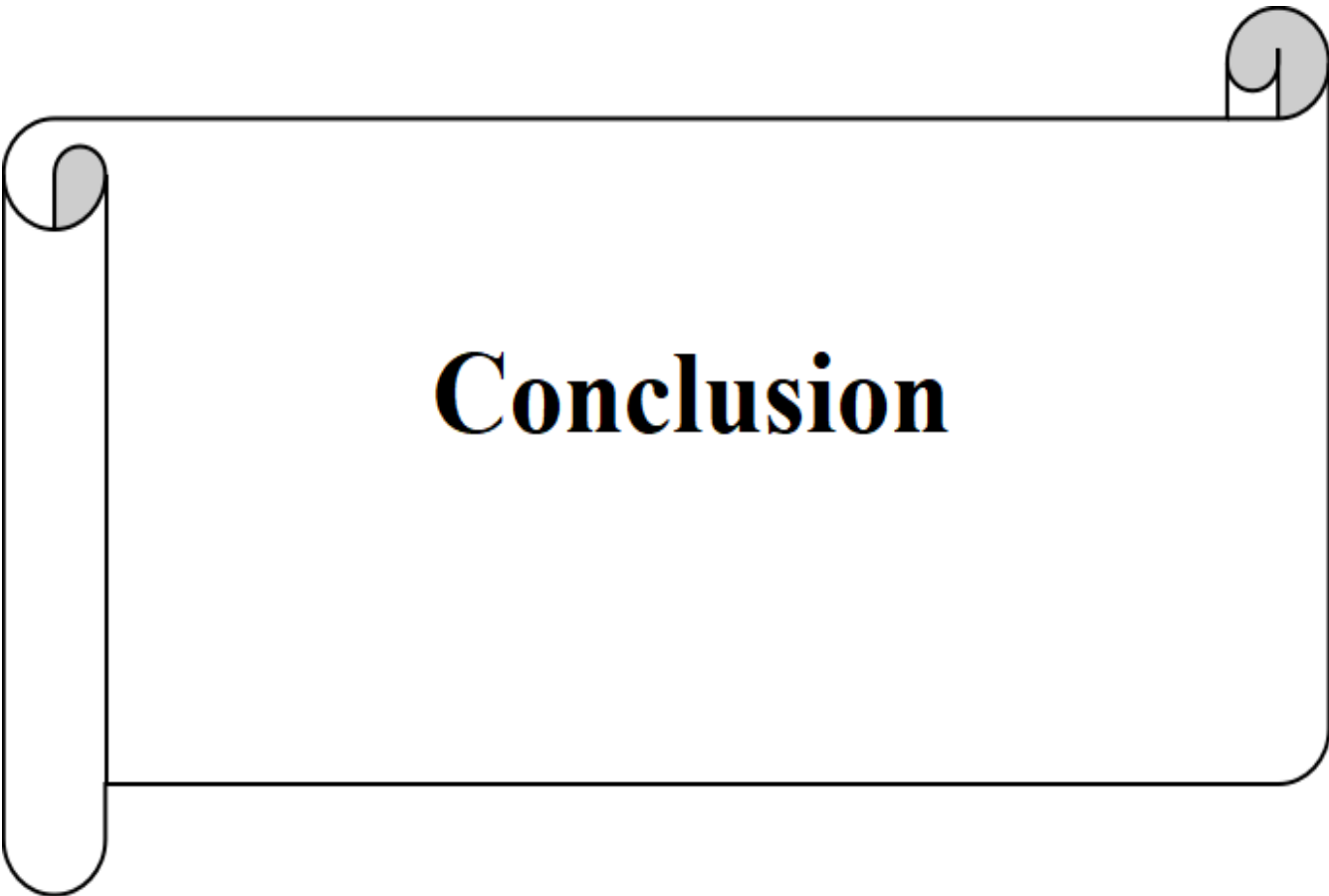
Afin de maîtriser la prolifération microbienne et de garantir la qualité et la sécurité du produit, il est essentiel :

D'optimiser les procédés de séchage et de stockage,

De contrôler l'humidité relative et la température ambiante,

Et d'assurer une désinfection régulière des outils ainsi que des espaces de travail.

Enfin, il est possible d'exploiter les propriétés antimicrobiennes naturelles de certains ingrédients du complément, comme les saponines du *C. quinoa* ou les antioxydants présents dans la *Cucurbita pepo* L., afin de renforcer la stabilité microbiologique du produit (**Ahmad et Khan, 2022**).



Conclusion

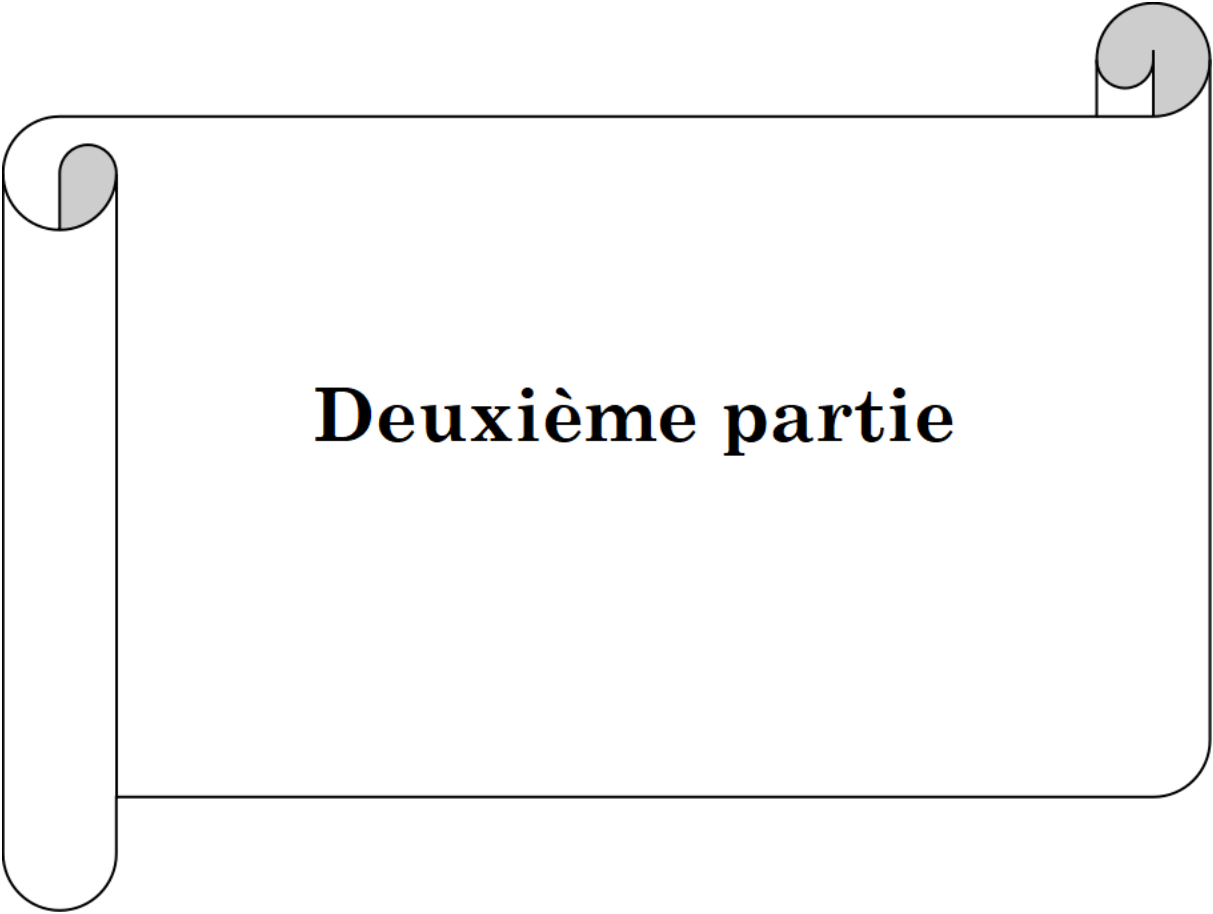
Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort clairement que les protéines extraites des graines de *Cucurbita pepo* L., *Pisum sativum* L. et *Chenopodium quinoa* constituent un mélange alimentaire complet, répondant aux exigences nutritionnelles des sportifs, en particulier en matière de construction musculaire et de récupération post-effort. Les analyses nutritionnelles ont mis en évidence un bon équilibre entre les protéines, les lipides, les fibres, les glucides et les minéraux, conférant à ce complément un profil nutritionnel riche et naturellement adapté aux besoins des athlètes végétariens ou intolérants aux protéines animales.

Les compléments alimentaires jouent un rôle essentiel dans l'optimisation des performances sportives et le renforcement de l'endurance, à condition d'être utilisés sous supervision spécialisée et avec respect des posologies recommandées. Les données de cette étude suggèrent que les athlètes dont l'apport protéique alimentaire est insuffisant peuvent bénéficier de ce type de supplémentation, à condition d'assurer une diversité des sources végétales pour couvrir l'ensemble des acides aminés essentiels.

Par ailleurs, ce complément contribue également à la promotion de la santé publique, grâce à sa richesse en fibres et en minéraux qui soutiennent les fonctions physiologiques et renforcent la capacité de récupération et de résistance à l'effort. Ces résultats positionnent ce produit comme une alternative durable et prometteuse aux protéines animales, s'inscrivant dans une perspective d'alimentation fonctionnelle respectueuse de l'environnement et des choix éthiques.

Enfin, ces conclusions ouvrent la voie à des recherches cliniques approfondies, qui permettront de valider, sur le terrain, l'impact de ce complément sur la performance sportive, la récupération physiologique, ainsi que son efficacité sur la santé globale des populations ciblées.



Deuxième partie



Chapitre 01

Présentation du logo du produit

1 Présentation du logo du produit



Figure 38 : Logo du produit (GREENOVA)

2 Description du logo

Greenova est un nom composé qui associe Green = le vert, symbole de la nature, et Nova = l'innovation, reflétant la vision de la marque de proposer des compléments naturels et innovants. Le logo incarne la force puisée dans la nature à travers un design circulaire élégant. En son centre, une silhouette musculaire dorée symbolise la performance sportive. Deux feuilles vertes l'entourent, évoquant la pureté et l'origine végétale du produit. Le nom GREENOVA est placé en haut du logo avec une typographie forte et claire, suivi du slogan "LET NATURE BUILD YOU", exprimant la philosophie de la marque : construire la force de manière naturelle et saine.

2.1 Nom du produit

Vita Green Pro– Complément Alimentaire Protéique Végétal Pour Sportifs

Vita Green Pro est un nom composé de trois éléments qui transmettent un message fort, alliant vie, nature et performance professionnelle :

- **Vita** : issu du latin "vita", signifiant "vie". Cela évoque la vitalité, l'énergie et la santé – les valeurs fondamentales que le produit cherche à promouvoir.
- **Green** : symbolise la nature et la pureté, en mettant en avant l'origine végétale et naturelle du complément, sans additifs chimiques.
- **Pro** : abréviation de "professionnel" ou "performance", soulignant l'aspect sportif et spécialisé du produit, destiné aux athlètes et aux personnes recherchant des résultats fiables et efficaces
- **Forme** : Poudre .

2.2 Ingrédients actifs

- Protéine de *Chenopodium quinoa* – Source complète d'acides aminés essentiels, riche en fibres et minéraux.
- Protéine de *Pisum sativum L.* – Haute digestibilité, favorise la récupération et la croissance musculaire.
- Protéine de graines de *Cucurbita pepo L.* – Riche en magnésium, zinc, et antioxydants, soutient la santé musculaire et immunitaire

Tableau 10 : Valeurs nutritionnelles de produit de VitaGreen

Valeurs	Pourcentages % (100g)
Énergies	355,5 kcales
Protéines	39
Glucides	13.0
Lipides	10.45
Fibres	0.41
Minéraux	2.36

3 Bienfaits principaux

- ✓ Favorise le développement et la récupération musculaire après l'effort.
- ✓ Source naturelle de protéines végétales complètes, idéale pour les sportifs et les végétariens.
- ✓ Riche en acides aminés essentiels, vitamines et minéraux.

- ✓ Contribue à l'apport en fibres alimentaires, favorisant la satiété et la digestion..

Mélanger 1 dose (30 g) avec 250 à 300 ml d'eau froide ou de lait.

