



République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان-

Université ABOUBERK BELKAID – TLEMEN

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département de l'Agronomie

Laboratoire des produits naturels « LAPRONA »

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : agro-alimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Saidi nesrine

Thème :

Barres énergétiques à base de légumineuses

Soutenue le :

Devant le jury composé de :

Président

Mme Belmir Sara

Encadrant

Mme Mezaine Radja Kaouthar

MCB Univ .Tlemcen

Examinatrice

Mme Abi Ayad Fatima Zohra

MAA Univ.Tlemcen

Année universitaire : 2025 /2026

Remerciement

Je tiens avant tout à exprimer ma profonde gratitude à **Allah le Tout-Puissant**, pour la force, la volonté et la persévérance qu'il m'a accordé tout au long de ce travail de recherche. Sans Sa bénédiction, l'aboutissement de ce mémoire n'aurait pas été possible.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadrant Madame Meziane Radja Maître de conférences classe « **B** » à l'Université d'Aboubekr Belkaïd de Tlemcen, pour son accompagnement précieux tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Grâce à sa disponibilité, sa patience, ses conseils avisés et sa rigueur scientifique, j'ai pu mener ce travail dans les meilleures conditions. Son soutien constant, sa confiance et ses encouragements ont été une véritable source de motivation dans les moments de doute et de difficulté.

Je lui suis particulièrement reconnaissante pour le temps qu'elle m'a consacré, pour la qualité de son encadrement ainsi que pour les connaissances et l'expérience qu'elle a généreusement partagées avec moi.

Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect, de ma sincère reconnaissance et de ma gratitude la plus chaleureuse.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements aux membres du jury qui me font l'honneur d'évaluer ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent à Mme [Belmir Sara], pour avoir accepté de présider ce jury et pour l'intérêt porté à mon mémoire.

J'exprime également ma profonde gratitude à Mme [Abi Ayad Fatima Zohra], pour avoir accepté d'examiner ce travail, ainsi que pour le temps consacré à sa lecture et à son évaluation.

Je leur suis reconnaissante pour leurs remarques, leurs observations et leurs précieux conseils, qui contribueront à l'amélioration de ce travail.

Dédicace

Avant toute chose, je remercie **Dieu le Tout-Puissant** pour m'avoir accordé la santé, la force, la patience et le courage nécessaires afin d'accomplir ce travail qui représente l'aboutissement de plusieurs années d'efforts et de sacrifices.

Je me dédie également ce mémoire, à **moi-même** pour toutes les difficultés surmontées, les nuits de fatigue, les moments de doute et la persévérance qui m'ont permis d'arriver jusqu'ici.

À mon très cher père **Mohamed**, aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude pour tous les sacrifices que tu as faits afin de me voir réussir. Merci pour ton soutien, ta confiance et ton amour inconditionnel. Que Dieu te protège et te récompense pour tout ce que tu fais pour moi.

À ma très chère mère **Nawel**, toi qui as toujours été ma source de tendresse, de courage et de réconfort. Merci pour tes prières, ta patience et ton amour