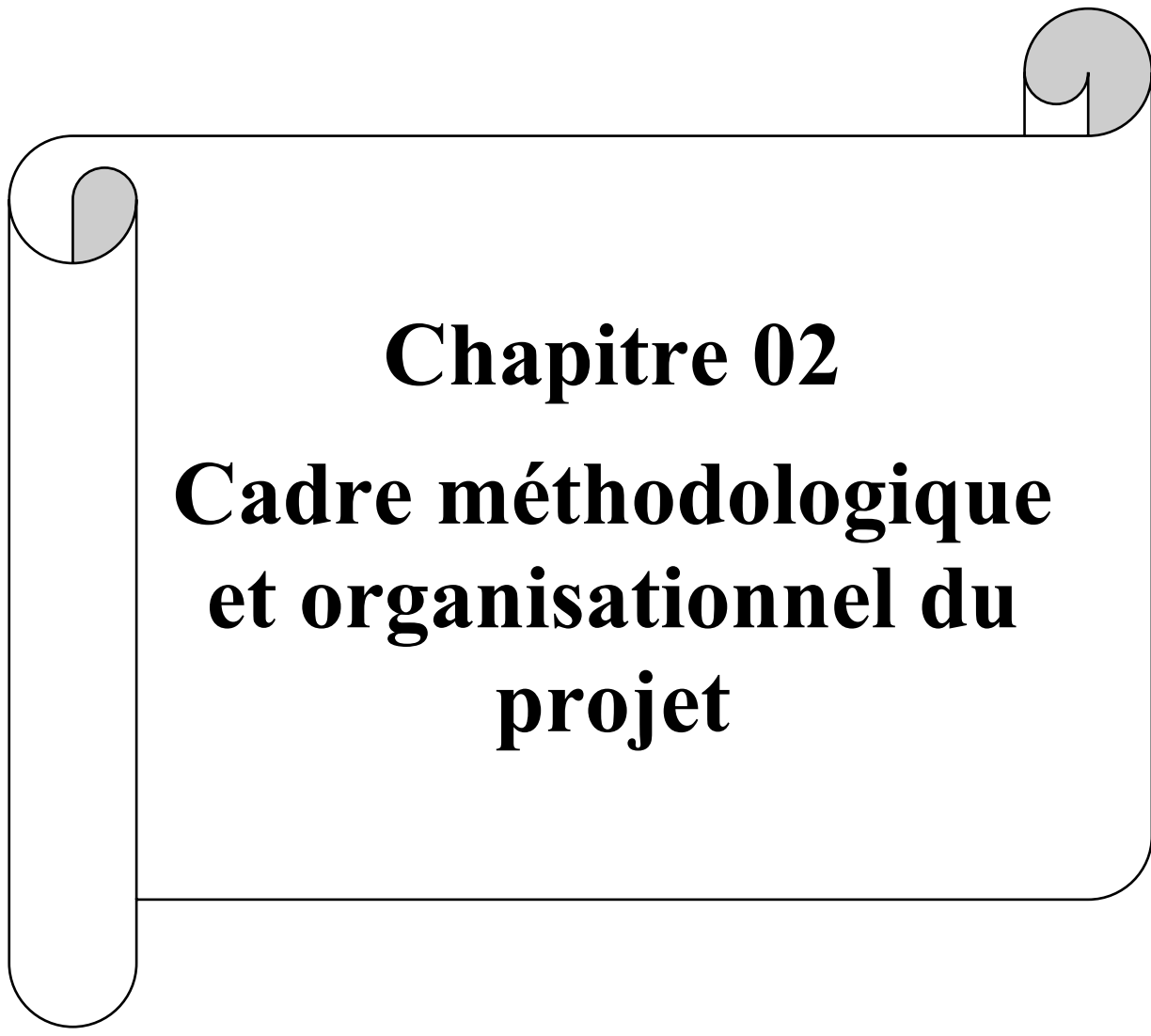
Bien agiter et consommer de préférence après l'entraînement ou selon les conseils de votre nutritionniste.

➤ **Précautions**

Déconseillé aux personnes de moins de 10 ans et aux femmes enceintes sans avis médical.

➤ **Engagement qualité**

- 100% végétale
- Sans OGM, ni additifs chimiques
- Fabriqué selon les normes GMP
- Convient aux régimes végétariens
- Sans glutine
- Sans lactose
- Adapté aux personnes sensibles.

A large, light gray scroll graphic with a black outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a small gray circular detail at the top-left and top-right corners respectively.

Chapitre 02

Cadre méthodologique et organisationnel du projet

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحفيظ بوالصوف-ميلة

Titre du projet :

Extraction des protéines végétales pour la
fabrication d'un complément alimentaire

Nom de l'entreprise :

GREENOVA

Nom commercial :

***VitaGreen -
PRO-***



Carte d'information À propos de l'équipe d'encadrement et de l'équipe de travail

1 Équipe d'encadrement

Équipe de supervision	
Encadrant : Belattar Hakima	Biologie végétale
Co-encadrant : Boussmid Ahlam	Biologie végétale
Co-encadrant : Bourihan Farouk	Science économique

2 Équipe de travail

Équipe de projet	Spécialité	Faculté
Belbedroune Roumaissa	Biotechnologie végétale et amélioration de plantes	Science de la Nature et de la Vie
Belaidi Karima	Biotechnologie végétale et amélioration de plantes	Science de la Nature et de la Vie
Benali Yaser	Biotechnologie végétale et amélioration de plantes	Science de la Nature et de la Vie
Boukhalfa Alaeddine	Biotechnologie végétale et amélioration de plantes	Science de la Nature et de la Vie

Premier axe : Présentation du projet

1 Idée du projet (Solution proposée)

Notre projet porte sur l'extraction de protéines végétales de haute qualité à partir des graines de pois, de courge et de quinoa, en vue de développer un produit destiné spécifiquement aux sportifs et aux consommateurs à la recherche d'alternatives saines et naturelles aux compléments protéiques traditionnels.

L'idée de ce projet est née de l'observation de l'augmentation de l'intérêt pour les modes de vie sains et les régimes alimentaires à base de plantes, notamment chez les sportifs et les pratiquants de disciplines de force et d'endurance. Nous avons également constaté une lacune sur le marché local concernant la disponibilité de compléments protéiques 100 % naturels, exempts de composants industriels ou de dérivés animaux, et adaptés aux personnes souffrant d'allergies ou suivant des régimes spécifiques.

Grâce à une étude approfondie, nous avons constaté que les graines de pois, de courge et de quinoa représentent des sources riches en protéines végétales complètes, contenant des proportions élevées d'acides aminés essentiels, et se caractérisant par une digestion et une absorption faciles. Cela en fait une option idéale pour favoriser le développement musculaire, accélérer la récupération et améliorer les performances sportives.

Notre projet repose sur des techniques d'extraction innovantes permettant de préserver la valeur nutritionnelle des protéines, sans recourir à des substances chimiques nocives. Nous visons à offrir un produit naturel, sûr, au goût agréable, facile à mélanger dans les jus ou boissons, et répondant aux exigences des sportifs en quête d'efficacité sans compromettre leur santé.

Ce projet constitue une contribution prometteuse au développement de produits sains et innovants localement, en phase avec les tendances mondiales vers une alimentation plus propre, et répondant aux besoins croissants des consommateurs préférant des sources de protéines végétales durables.

Ce produit a été conçu au sein du laboratoire de recherche scientifique de l'Université **Abdelhafid Boussouf – Mila**, dans un cadre scientifique rigoureux et contrôlé, garantissant la qualité de l'innovation et la fiabilité des étapes expérimentales, ce qui reflète notre engagement à développer un produit efficace, sûr et scientifiquement fondé.

2 Valeurs proposées

Les valeurs proposées aux clients peuvent découler des éléments suivants :

- **Innovation** : Un produit protéique végétal innovant, extrait de graines naturelles (pois, courge, quinoa), basé sur des recherches scientifiques récentes en nutrition sportive, représentant une alternative saine aux compléments protéiques traditionnels d'origine animale ou industrielle.
- **Performance** : Une formule équilibrée en acides aminés essentiels, contribuant efficacement au développement musculaire, à la récupération rapide et à l'amélioration des performances physiques, de manière sûre et naturelle.
- **Adaptation** : Produit fabriqué localement, à partir de matières premières disponibles sur le marché national, proposé à un prix abordable, accessible à un large public de sportifs et d'adeptes de l'alimentation saine.
- **Design** : Le produit est conditionné dans un emballage pratique, hermétique et anti-humidité, garantissant la conservation optimale de la poudre protéique et facilitant son usage quotidien.
- **Réduction des coûts** : Une alternative économique aux compléments importés coûteux, tout en assurant une qualité nutritionnelle élevée, sans conservateurs ni additifs industriels.
- **Réduction des risques** : Sans lactose, sans gluten, et sans allergènes courants, ce qui le rend adapté aux personnes allergiques ou suivant des régimes alimentaires spécifiques.
- **Accessibilité** : Produit disponible localement, avec possibilité de distribution via les pharmacies, les magasins de compléments alimentaires, les salles de sport et les plateformes en ligne, facilitant son acquisition dans différentes régions.
- **Commodité / Facilité d'utilisation** : Une poudre protéinée prête à être mélangée avec de l'eau ou des jus, facilement intégrable dans la routine alimentaire quotidienne sans préparation complexe.

3 Équipe de travail

Membres	Qualifications
---------	----------------

Belbedroune Roumaïssa	Baccalauréat en Sciences expérimentales (2020) Licence en Biotechnologie végétale (2023) 2eme année Master en Biotechnologie végétale et amélioration de plantes (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques (BMC)
Belaidi Karima	Baccalauréat en Sciences expérimentales (2020) Licence en Biotechnologie végétale (2023) 2eme année Master en Biotechnologie végétale et amélioration de plantes (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques (BMC)
Benali Yasser	Baccalauréat en Sciences expérimentales (2020) Licence en Biotechnologie végétale (2023) 2eme année Master en Biotechnologie végétale et amélioration de plantes (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques (BMC)
Boukhalfa Alaeddine	Baccalauréat en Sciences expérimentales (2020) Licence en Biotechnologie végétale (2023) 2eme année Master en Biotechnologie végétale et amélioration de plantes (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques (BMC)

4 Tâches de Alaeddine, Yasser, Roumaïssa et Karima

Les membres de l'équipe collaborent de manière complémentaire à toutes les étapes du projet, depuis l'acquisition des graines de pois, courge et quinoa, jusqu'à l'extraction des protéines végétales au sein du laboratoire de recherche scientifique de l'Université Abdelhafid Boussouf – Mila.

Leur travail commun comprend le développement de la formule, les analyses de qualité, la conception d'un emballage pratique et hermétique, ainsi que la mise en place d'une stratégie de commercialisation ciblant les pharmacies, les magasins de compléments alimentaires et les plateformes numériques.

L'équipe participe également à la préparation des documents scientifiques, à la présentation du projet lors d'événements spécialisés, et à la planification d'une future extension de la production.

5 Objectifs du projet

Offrir une alternative saine et sûre : Proposer un complément alimentaire végétal de haute qualité, sans ingrédients d'origine animale ni additifs artificiels, adapté aux sportifs, végétariens, et personnes souffrant d'intolérances alimentaires.

Valoriser les ressources végétales naturelles : Exploiter les graines de pois, de courge et de quinoa comme sources riches en protéines complètes pour créer un produit nutritif et performant.

Sensibiliser à l'importance des protéines végétales : Encourager les consommateurs, notamment les sportifs, à adopter des alternatives naturelles, propres et sûres pour soutenir leur santé et leurs performances

Assurer la rentabilité économique : Produire localement un complément efficace à un prix abordable, accessible au plus grand nombre.

Renforcer la présence sur le marché local : Gagner la confiance des consommateurs soucieux de leur santé et élargir les canaux de distribution.

Développer de nouveaux produits dérivés : Envisager la création d'une gamme élargie de compléments alimentaires naturels répondant à différents besoins (énergie, récupération, performance...).

5. Calendrier de mise en œuvre du projet

			1	2	3	4	5	6
1		Études du projet et sélection des matières premières						

2		Aménagement et préparation du site de travail (LABO)	✓	✓	✓			
3		Commandes et réception des équipement	✓					
4		Prendre des matières premières	✓	✓				
5		Le début de la production du premier produit			✓	✓	✓	✓

Deuxième axe : Aspects innovants

1 Nature de l'innovation

Ce projet se distingue par l'extraction de protéines végétales de haute qualité à partir de sources non conventionnelles telles que les pois, les graines de courge et le quinoa. Ces ingrédients naturels sont riches en acides aminés essentiels, faciles à digérer et exempts d'allergènes courants.

- Le quinoa est reconnu pour sa richesse nutritionnelle et son profil complet en acides aminés, tandis que la protéine de pois offre une excellente digestibilité et favorise la croissance musculaire. Les graines de courge, quant à elles, soutiennent la santé immunitaire et musculaire
- Le projet repose sur l'utilisation exclusive d'ingrédients végétaux, locaux et naturels, sans aucun additif industriel ni dérivé animal, tout en respectant les normes d'hygiène et de sécurité.

- Le produit est conçu comme un complément alimentaire végétal innovant, destiné principalement aux sportifs et aux personnes suivant un régime végétarien ou végétalien, constituant ainsi une alternative efficace et sûre aux compléments protéinés industriels disponibles sur le marché local.
- Le processus de fabrication est rigoureux et contrôlé, réalisé au sein du laboratoire de recherche scientifique de l'Université Abdelhafid Boussouf – Mila, garantissant une qualité nutritionnelle optimale dans un cadre respectueux de l'environnement.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché

1 Présentation du marché potentiel

a) Marché local

Le marché local constitue la première étape pour la commercialisation du complément alimentaire protéiné végétal, notamment avec l'essor des modes de vie sains chez les sportifs et les adeptes de régimes végétariens. Le produit peut être distribué à travers :

- Les pharmacies ;
- Les magasins spécialisés dans la vente de compléments alimentaires ;
- Les salles de sport et de fitness ;
- Les boutiques d'alimentation biologique et naturelle ;
- La vente en ligne via les réseaux sociaux et les plateformes de commerce électronique.

b) Marché international

Le marché extérieur représente une opportunité prometteuse, en raison de la demande croissante pour des compléments végétaux sains, sans ingrédients d'origine animale ni additifs chimiques. L'exportation permettrait d'augmenter la rentabilité du projet et de valoriser l'innovation locale dans le domaine de la nutrition sportive propre.

2 Évaluation de l'intensité concurrentielle

Le complément alimentaire végétal issu des graines de pois, de courge et de quinoa représente un produit innovant et unique sur le marché local. Il se distingue par sa formule complète, élaborée à partir d'ingrédients naturels, locaux et riches en acides aminés essentiels. Sa production repose sur des techniques scientifiques modernes, au sein d'un environnement

de recherche contrôlé, garantissant une qualité nutritionnelle élevée et une efficacité réelle pour le soutien de la performance sportive.

Ce qui rend ce produit véritablement distinctif, c'est qu'il s'agit de l'un des tout premiers compléments végétaux en Algérie spécifiquement conçus pour les sportifs et les adeptes du régime végétarien, sans additifs chimiques ni dérivés animaux. La combinaison exclusive de trois sources végétales (pois, courge, quinoa) n'a, à ce jour, aucun équivalent sur le marché local ou régional, ce qui en fait une opportunité exceptionnelle de proposer un produit pionnier.

En ce qui concerne la concurrence directe, on recense à peine deux à trois marques actives sur le marché algérien dans le domaine des compléments protéiques végétaux. Ces produits reposent généralement sur une seule source de protéine, comme le soja ou les lentilles, et sont souvent importés. De plus, beaucoup d'entre eux contiennent des ingrédients génétiquement modifiés (OGM), ce qui soulève des inquiétudes chez les consommateurs soucieux de leur santé.

La concurrence indirecte provient principalement d'individus ou d'athlètes préparant leurs propres mélanges naturels à domicile. Toutefois, ces préparations manquent souvent de précision en termes de formulation et ne répondent pas aux normes de qualité et de sécurité alimentaires.

Ainsi, ce projet bénéficie d'un avantage concurrentiel fort, dans un marché encore peu saturé, où la demande pour des compléments végétaux sains, sûrs et sans OGM est en croissance continue.

➤ **Leurs points forts sont**

- Issu de sources végétales naturelles (pois, graines de courge, quinoa), riches en protéines complètes et faciles à digérer.
- Sans OGM (contrairement au soja ou aux lentilles) et sans additifs industriels.
- Adapté aux sportifs, végétariens et personnes allergiques.
- Produit local de haute qualité scientifique, développé au sein du laboratoire de recherche de l'Université Abdelhafid Boussouf – Mila.

- Respectueux de l'environnement, tant dans ses ingrédients que dans son emballage.
- Alternative saine et sûre aux compléments importés de composition industrielle.
- **Leurs points faibles sont**
- L'innovation du concept peut nécessiter du temps pour gagner la confiance des consommateurs.
- Faible culture locale de consommation de protéines végétales.
- Coût de production relativement plus élevé que les compléments commerciaux largement répandus.

3 Stratégie marketing

Selon la stratégie concurrentielle élaborée par Michael Porter, qui repose sur l'analyse des forces du secteur pour identifier les avantages compétitifs, notre projet adopte une stratégie de différenciation et de concentration.

Le projet vise à proposer un complément protéique végétal 100 % naturel, destiné aux sportifs et aux personnes suivant un régime végétarien ou végétal. Il se distingue par sa formulation unique combinant trois sources végétales riches en acides aminés essentiels, sa haute qualité nutritionnelle, et l'absence totale d'additifs chimiques ou d'ingrédients génétiquement modifiés, contrairement aux produits classiques à base de soja ou de lentilles. Le processus de fabrication s'appuie sur des méthodes scientifiques avancées, assurant un produit efficace, sain et innovant.

4 Analyse SWOT

La méthode SWOT est un outil stratégique utilisé pour évaluer les forces, faiblesses, opportunités et menaces d'un projet donné. Son application au projet de bain de bouche naturel permet de résumer la situation comme suit :

Forces

- Formule innovante combinant trois sources végétales riches et complémentaires.
- Utilisation d'ingrédients locaux, naturels, non génétiquement modifiés.

- Produit exempt d'allergènes courants et d'additifs artificiels.
- Fabrication contrôlée en laboratoire universitaire, garantissant qualité et fiabilité.

Faiblesses

- Nouveau produit sur le marché local, nécessitant un effort de sensibilisation.
- Accès initial limité aux circuits de distribution spécialisés.

Opportunités

- Faible concurrence locale dans le domaine des compléments végétaux naturels.
- Intérêt croissant pour les régimes végétariens et la nutrition sportive saine.
- Possibilité de bénéficier de soutiens publics pour l'innovation en nutrition.
- Développement futur d'une gamme élargie de produits dérivés (barres, boissons...).

Menaces

- Risque d'entrée de marques étrangères à bas prix.
- Difficulté à convaincre les consommateurs habitués aux compléments classiques.
- Concurrence de produits importés à base de soja ou de lentilles souvent modifiés génétiquement

5 Coûts et charges

Dans cette section, nous identifions les principaux postes de dépenses du projet, répartis entre les coûts initiaux, les coûts fixes et les coûts variables :

5.1 Coûts initiaux (ponctuels)

- Coûts des analyses et tests en laboratoire pour garantir la qualité du produit et sa conformité aux normes sanitaires et nutritionnelles.
- Frais d'enregistrement du registre de commerce et d'obtention des autorisations officielles.

- Aménagement du site de production (laboratoire ou atelier de transformation).
- Achat et installation des équipements nécessaires à l'extraction et au séchage des protéines végétales.
- Lancement et essais de la première phase de production.

5.2 Coûts fixes

- Loyer du local de production.
- Assurance du local, du matériel et du personnel.
- Salaires des membres permanents de l'équipe (production, qualité, distribution...).
- Dépenses liées à la communication et à la promotion du produit (publicité, flyers, échantillons...).
- Entretien régulier des machines et équipements.

5.3 Coûts variables

- Factures d'électricité, d'eau et de gaz nécessaires au fonctionnement de l'unité de production.
- Coût des matières premières (graines de pois, quinoa, et courge).
- Coût des matériaux d'emballage et de conditionnement (boîtes hermétiques, sachets anti-humidité...).

Quatriem Axe 4 : Plan de production et d'organisation

Afin de produire un complément alimentaire végétal de haute qualité, répondant aux besoins du marché local et conforme aux normes nutritionnelles et sanitaires, l'entreprise vise à coordonner les facteurs de production et à mobiliser les ressources techniques et humaines nécessaires, pour obtenir un produit efficace, sûr et à coût maîtrisé.

1 Étapes de fabrication du complément alimentaire

- Aménagement du site de travail (laboratoire ou petit atelier), installation des équipements de base destinés à l'extraction, au mélange et au séchage des protéines végétales.
- Approvisionnement en matières premières, notamment : graines de pois, graines de courge et graines de quinoa, ainsi que d'autres ingrédients naturels complémentaires (comme les arômes ou les agents texturants), et les emballages adaptés.
- Lancement du processus de production, selon les étapes suivantes :

Première étape : Réception et préparation des quantités adéquates de graines naturelles.

Deuxième étape : Nettoyage et broyage des graines en vue de l'extraction des protéines.

Troisième étape : Réalisation du processus d'extraction (par des méthodes mécaniques ou enzymatiques) pour isoler les protéines végétales.

Quatrième étape : Formulation du mélange final avec des ingrédients naturels, selon des proportions précises et des critères de qualité.

Dernière étape : Séchage de la poudre, conditionnement dans des emballages hermétiques résistants à l'humidité, étiquetage et emballage final

2 Prototype expérimental

Le prototype expérimental représente une version initiale du complément alimentaire végétal, développée dans le but de tester sa qualité nutritionnelle, sa digestibilité, son goût, sa texture et son acceptabilité par les consommateurs, avant de valider la version finale destinée à la commercialisation.

3 Prototype concret (physique)

Un premier prototype a été formulé à base d'un mélange équilibré de protéines végétales extraites de graines de pois, de courge et de quinoa. Cette combinaison offre un profil complet

en acides aminés essentiels, en plus d'être riche en fibres, magnésium et zinc. Le tout est aromatisé naturellement (par exemple avec du cacao ou de la vanille) afin d'améliorer le goût sans ajouter d'additifs chimiques ni de produits d'origine animale.

4 Caractéristiques

Une poudre fine, de couleur naturelle, à dissolution rapide dans l'eau ou dans des boissons végétales, au goût agréable et sans arrière-goût artificiel. Elle convient parfaitement aux sportifs, végétariens et personnes soucieuses de leur santé.

Détail pratique ajouté

Une **boîte nomade de 30 g** a été spécialement conçue pour faciliter la consommation quotidienne lors des déplacements, notamment au travail ou à la salle de sport. Elle représente une alternative pratique à l'emballage standard, permettant un usage rapide et flexible partout, à tout moment.

Présentation du prototype

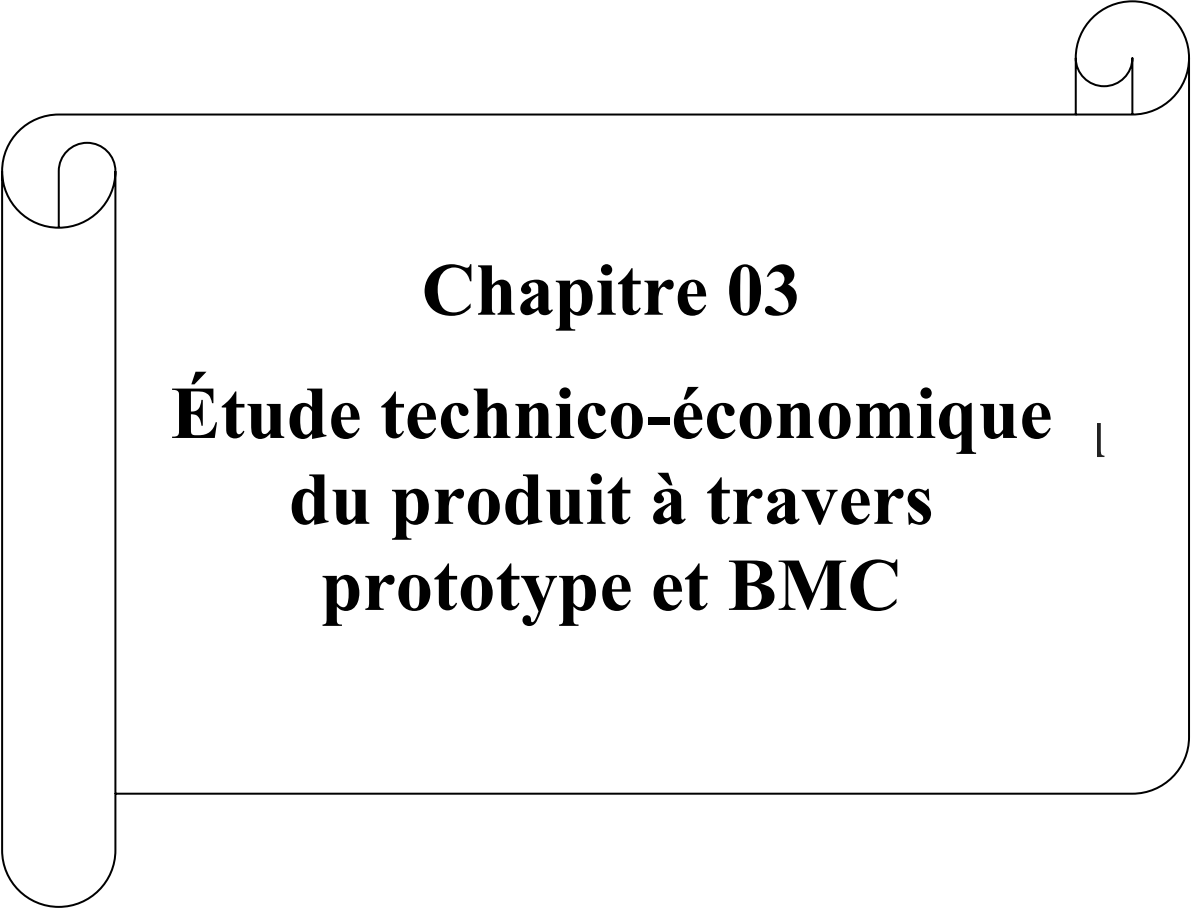
Le prototype du complément protéique végétal a été conditionné dans un pot noir résistant à l'humidité, d'une capacité de 300 grammes, conçu pour préserver la qualité et la stabilité du produit. L'emballage comporte une étiquette promotionnelle claire mentionnant le nom du produit, sa nature, les ingrédients principaux, ainsi que les instructions d'utilisation et des conseils pratiques pour une consommation optimale, en particulier pour les sportifs et les adeptes du régime végétalien. Ce prototype a été conçu afin d'évaluer l'acceptabilité du produit auprès des utilisateurs en termes de présentation, de facilité d'utilisation et de bénéfices nutritionnels.



Figure 39 : Prototype de produit Complément alimentaire protéiques Vita Green Pro 300 g



Figure 40 : Prototype de produit Complément alimentaire protéiques Vita Green Pro 30 g

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in scroll-like curls.

Chapitre 03

Étude technico-économique du produit à travers prototype et BMC

Pototype



Centre Universitaire Abdelhafid
Boussouf Mila
Department de biotechnologie
Business Incubator Mila



Projet de start-up :

**Extraction des protéines
végétales pour la fabrication
des complément alimentaire**

Préparé par :

**BENALI Yaser
BOUKHALFA Alaeddin**

**BELAIDI Karima
BELBEDROUNE Roumaïssa**

Sous la direction de :

**BELATTAR Hakima
BOUSMID Ahlem**

Année universitaire : 2024/2025



1 Étapes de prototype

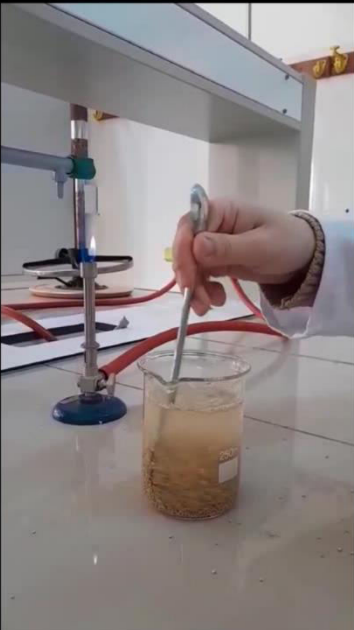
Etape 01 :

 **SÉLECTION ET ACHAT DES GRAINES**



Graines de quinoa **Graines de courge** **Graines de petit pois**

Etape 02 :

 **NETTOYAGE ET DÉSINFECTION INITIAL**

Les graines ont d'abord été traitées avec une solution d'eau de Javel pour éliminer les contaminants, puis rincées abondamment à l'eau, et enfin à l'eau distillée pour éliminer les résidus de Javel. 

Etape 03 :

SÉCHAGE DES GRAINES

Les graines ont été placées dans un étuve jusqu'à un séchage complet, garantissant ainsi une mouture facile et une bonne conservation.



The image shows a pile of green and yellow seeds. A thermometer icon indicates a temperature of $T = 40^{\circ}\text{C}$. An arrow points from the seeds to an open oven, indicating the drying process.

Etape 04:

BROYAGE DES GRAINES

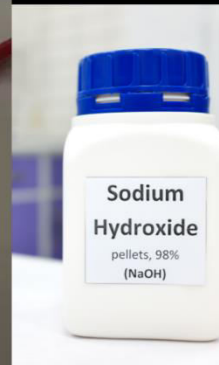
Un appareil spécifique (robot) ou par le mortiers a été utilisé pour broyer les graines séchées, et les poudres obtenues ont été conservées dans des sacs ou des boîtes hermétiques.



The image shows a mortar and pestle on the left, and a glass dish containing a pile of ground seed powder on the right. A hand is holding a small glass vial, possibly for sampling or storage.

Etape 05 :

PRÉPARATION DE SOLUTIONS ALCALINE (NaOH)

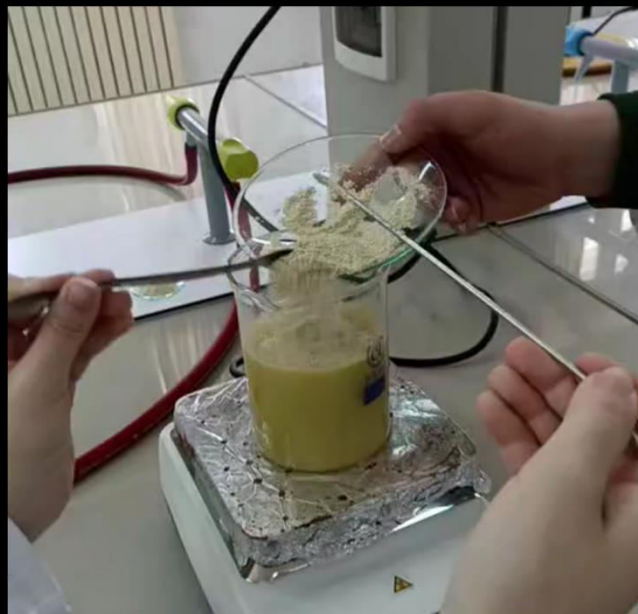


Etape 06 :

EXTRACTION ALCALINE DES PROTÉINES

Extraction alcaline des protéines

La poudre a été mélangée avec une solution de NaOH pour extraire les protéines solubles en milieu alcalin.



Etape 07 :



AGITATION

agitation de la solution
dan l'agitateur
Magnétique Pendant une
heure à 50 degrés





Etape 08 :

PREMIÈRE CENTRIFUGATION

Nous mettons la solution
dans la centrifugeuse.

Nous mettons la solution dans la
centrifugeuse.
La centrifugation a été utilisée pour
séparer les impuretés du mélange,
le surnageant contenant les
protéines solubles a été conservé.





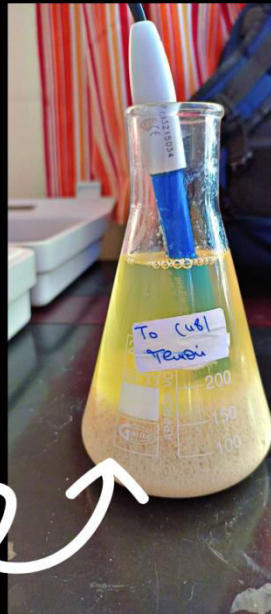


Etape 09 :

PRÉCIPITATION DES PROTÉINES PAR ACIDIFICATION

Du HCl à 0,1 M a été ajouté au mélange, ce qui a entraîné la précipitation des protéines au point isoélectrique.

PH entre
5,2 et 5,5



Etape 10:

DEUXIÈME CENTRIFUGATION

La centrifugation a été de nouveau appliquée pour séparer le précipité protéique du liquide, ce dernier étant éliminé.



Etape 11 :

LAVAGE DU PRÉCIPITÉ



Le précipité protéique brut a été lavé à l'eau distillée pour éliminer les résidus d'acides ou de sels.

Etape 12:

SÉCHAGE FINAL

Le précipité a été placé dans des boîtes pétri puis séché à 45°C pendant plusieurs heures afin d'obtenir une protéine sèche.



Etape 13 :

BROYAGE ET TAMISAGE

Nous broyons l'extrait protéique, puis le tamisons à l'aide d'un tamis fin afin d'obtenir une poudre homogène, légère et facile à dissoudre.

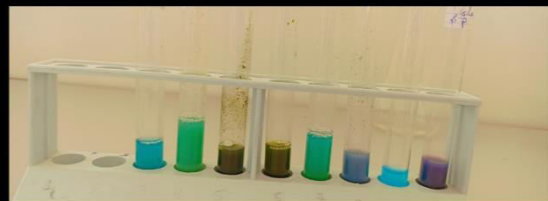


Etape 14:

DÉTECTION DES COMPOSÉS VÉGÉTAUX



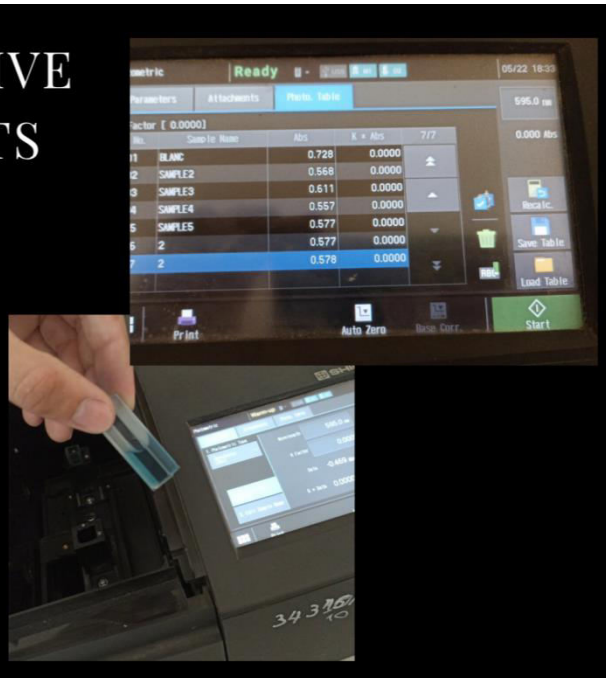
Un test a été réalisé pour détecter les composés primaires et secondaires, révélant uniquement la présence de protéines et de glucides.



Etape 15 :

ANALYSE QUANTITATIVE DES MACRONUTRIENTS

La teneur en protéines et en glucides de chaque extrait végétal a été mesurée par des méthodes chimiques appropriées (method de Bradford).



Etape 16 :

ANALYSE QUANTITATIVE

La teneur en protéines et en glucides de chaque extrait végétal a été mesurée par des méthodes chimiques appropriées (method de brethford).



Etape 17 :

MÉLANGE DES EXTRAITS



Les trois extraits ont été mélangés selon un ratio étudié afin d'obtenir une formulation homogène et riche en protéines..

Etape 18

VitaGreen
PRO

A powerful plant-based supplement designed to improve performance, build muscle, and support recovery.

NUTRITIONAL VALUE	
Energy	355,5 kcal
Protein	39%
Carbohydrates	13,08%
Fat	10,45%
Fiber	0,41%
Minerals	2,36%
Other	34,7%

ÉVALUATION NUTRITIONNELLE

Énergie : 355,5 kcal

Protéines : 39%

Carbohydrates: 13,08%

Lipides : 10,45%

Fibres : 0,41%

Minimaux : 2,36%

Autres : 34,7%

Eape 19 :



RÉSULTAT FINAL

Le mélange a donné un produit final avec une teneur élevée en protéines de 39%, adapté comme complément alimentaire sportif.

Etape 20:



Merci pour votre attention

Figure 41 : les etapes de fabrication le produit



BUSINESS MODEL CANVAS POUR UN COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES



Partenaires

Fournisseur de matières premières (les graines des plantes).
Fournisseurs de matériels de production:
Partenaires de distribution (des grossistes...)
Spécialistes du marketing digital (stratégies de marketing numérique).
Contrôleurs de qualité (le tester et contrôler sa qualité).
Service d'emballage.

Activités clés

L'approvisionnement des matières premières.
Production et fabrication
Marketing et promotion.
Distribution et vente.
Service client.

Ressources clés

Matières premières: graines des plantes quinoa, citrouille et petit pois et les arômes naturels alimentaires.

Installations de production: cela incluent le matériel de production (agitateur, machine de séchage (étuve), centrifugeuse, balance, autoclave).

Proposition de valeur

Notre entreprise de fabrication et de vente de compléments alimentaires qui va fabriquer comme premier produit un isolat de protéines à base de quinoa, petit pois et citrouille de source naturelle. Cela en fait une source de protéines de haute qualité pour les consommateurs qui cherchent à augmenter leur apport en protéines pour diverses raisons, telles que la construction musculaire, la récupération après l'entraînement ou le maintien d'une alimentation équilibrée grâce à son Profil d'acides aminés complet qui contient tous les acides aminés essentiels nécessaires à une nutrition optimale. Avec un processus de fabrication rigoureux, des contrôles de qualité aux normes de sécurité alimentaire avec une transparence et traçabilité des ingrédients utilisés pour renforcer la confiance de ces consommateurs.

Segments de marché

Les sportifs et les athlètes

Les personnes intolérantes aux protéines animales

Personnes âgées

Relation client (Relationship)

Engagement sur les réseaux sociaux
Programme de fidélité
Événements et démonstrations (des événements en personne ou en ligne)
L'entreprise s'associera également à des salles de sport pour promouvoir son produit).

les chaînes :

- Vente en ligne (via le site web)
- Marketplace en ligne (Facebook ads, Telegram, [ouedkniss](#), Ali express, Ali baba).
- Vente en détail (Établissement de partenariats avec des salles de sports et des magasins de bien être, des pharmacies pour distribuer notre produit.)
- Vente en gros (des partenaires commerciaux potentiels tels que des distributeurs, des revendeurs ou des grossistes dans l'industrie des compléments alimentaires)

Structure de coût

Coûts d'approvisionnement en matières premières

Graines de quinoa : à 2000.00 Da/kg (3kg).

Graines de petit pois :250.00 Da/kg. (4kg).

Graines de citrouille 1400.00 Da/kg. (2kg).

Autres frais : 1500.00 Da

Coûts de production : Machine selon le marché de Ali baba (centrifugeuse pour extraction (capacité250kg) :9919,35€ ;

machine de séchage (étuve capacité 4L) :4257,00€ ; balance industriel (max200kg) :213€ ; autoclave :1800€. agitateur Magnétique Chauffant: 534,00 €

Coûts marketing et promotionnels : inclue la création de matériel publicitaire.

Coûts de distribution : Les coûts de distribution englobent les frais de logistique et d'emballage.

Source de revenu et modèle de pricing

Vente des produits: (estimation)

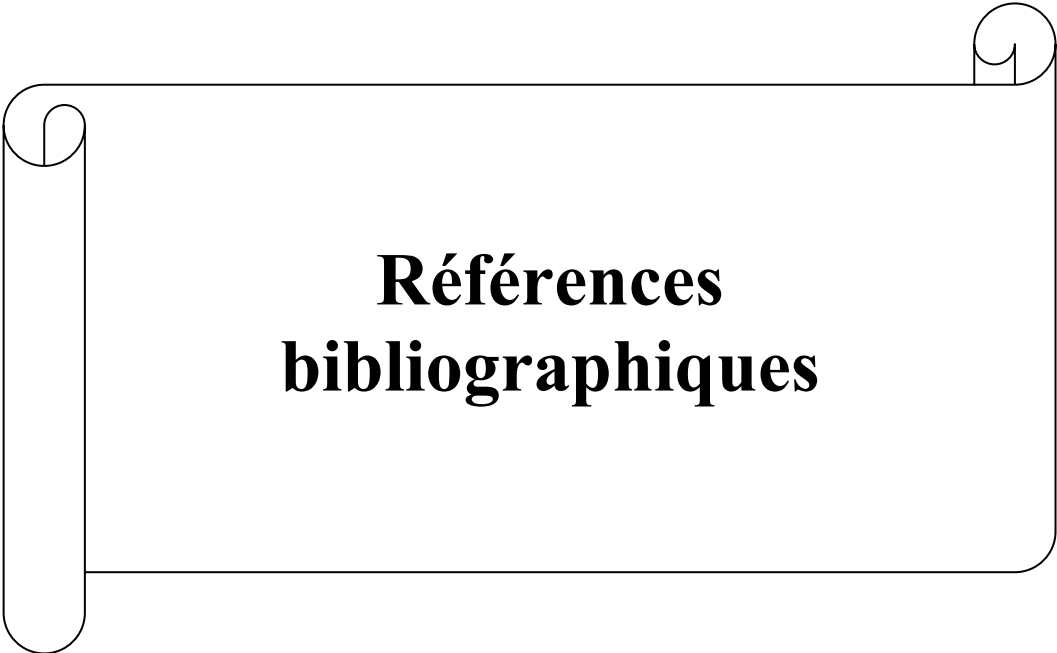
Estimation du prix de vente = cout de production du produit + différent couts (salaire, emballage, facture) +marge bénéficiaire de 25% à 35%

Le prix d'une boîte de 100g d'isolat de protéine sera estimé à 2700da.

Volume de ventes : (estimation) prévoie de vendre en minimum 100 unités à 2700 da par mois cela fera un gain de 27.000.000 da annuelle.

Recherche de partenaires de sponsoring: Identification de partenaires potentiels qui pourraient être intéressés par le sponsoring de notre marque. Peut être des marques de vêtements de sport, des athlètes, des équipes sportives, des événements sportifs, des influenceurs ou d'autres acteurs de l'industrie de la santé et du bien-être.

Etablissement de contrats de sponsoring avec les partenaires intéressés. Ces contrats peuvent inclure des engagements financiers, des droits d'utilisation de la marque, des accords de parrainage d'événement.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rolled-up ends.

Références bibliographiques

Référence Bibliographiques



- **A.C. Godswill, I.V. Somtochukwu, A. Ikechukwu, et al.,** Health benefits of micronutrients (vitamins & minerals) and their associated deficiency diseases: a systematic review, *Int. J. Food Sci.* 3 (2020) 1–32, <https://doi.org/10.47604/ijf.1024>.
- **Agence nationale de securite sanitaire de l'alimentation et du travail.(2025)** . les protien . consulte le 14 fevrier 2025, sur <https://www.anses.fr/fr/content/les-protiens>.
- **Academy of Nutrition and Dietetics.** Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *J Acad Nutr Diet.* 2016; 116:1970-1980.activities and utilization technologies of pumpkin. Plant foods for human nutrition,
- **Ahmad, S., & Khan, M. S. (2022).** Microbial contamination and safety assessment of plant-based dietary supplements: A review. *Journal of Food Safety*, 42(3), e12945.<https://doi.org/10.1111/jfs.12945>
- **Ahren AT, Jonnalagadda SS, Slavin JL.** Role of plant protein in nutrition, wellness, and health. *Nutrition Reviews.* 2019. 0(0):1-13.
- **Akwap, P. (2019).** Nutritional quality of pumpkins (cucurbitapepo L) seeds based
- **Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E. (2009).** Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 60(S4), 240-257.
- **Amagliani L, O'Regan J, Kelly AL, O'Mahony JA.** The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: a review. *Trends Food Sci Technol.* (2017) 64:1–12. doi: 10.1016/j.tifs.2017.01.008
- **Amazon.fr.** (n.d.). VITAFUL Kids – Multivitamines avec Bêta-Glucane&Prébiotiques. Retrieved June 14, 2025, from <https://www.amazon.fr/VITAFUL-Kids-Multivitamines-B%C3%AAta-Glucane-Pr%C3%A9biotiques/dp/B091F9KCL2>.
- **Ando H., Chen Y., Tang H., Shimizu M., Wtanabe K., Mitsunaga T. (2002).** Food components in fractions of quinoa seed. *Food Sci. Technol. Res.*, 8(1), 80-84.
- **Andres, 2003.**in European medicines agency, 20112. Assessment report on Cucurbitapepo L., semen.44p.
- **ANSES. (2012).** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de L'environnement et du travail).les minéraux. Site <https://www.anses.fr/fr/content/les-MinrauxConsulté> 11 avril 2023 à 16 :56.

Références bibliographiques

- **ANSES. (2022).** Les compléments alimentaires, nécessité d’une consommation éclairée. Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail.
- **Arif, U.; Ahmed, M.J.; Rabbani, M.A.; Arif, A.A.** Assessment of Genetic Diversity in Pea (*Pisumsativum* L.) Landraces Based on Physico-Chemical and Nutritive Quality Using Cluster and Principal Component Analysis. *Pak. J. Bot.* **2020**, 52, 575–580. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- **Aroma-Zone. (2025).** Listes des Protéines végétales : bienfaits, meilleures sources, conseils... tout savoir. Retrieved May 25, 2025, from
- **Arunima Singh, Vivek Kumar (2023)** Pumpkin seeds as nutraceutical and functional food ingredient for future: A review
- **Audigie c, Fegarella j et Zonszain f, 1984** - Manipulation d’Analyse Biochimique, Ed. Tech. & Doc., Paris,p 270 .
- **Auffret, N. (2009).** Antiradicalaires topique EMC, Cosmétologie et Dermatologie Esthétique, 50-160-C-14.
- **Babadoost, M., Zitter, T. A. 2009.** Fruit rots of pumpkin : A serious threat to the pumpkin Industry. *Plant disease*, 93(8) : 772-782.
- **Babault N, Paizis C, Deley G, et al.**Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *J IntSoc Sports Nutr.* 2015; 12:3 Published online 2015 Jan 21. doi: 10.1186/s12970-014-0064-5.



- **Baptista, A. T., Silva, M. O., Gomes, R. G., Bergamasco, R., Vieira, M. F., & Vieira, A. M. (2017).** Protein fractionation of seeds of *M. oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and Purification Technology*, 180, 114–. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.02.040>
- **Bavota, C. (2009, 26 novembre).** Les petits pois de Mendel. Mieux se connaître. Repéré le 14 juin 2025 à l’adresse : <https://mieux-se-connaître.com/wp4/2009/11/les-petits-pois-de-mendel/>
- **BechicGerm. (n.d.).** Comprimés effervescents de magnésium – 20 pièces, 82 g. Retrieved June 14, 2025, from <https://bechic-germ.com/produit/comprimes-effervescents-de-magnesium-20-pieces-82-g/>
- **Benhamou, F. (n.d.).** Protéine. Consulté le 24 mai 2025, à partir de <https://docteur-benhamou.com/fr-fr/chirurgien-esthetique-plastique-paris/lexique/proteine/t1000027017>

Références bibliographiques

- **Bennacer, A., Bougenna, S. (2022).** compléments alimentaires : étude sur ces composés, leurs effets bénéfiques et les risques liés à leur utilisation, mémoire de master en biochimie. Université de frères Mountouri Constantin1.
- **Berghofer E., Schöenlechner R. Grain Amaranth. In : Belton P.S., Taylor J.R.N.,** editors. Pseudocereals and lesscommoncereals, Berlin, Germany, Springer, 2002, 219-260.
- **Bernard, M. (2011, 11 mai).** Courges, citrouilles et potirons. Pratique.fr. Repéré le 14 juin 2025 à l'adresse : <https://www.pratique.fr/courges-citrouilles-potirons.html>
- **Berryman CE, Lieberman HR, Fulgoni VL III, Pasiakos SM.** Protein intake trends and conformity with the Dietary Reference Intakes in the United States: analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001–2014. Am J ClinNutr. (2018) 108:405–13. doi: 10.1093/ajcn/nqy088
- **BfR.(2012).** Riskassessment of 1,3-Dimethylamylamine (DMAA) as an active ingredient of products marketed as food. BundesinstitutefürRisikobewertung, Berlin, De.
- **Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. (2007b).**Gynomonoecy in Chenopodium quinoa
- Biochemical and genetic linkage analysis of green seed color in field pea (Pisumsativum L.). J Am SocHort Sci., 122: 218-225.Biologia 62, 19–23.
- **Bird, A. J., McCall, K., Kramer, M., Blankman, E., Winge, D. R., &Eide, D. J. (2003).** Zinc fingers can act as Zn²⁺ sensors to regulate transcriptional activation domain function. The EMBO journal, 22(19), 5137-5146
- **Blomstrand, E., Eliasson, J., Karlsson, H. K., &Köhnke, R. (2006).** Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. Journal of Nutrition, 136(1 Suppl), 269S–273S.
- **Boulter, D.; Derbyshire, E.** The general properties, classification and distribution of plant proteins. In Plant. Proteins: Easter School in Agricultural Science; Norton, G., Ed.; Butterworth-Heinemann: Oxford, UK, 2013.
- **Boussouf, S., Louahem, I. (2022).** Compléments alimentaires et vaccinovigilancesmémoire de master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière. Université de frère Montouri, Constantine 1.
- **Brink, M. et Belay, G. (2006).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale : céréales et légumes secs. 1^{ère}édition, BackhuysPublishers. 326 pages.
- **Burger, T. G., & Zhang, Y. (2019).** Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. Trends in Food Science & Technology, 86, 25–33.



- **Caili, F. U., Huan, S., &Quanhong, L. I. (2006).**A review on pharmacological

Références bibliographiques

- **Cao Y, Bolisetty S, Wolfisberg G, Adamcik J, Mezzenga R.** Amyloid fibril directed synthesis of silica core–shell nanofilaments, gels, and aerogels. *ProcNatlAcadSci USA*. (2019) 116:4012–7. doi: 10.1073/pnas.1819640116.
- **Caro, L., Cayrol, C., Dalem, E., Esseghir, S. (2010).** Dossier santé les compléments alimentaires
- **Castelli (2020).** les compléments alimentaires : les risques d' ne s consommation, di lôme d' tat de docte en a macie, acit de pharmacie, p 20.
- **Cercam., 2014-** Fiche de synthèse QUINOA Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc. Maroc, p: 3.
- **Chandran, R. (2024).** Effect of extraction methods on functional properties of plant proteins: A review. *eFood*. <https://doi.org/10.1002/efd2.151>
- **Chaux Cl. ; Foury Cl. – (1994) –** Productions légumières : légumineuses
- **Chen, M., Lu, J., Liu, F., Nsor-Atindana, J., Xu, F., Goff, H. D., Ma, J., & Zhong, F. (2019).** Study on the emulsifying stability and interfacial adsorption of pea proteins. *Food Hydrocolloids*, 88, 247–255. CIP. Santiago de Chile, 9-29.
- **Clinical nutrition. (2018, juin).** La consommation de légumineuses est inversement associée à l'incidence du diabète de type 2 chez l'adulte.
- **Collard, B.C.Y. Jahufer, M.Z.Z. Brouwer, J.B. Pang, E.C.K. 2005.** An introduction to markers, quantitatives trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement : the basic concepts. *Euphytica*, 142 : 169-196.
- **Committee on Protein Nomenclature.** Joint recommendations of the physiological and biochemical committees on protein nomenclature. *J. Biol. Chem.* 1908, 4, 48.
- **Contreras, C. M., Frontiers in Nutrition, et al. (2022).** Influence of Emerging Technologies on the Utilization of Plant Proteins. *Frontiers in Nutrition*, 9, 809058. courge (Cucurbitapepo et Cucurbitamoschata) récoltées à Bejaia. 55p
- **Cousin r., 1996.** Le pois variabilité objectifs des sélection, station génétique et amélioration des plantes, inra, paris, 1-4p.
- **Coutu, P. (2020, 8 septembre).** Les délicieuses fleurs de courge. La Courgerie. Repéré le 14 juin 2025 à l'adresse : <https://lacourgerie.com/2020/09/08/les-delicieuses-fleurs-de-courge/>
- **Creative Proteomics. (n.d.).** Protocol for Bradford protein assay. Retrieved May 3, 2025, from <https://www.creative-proteomics.com/resource/protocol-for-bradford-protein-assay.htm>.



Références bibliographiques

- **Da cunhaveloso A., 2016.** Impacts de l'essor international du quinoa. Haute École de gestion de Genève (HEG-GE). Suisse, p 2-3.
- **Dahal, P. (2024, May 22).** Biuret Test for Protein: Principle, Procedure, Results, Uses. Microbe Notes. Retrieved from <https://microbenotes.com/biuret-test-for-protein-principle-procedure-results-uses/>
- **Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S., & Mirmoghadaie, L. (2019).** Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. Food Chemistry, 299 (January), Article 125161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>
- **Davalos A, Castiloo J, Marrugat J, Fernandez-Real Jm, Armengou A, Cacabelos P, Rama R (2000).** Body iron stores and early neurologic deterioration in act cerebral infection. Neurology. Apr 25 ; 54 (8) : 1568-74.
- Décret n° 2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires, art. 2. (n.d.). Légifrance. Consulté le 1 juin 2022 à 23:47 sur https://www.legifrance.gouv.fr/loda/article_lc/LEGIARTI000006290521
- **Del Castillo C., Gregory M., Winkel T. (2008).** Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente (bio-équitable). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 12(4) : 421-435.
- **Deloy, L. (2017).** Compléments et produits alimentaires chez le sportif ; Consommation, risques et importance du conseil officinal, Doctoral dissertation. Université Lorraine 86p.
- **Derave, W. et al. (2007).** *Beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during high-intensity cycling.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17167439/>
- **Deulvot, C. Charrel, H. Marty, A. Jacquin, F. Donnadieu, C. Lejeune-Hénaut, I. Burstin, J. Auber, T.G. 2010.** Highly-multiplexed SNP genotyping for genetic mapping and germplasm diversity studies in pea BMC Genomic, 11 : 468.
- **Dharm S. 2019.** Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): potential crop for future food, health security, livelihood generation and poverty eradication, India. p. 285.
- **Dhiman, A. K., Sharma, K. D., & Attri, S. (2009).** Functional constituents and processing of pumpkin: A review. Journal of Food Science and Technology, 46(5), 411
- **Dini N., Rastrilli L., Saturnino P., Schittino A. (1992).** A composition study of Chenopodium quinoa seeds. Food / Nahrung, 36(4), 400-404
- **Doymaz, I. et Kucuk, I. (2017).** Pretreatments and temperature effects on the drying kinetics of peas. *Bulgarian Chemical Communications*, 49, 90-97.
- **Earnest, H. (2024, September 19).** The life cycle of a pumpkin. Trillium Montessori. <https://trilliummontessori.org/the-life-cycle-of-a-pumpkin>

Références bibliographiques

- El-Din, A. D. (2021, 28 mars). Bienfaits des graines de citrouille pour la santé. Altibbi. Consulté le 9 juin 2025 .

✕ F ✕

- **Fairbanks D.J., Burgener K.W., Robison L.R., Andersen W.R., Ballon E. (1989).**Electrophoretic characterization of quinoa seed proteins. *Plant Breeding*, 104(3), 190-195.
- **FAO (2011).** Quinoa : an ancient crop to contribute to world food security. <http://www.fao.org/docrep/017/aq287e/aq287e.pdf>, consulté le 21 novembre 2014.
- **Ferdaous, M. 2005.** Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux. Universitaires Européennes. France, 91p.
- **Feyzi, S., Varidi, M., Zare, F., & Varidi, M. J. (2017).**A comparison of chemical, structural and functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) protein isolates produced using different defatting solvents. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 27–
- **FitAudit. (2025).** *Pumpkin seed nutrition facts*. <https://fitaudit.com>
- **Flora Helvetica. (2018).***Pisum sativum* L. – Botanical characteristics and habitat information. Info Flora, Switzerland.
- Florifarma. (n.d.). DenkVitactive B12 & Granergy Direkt B12 Plus. florifarma.com. Retrieved June 14, 2025, from <https://florifarma.com>
- **Fondevilla, S. Kuter, H. Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. *BMC Genomics*, 13 : 12 -28.
- **Foraker, A.B., Khantwal, C.M., and Swaan, P.W. (2003).** Current perspectives on the cellular uptake and trafficking of riboflavin. *Adv Drug Deliv Rev* 55, 1467-1483
- **Fuentes F., Bhargava A. (2011).** Morphological analysis of Quinoa germplasm grown under lowland desert conditions. *J Agron Crop Sci* 197:124–134.

✕ G ✕

- **Gallardo, M., J.A. Gonzalez and G. Ponessa, 1997.** Fruit and seed morphology of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa). *Fundacion Miguel Lillo, Areade de Botanica, Miguel Lillo.*, 251: 39(1): 71-80

Références bibliographiques

- **Gandarillas ,H.,1979.** La quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) : Genética y origen.In : La quinoa y la Kaniwa cultivos andinos.Tapia,ME.,Ganaarillas, H., Alandia, S.,Cardozo, A.,
- **Gasperlin, M., Gosenca, M. (2011).** Main approaches for de livering antioxidant Vitamines through the skin to prevent skin ageing. Expert OpinDrugDeliv, 8(7) :905-29
- **-Ge, J.; Sun, C.X.; Corke, H.; Gul, K.; Gan, R.Y.; Fang, Y.P.** The Health Benefits, Functional Properties, Modifications, and Applications of Pea (*Pisumsativum* L.) Protein: Current Status, Challenges, and Perspectives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2020**, *19*, 1835–1876. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- **Goetz, P., Le Jeune, R. 2010.** Huile de graine de courge, Cucurbitapepoconvar. Citrullina var. styriaca. Phytothérapie, 8(2) : 1-5.
- **Gold, TH. (2003).** Slone Aristolochic acid, an herbal carcinogen, sold on the web after FDA alert.NEnglJ Med (349).
- Greenpeace France. (s. d.). Les protéines végétales et leurs vertus. Greenpeace France. Consulté le 25 mai 2025, à l'adresse <https://www.greenpeace.fr/agir/chaque-geste-compte/alimentation/les-proteines-vegetales-et-leurs-vertus/>
- **Guide de nutrition sportive et d'exercice de la NSCA ;** National Strength&Conditioning Association (États-Unis), Campbell BI, Spano MA, éditeurs. Collection « Science de la force et du conditionnement ». Champaign, Illinois : HumanKinetics ; (2011) .



- **Haberl-Meglić, S.; Levičnik, E.; Luengo, E.; Raso, J.; Miklavčič, D.** The Effect of Temperature and Bacterial Growth Phase on Protein Extraction by Means of Electroporation. *Bioelectrochemistry***2016**, 112, 77– 82, DOI: 10.1016/j.bioelechem.2016.08.002
- **Habib, A. et al. (2025).** Effect of processing on pumpkin seed protein isolate. *Journal of Food Science*.
- **Hamdi w, Sayah z et Bouazizs.,)2012(-** Etude comparative de la Production d'éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (deglabeida, tacherwit et hamraya) réparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi- molle et sèche) de la Cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien): vol. 2, n° 2, p 82.
- **Hamdi w, 2021 -** Recherche et identification de quelques souches de bactéries acétiques issues du vinaigre traditionnel de dattes du Sahara Septentrional est-Algérien: Etude du pouvoir acidifiant , thèse de doctorat, Université KasdiMerbah-Ouargla, pp 16 -17.
- **Harmankaya, M., Yildiz, M., &Yildiz, H. (2011).**Protein and mineral contents of pea (*Pisumsativum* L.) genotypes. *Scientific Works. Journal of Health and Biology Sciences*, 1(2), 37-45. <https://www.biozoojournals.ro/swjhbe/v1n2/06.swjhbe.v1n2.Harmankaya.pdf>

Références bibliographiques

- **Hatton, CK., Green, GA., Ambrose, PJ. (2014).** Performance-enhancing drugs. Understanding the risks. *PhysicalMedicine and RehabilitationClinics of NorthAmerica* 25 (4), 897-913.
- **Herbillon M., 2015.** Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse doctorat en pharmacie. Université de rouenu.f.r de médecine et de pharmacie. France, p:2750.
- **Holland, P. M., Abramson, R. D., Watson, R. etGelfand, D. H. (1991).** Detection of specific polymerase chain reaction product by utilizing the 5'----3'exonuclease activity of *Thermusaquaticus* DNA polymerase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(16), 7276-7280.

<https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/magnesium.html>.
Consulté le 12 avril 2023.
- **Hunziker A.T. (1943).** Los especiesalimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodiumcultivadas*por los Indinos de America. *Rev. Argent. Agron.*, 30(4), 297-353.

✕I✕

- **ISO. (2000).** ISO 6865:2000. Animal feeding stuffs — Determination of crude fibre content — Method with intermediate filtration. International Organization for Standardization.
- **IStock. (n.d.).** Capsules softgel – Supplément [Photograph]. Retrieved June 14, 2025, from <https://www.istockphoto.com/fr/photo/capsules-softgel-suppl%C3%A9ment-gm488814888-74380357>.

✕J✕

- **Jacobsen S.E., Stolen O. (1993).** Quinoa – Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Eur. J. Agron.*, 2(1), 19-29.
- **Jäger, R. et al. (2017).***International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise* <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-017-0177-8>
- **Jambrak, A. R., Lelas, V., Mason, T. J., Kresi c, G., &Badanjak, M. (2009).** Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 386–393
- **Jancurová M, Minarovicova L, Dandar A (2009).** Quinoa - A Review. *Czech J Food Sci* 27: 71-79 233 F. N. O. M. AINAHARILALA, 2016. “Etudes comparatives de l’huile de graine de Courge et de l’huile de germe de Blé,” Mémoire de Licence, Génie des Procédés Chimique et Industrielles, Ecole Supérieure Polytechnique Antananarivo, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- **Jiang, S., Ding, J., Andrade, J., Rababah, T. M., Almajwal, A., Abulmeaty, M. M., & Feng, H. (2017).** Modifying the physicochemical properties of pea protein by pH-shifting and ultrasound combined treatments. *UltrasonicsSonochemistry*, 38, 835–842

Références bibliographiques

- **Jiang, Z., Zhu, X., & Lu, Y. (2023).** Solubility behavior of plant-based protein powders and its impact on rehydration and bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 136, 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.012>
- **Joy, J.M.; Lowery, R.P.; Wilson, J.M.; Purpura, M.; De Souza, E.O.; Wilson, S.M.; Kalman, D.S.; Dudeck, J.E.; Jäger, R.** The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutr. J.* 2013, 12, 86.
- **Jyoti G., Chanu H. 2018.** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – The forgotten goldengrain. *International journal of food and nutritional sciences*. Vol. 7 N°1, <http://www.ijfans.com/currentissue.php>.



- **K. Yao, L. Zeng, Q. He, et al.** Effect of probiotics on glucose and lipid metabolism in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of 12 randomized controlled trials *Med. Sci. Monit. Basic Res.*, 23 (2017), pp. 3044-3053, 10.12659/MSM.902600
- **Kalšan, M. (2015).** Proizvodnja bučinogulja (Doctoral dissertation, Josip Jur Strossmayer University of Osijek. FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY. Department of Food Technologies).
- **Karabulut, G., Karaca, A. C., & Yemis, O. (2023).** Ultrasound and enzyme-pretreated extraction for the valorization of pea pod proteins. *Journal of Food Process Engineering*
- **Kaur, C., Kapoor, H. C.)2002(.** Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian Vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(2) : 153-161.
- **Kaur, S., Dr. Gupta S., Gautam P B. (2018).** Analyse phytochimique de l'extrait de feuilles d'eucalyptus. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* ; 8(1) : 2442-2446
- **Khalfaoui Y (2018).** le profil des consommateurs de compléments alimentaires. Faculté de médecine et pharmacie. Maroc. 31p.
- **Kimball, S. R., & Jefferson, L. S. (2006).** Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. *Journal of Nutrition*, 136(1 Suppl), 227S–231S.
- **Kostrakiewicz-Gieralt, K. (2024).** Plant-based proteins... [Article]. In Z. Štalić (Ed.), *Nutrients*, 16(11), 1706..
- **Kozioł M. (1992).** Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Compos. Anal.*, 5(1), 35-68
- **Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. *BMC Genomics*, 13 : 12-28.

Références bibliographiques

- **Krawczak, M. 1999.** Informativity assessment for biallelic single nucleotide polymorphisms. *Electrophoresis*, 20: 1676-1681.
- **Kreider, R.B. et al. (2017).** *International Society of Sports Nutrition position stand: caffeine and performance* <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-017-0173-z>
- **Kumar, R., & Singh, P. (2022).** Comparative analysis of phytochemical and antioxidant potential in traditional medicinal plants. *Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 1783–1795.
- <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05123-4> la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante de deux espèces .



- **Lachache a, 2021** - Interaction bactéries-matériaux des systèmes de distribution d'eau potable dans la région de Ouargla: rôle des propriétés physico-chimiques de surface sur le pouvoir d'adhésion. Thèse doctorat, Université KasdiMerbah – Ouargla, p 34.
- **Lalumière m., lévesque r., rouleau m., togola m.,)1996(.** L'encyclopédie visuelle des aliments, ed. Padie, québecamérique, canada, 156-158p.
- **Larousse Médical. (2021).** Dictionnaire de médecine et de santé. Larousse
- **Laumonnier – (1988) –** Culture maraîchère, Tome 1, Lavoisier, 232 p.
- **Lebonvallet S., (2008).** Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien. Thèse doctorat. Agro Paris Tech. France, p:17-29.
- **Leray C. (2008).** Cyberlipid Center (<http://www.cyberlipid.org>).
- **Li, H., Zhang, M., & Liu, Y. (2021).** Impact of extraction conditions on flavonoid stability and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(15), 4423–4432. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c0>
- **Liévin, S. (2015).** Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie Syndrome Métabolique et compléments alimentaires.université de Rouen UFR de médecine et de Pharmacie. Rouen.
- **Lim t.k (2012).** *Vicia faba*. *Fruits*. 2 :925-936 54. **Loridon, k. Mcphee, k. Morin, j. Dubreuil, p. Pilet-nayel, m.l. aubert, g. Rameau, c. Baranger, a. Coyne, c. Lejeune-hénaut, i. Burstin, j.) 2005(.** Microsatellite marker polymorphism and mapping in pea (*Pisum sativum* L.). *Theor appl genet*, 111:
- **Lin, Y. (s.d.).** Ancient lifehack: Fall health during autumn. Shen Yun Performing Arts Blog. Repéré le 14 juin 2025 à l'adresse : https://www.shenyun.org/blog/view/article/e/U-NQ5L_XBwE/fall-health-during-autumn-ancient-lifehack.html
- **Liu, D.D.; Guan, X.; Huang, K.; Li, S.; Liu, J.; Yu, W.W.; Duan, R.Q.** Protective Effects of Mung Bean (*Vignaradiata L.*) and Pea (*Pisumsativum L.*) against High-Fat-Induced Oxidative Stress. *Food Sci. Nutr.*)2019(. 7, 4063–4075. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[Green Version](#)]

Références bibliographiques

- **Locali-Pereira, Adilson& Nicoletti, Vania. (2025).** Impact of different drying methods on the physicochemical and functional properties of pigeon pea protein concentrates. Journal of Food Measurement and Characterization.
- **Longer Food Machinery(LFM). (2023, 7 janvier).**Comment fonctionne la décortiqueuse de graines de citrouille à haute efficacité. Longer Food Machinery (site en français). Repéré le 14 juin 2025 à l'adresse : <https://fr.longerinc.com/nouvelles/comment-fonctionne-decortiqueuse-graines-citrouille.html>
- **López DN, Galante M, Robson M, Boeris V, Spelzini D. Amaranth,(2018)** quinoa and chia protein isolates: physicochemical and structural properties. Int J BiolMacromol. 109:152–9. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080
- **Lu, Z.X.; He, J.F.; Zhang, Y.C.; Bing, D.J.)2020(**, Composition, Physicochemical Properties of Pea Protein and its Application in Functional Foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 60, 2593–2605. [Google Scholar] [CrossRef].



- **Maadsi, L., Khaled, H. (2012).**Mémoire de Fin de Cycle. Effet de la cuisson sur
- **Marchant, S. (n.d.).** Les fleurs ornementales femelles de courge se développent sur une treille : vigne montant la fabrication de ficelle pour l'appui dans un potager [Photo]. Dreamstime. Repéré le 14 juin 2025 à l'adresse : <https://fr.dreamstime.com/les-fleurs-ornementales-femelles-courge-se-d%C3%A9veloppent-treille-vigne-montant-fabrication-ficelle-l-appui-image154789540>
- **Maron, B. A., & Loscalzo, J. (2009).** « The treatment of hypertension. » New England Journal of Medicine, 361(7), 677-687.
- **Masson, R. (2009).** Le guide des Vrais Compléments alimentaires, Gut Thrédaniel éditeur, France, mars 2009, p. 15-21.
- **McCallum, J. Timmerman-Vaughan, G. Frew, T.J. Russell, A.C.)1997(**,Biochemical and genetic linkage analysis of green seed color in field pea.
- **Medrano, M.,et al. (2018).** Vitamin D. Effect on Haematopoiesis and Immune System and Clinical Applications, International Journal of Molecular Science 2018, 19, 2663 ; doi : 10.3390/ijms19092663 www.mdpi.com/journal/ijms.
- **Ministère des Affaires Municipales et Rurales (MAM). (2016).** Guide des spécifications et normes microbiologiques des aliments. Riyad, Arabie Saoudite : Ministère des Affaires Municipales et Rurales.
- **Moon, J.M.; Ratliff, K.M.; Blumkaitis, J.C.; Harty, P.S.; Zabriskie, H.A.; Stecker, R.A.; Currier, B.S.; Jagim, A.R.; Jäger, R.; Purpura, M.; et al.)2020(**, Effects of daily

Références bibliographiques

- 24-gram doses of rice or whey protein on resistance training adaptations in trained males. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 17, 60. [CrossRef] [PubMed]
- **Morton, L. W., & Crozier, A. (2000).**Hydroxycinnamic acids and their derivatives in food: occurrence, analysis and bioactivity. *Phytochemistry Reviews*, 2(1), 1-15. <https://doi.org/10.1023/A:10100554>.
 - **Mujica, Á., Izquierdo, J., Marathe, J. P., & Capítulo, I. (2001).**Origen y descripción de la quinua. *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.*
 - **Mukherjee, S., Pal, D. 2021.**Cucurbitapepo and Cucurbitacin in the Management of Anti-proliferation by JAK/STAT Pathway. *Indian journal of pharmaceutical education and research*, 55(1): 1-10.
- ✂N✂
- **Nadeem, M.A.; Cilesiz, Y.; Yüce, İ.; Baloch, F.S.; Karaköy, T. Macro and Micronutrients Diversity in the Seeds of Field Pea Germplasm. *Pak. J. Bot.* 2021, 53, 1655–1664. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]**
 - **Navarro, S. (2015, 4 September).**Descripción botánica de la planta de quinua. Quinua del Perú para el mundo. <https://quinuadelperuparaelmundo.blogspot.com/2015/09/descripcion-botanica-de-la-planta-de.html>
 - **Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Lętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2013).** Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food chemistry*, 139(1-4), 155-161.
 - **Nielson S.S.:** Phenol-Sulfuric Acid method for total carbohydrates. *Food Science Text Series*. 2010; pp.47-53.
 - **Nieman, D.C. et al. (2010).** Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20086280>
 - **Nortjie E. Basitere, M. ; Moyo, D. ; Nyamukamba, P. (2024).**Évaluation de l'efficacité des extraits de plantes antimicrobiennes d'Artemisia afra et d'Eucalyptus globulus comme revêtements pour textiles. *Plants*, 13, 514. <https://doi.org/10.3390/plants13040514>
 - **NOW Foods. (2024).** Pea Protein Powder. Retrieved from <https://www.nowfoods.com>
 - **Nyabyenda p., 2005.** Les plantes cultivées en région tropicales d'altitude d'Afrique, Dominique Verriers, Bruxelles, 63p.
 - **OENO 52-2000 - Chapitre I, vinaigres de vin – déterminations de la teneur en acidité totale, p 1.**

※O※

- **Oiseth, S., Jones, L., & Maza, E. (2025).** Overview of Protein Functions. Lecturio. Retrieved June 11, 2025, from <https://www.lecturio.com/concepts/overview-of-protein-functions/>
- **Oluwafemi, O. S., & Olaniyan, S. A. (2020).** Nutritional and microbiological qualities of pumpkin (*Cucurbitapepo*) seed composite flours. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 12(3), 51–60. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.12.3.0222>
- **Omeje, K., et al. (2022).** Biochemical characterization of Soxhlet-extracted pulp oil of *Canarium schweinfurthii* Engl. fruit in Nigeria. *Scientific Reports*, 12, 10291. on the mineral and fatty acid composition (Doctoral dissertation, Kyambogo University)
- **Osborne, T.B.** *The Vegetable Proteins*, 2nd ed.; Longmans, Green and Co.: London, UK, 1924; pp. 1–154
- **Otitoju, G. T. O., Ene-Obong, H. N., & Otitoju, O. (2014).** Macro and micronutrient composition of some indigenous green leafy vegetables in South-East Zone Nigeria. *J Food Process Technol*, 5(389), 2.
- **OUCIF.Z et al., 2018.** Evaluation du comportement morpho-physiologique, biochimique et antioxydants des quelques variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivées dans la région d'El Oued. Université Echahid Hamma Lakhdar – El OUED . Département de biologie . pp:9.
- **Padhi, E.M.T.; Liu, R.; Hernandez, M.; Tsao, R.; Ramdath, D.D.** Total Polyphenol Content, Carotenoid, Tocopherol and Fatty Acid Composition of Commonly Consumed Canadian Pulses and their Contribution to Antioxidant Activity. *J. Funct. Food* 2017, 38, 602–611. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

※P※

- **Panther Media. (2019, July 26).** Green pea pod with peas inside [Photograph]. Alamy Banque D'Images. <https://www.alamy.com> (Image ID: 2DB216B).
- **Paris, H. S., Lebeda, A., Křístková, E., Andres, T. C., Nee, M. H. 2012.** Parallel evolution
pepo (*Cucurbitaceae*). *Economic Botany*, 66(1): 71-90.
- **Perrot, C. (1995).** Les protéines de pois : de leur fonction dans la graine à leur utilisation en alimentation animale. *Inra Productions Animales*, 3, 151-164.
- **Pharmacie du Rond-Point. (n.d.).** Biotona Spirulina – 200 g. e-rondpoint.com. Retrieved June 14, 2025, from <https://e-rondpoint.com>

Références bibliographiques

- **PharmacieMelouki. (n.d.).**Doppel Hand Omega3 Sirop Enfant FL 125ml. Retrieved June 14, 2025, from <https://www.pharmaciemelouki.com/produit/doppel-hand-omega3-sirop-enfant-fl-125ml/>
- **Pharmavie. (n.d.).**Mag 2 24H Comprimés B/45+15 – Cooper. pharmavie.fr. Retrieved June 14, 2025, from <https://pharmavie.fr>
- **Phillips, S. M., & Van Loon, L. J. C. (2011).** Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S29–S38.
- **phillips, S.M. (2014).** A Brief Review of Critical Processes in Exercise-Induced Muscular Hypertrophy. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0152-3>
- Pierre, G. (2010, November 14). Pousse de petits pois. Overblog. Retrieved from <https://2008.over-blog.com>
- **Polyzos, N.; Fernandes, Â.;Calhelha, R.C.; Petrović, J.; Soković, M.; Ferreira, I.C.F.R.; Barros, L.; Petropoulos, S.A.** Biochemical Composition of Pumpkin Seeds and Seed By-Products. *Plants* **2024**, *13*, 2395. <https://doi.org/10.3390/plants13172395> potagères, légumes fruits, Tome 3, Technique et documentation, Paris,p 563 .
- **Powers K.M. , BS, T. Smith-Weller, RN, MN, G.M. Franklin, MD, MPH, checkoway, PhD, Pa)2003**(inson's disease is s associated it dietai on, manganese, and other nutrient intakes *Neurology*;60:1761-1766.
- **Prego I., Maldonado S. &Otegui M.,)1998**(. Seed structure and localization of reservesin*Chenopodium quinoa*. *Ann. Bot.*, 82, 481-488.
- **Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A.)2004**(. Mapping of quantativie trait locie for resistance to *Mycosopharellapinodesin* pea (*Pisumsativum*), at the seedling and adult plant stage. *TheorAppl Genet*, 108 : 1322-1344.
- **Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A.)2004**(. Mapping of quantativie trait locie for resistance to *Mycosopharellapinodesin* pea (*Pisumsativum*), at the seedling and adult plant stage. *TheorAppl Genet*, 108 : 1322-1344.



- **RAHAL, Lotfi, & GHOUINI, Ahmed. (2019).** Les protéines végétales : l'alternative idéale. *Algerian Journal of Health Sciences*, 1(1), 48–53.
- **Ranhotra G., Gelroth J., Glaser B., Lorenz K., Johnson D. (1993).** Composition andproteinnutritionalquality of quinoa. *CerealChem.*, 70(3), 303-305.

Références bibliographiques

- **Rasheed, F., Markgren, J., Hedenqvist, M., & Johansson, E. (2020).** Modeling to understand plant protein structure-function relationships—Implications for seed storage proteins. *Molecules*, 25(4), 873.
- **Ratnam, N., Naijibullah, M., Ibrahim, M. D.)2017(.** A review on Cucurbitapepo. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(9) : 1190-1194.
- **Referece ta choix des plante FAO.** The State of Food Insecurity in the World, Addressing Food Insecurity in Protracted Crises. Rome:FAO (2010) .
- **Rémond, D. et Walrand, S. (2017).** Les graines de légumineuses : caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovation Agronomique*, 60, 133-144.
- **report on Cucurbitapepo L., semen.**44p.
- **Roe, M., Pinchen, H., Church, S. etFinglas, P. (2015).** McCance and Widdowson's The Composition of Foods Seventh Summary Edition and updated Composition of Foods Integrated Dataset. *Nutrition bulletin*, 40(1), 36-39.
- **Ruales J., Nair B.M. (1993).** Content of fat, vitamins and minerals in quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Food Chem.*, 48(2), 131-136.
- **Rutherford, S. M., Coon, C. N., & Blanchard, M. M. (2014).** The nutritional value of isolated and concentrated plant protein sources. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1561–1566.



- **Satha, S., Hachouf, R., Boussedria, S. (2020).** Contribution à l'étude des risques liée à la consommation des compléments alimentaires, mémoire de mastère en Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire. Université 08 Mai 1945 Guelma 29p.
- **Schaefer and Renner 2011 in European medicines agency, 20112.** Assessment
- **Scherer, R.,Godody,HT.,(2014):**effects of extraction methods of phenolic compounds from *Xanthium strumarium* L and their antioxidant activity, Campinas,1:41-49.
- **Shevkani K, Kaur A, Kumar S, Singh N.(2015),**Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT*. 63:927–33. doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.058
- **Shin, J. H., et al. (2012).** « Production of L-lysine in recombinant *Escherichia coli* by amplification of the lysine biosynthetic genes. » *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(10), 1333-1341.
- **Singh, A., & Kumar, V. (2023).** Phyto-chemical and bioactive compounds of pumpkin seed oil as affected by different extraction methods. *Food Chemistry Advances*, 2, 100211
- **Slama, F. 1998.** Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed centre de diffusion Universitaire Tunisie : 300p.

Références bibliographiques

- **Smith, J., Brown, L., & Davis, R. (2023).** Influence of storage conditions on microbial contamination in plant-based food supplements. *Food Microbiology*, 110, 104123
- **Sumner, A.K.; Nielsen, M.A.; Youngs, C.G.)1981(,** Production and Evaluation of Pea Protein Isolate. *J. Food Sci.* 46, 364–366. [Google Scholar] [CrossRef]
- **Syed, Q. A., Akram, M., & Shukat, R. (2019b).** Nutritional and Therapeutic Importance of the Pumpkin Seeds. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*, 21(2).



- **T.A. El-Adawy, K.M. Taha, (2001).** Characteristics and composition of watermelon, pumpkin and paprika seed oils and flours, *J. Agric. Food Chem.* 49 .1253–1259, <https://doi.org/10.1021/jf001117>.
- **Tang, C. H., Wang, X. Y., Yang, X. Q., & Li, L. (2009).** Formation of soluble aggregates from insoluble commercial soy protein isolate by means of ultrasonic treatment and their gelling properties. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 432–437.
- **Tapia M.E. , 1979.** La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Serie Libros y Materiales Educativos 49. Bogota: IICA, CIID. Vacher J.J., 1989. Los riesgos de la helada en el Altiplano boliviano. La Paz: ORSTOM - SENAMHI.
- **Tapia M.E., Fries A.M. Guía de campo de los cultivos andinos.**
- **Tas, O., Sumlu, S. G., & Oztop, M. H. (2024).** Effect of extraction methods and preheat treatments on the functional properties of pumpkin seed protein concentrate. *ACS Food Science & Technology*, 5(1), 105–. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00601> Ahren AT, Jonnalagadda SS, Slavin JL. Role of plant protein in nutrition, wellness, and health. *Nutrition Reviews*. 2019. 0(0):1-13.
- **Thakur, S., Pandey, A. K., Verma, K., Shrivastava, A., & Singh, N. (2023).** Plant-based protein as an alternative to animal proteins: A review of sources, extraction methods and applications. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 488–497. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16663>
- **Timmerman-Vaughan, G.M. McCallum, J.A. Frew, T.J. Weeden, N.F. Russell, A.C.)1996(.** Linkage mapping of quantitative trait controlling seed weight in pea (*Pisum sativum* L). *Theor Appl Genet*, 93 : 431-439.
- **Tirgar, M.; Silcock, P.; Carne, A.; Birch, E. J.)2017(,** Effect of Extraction Method on Functional Properties of Flaxseed Protein Concentrates. *Food Chem.* 215, 417– 424, DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.08.002
- **Tokudome, Y., Imaeda, N., Ikeda, M., Kitagawa, I., Fujiwara, N., & Tokudome, S. (1999).** Foods contributing to absolute intake and variance in intake of fat, fatty acids and cholesterol in middle-aged Japanese. *Journal of epidemiology*, 9(2), 78-90.
- **Tosh, S. M. et Yada, S. (2010).** Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43,

Références bibliographiques

450-460. under domestication and phenotypic differentiation of the cultivated subspecies of Cucurbita

✕U✕

- **USDA Economic Research Services.** Seventy percent of U.S. calories consumed in 2010 were from plant-based foods. <https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=81864>; <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2016/december/a-look-at-calorie-sources-in-the-american-diet/>
- **Usda, 2008.** Plants profile of pisumsativum l. (garden pea). United states department of Agriculture (usda), natural resources conservation service (nrsc), plants database.
- **USDA. (2005).** USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=80-40-05-25, consulté le 5 janvier 2015.

✕V✕

- **Valencia-Chamorro S.A. Quinoa.**In: Cabalero B. 2ème éd. Encyclopedia of Food Science and nutrition (vol. 8), Amsterdam, Academic Press,) **2003**(, 4895-4902.
- **Valette (2015)** . Les compléments alimentaires d initiation, aspects, glementai es, as ati es n m dicament i vol e en coml ment alimentai e , t se Po la di lôme d' tat de docte en a macie, nivesit de imoges, P 30
- **Vastrad J V., Goudar G., Byadgi S A. (2016).** Caractérisation des composés phénoliques dans les extraits de feuilles d'Eucalyptus globulus et de Cymbopogancitratus. The bioscan, 11(4) : 2153-2156, 2016
- **Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. and Martínez, E.A. (2010).** Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.), an ancient Andean grain: a review. Journal of Sciences of Food and Agriculture 90, 2541–2547.
- **Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010).** Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa willd.), an ancient Andean grain: A review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(15), 2541–2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- **Vidal. (2014).** Complément alimentaire. Magnésium. 2014. Disponible sur : <https://www.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/magnesium.html>. Consulté le 12 avril 2023.

Références bibliographiques

- **Villepin D., Breton T., Clément P., Bertrand X., Bussereau D (2006).** Décret Du N°352 du 20 mars relatif aux compléments alimentaires. Paris.

✕W✕

- **Weeden, N.F. Ellis, T.H.N. Timmerman-Vaughan, G.M. Swiecicki, W.K. Rozov, S.M. Berdnikov, V.A. 1998.** A consensus linkage map for *Pisum sativum*. *Pisum genet*, 30 : 1-4. [3] : <https://books.google.dz> 22/04/2018.
- **Wichtl M et Anton R .(2003).** Plantes thérapeutiques. EMI / Tec & Doc Paris pp : 163 _ 165 Bruneton J.(2009) . Pharmacognosie ; photochimie plantes médicinales 4^{ème} édition technique & Documentation / Lavoisier ; Paris . ISBN : 978 - 2-7430-1188-8
- **WILDLIFE GmbH. (2010, June 22).** Image ID: C06JYE. Alamy Banque D'Images. Retrieved from <https://www.alamyimages.fr> <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>, consulté le 3 décembre 2014. 61(2), 70-7..
- **Xing, c. Schumacher, f.r. xing, g. Lu, q. Wang, t. Elston, r.c. 2005.** Comparaison of microsatellites, simple-sequence polymorphisms (ssps) and composite markers derived from ssps in linkage analysis. *Bms genet*, 6: s29.

✕Y✕

- **Yousf, N.; Nazir, F.; Salim, R.; Ahsan, H.; Sirwal, A.)2017(,** Water Solubility Index and Water Absorption Index of Extruded Product from Rice and Carrot Blend. *J. Pharm. Phytochem.* 6 (66), 2165– 2168
- **Yupik. (2023).** Organic Quinoa Protein Powder. Retrieved from <https://yupik.com>.

✕Z✕

- **Zraidi, A., Stift, G., Pachner, M., Shojaeiyan, A., Gong, L., Lelley, T.)2007(.** A consensus map For Cucurbitapepo. *Molecular Breeding*, 20(4) : 375-388.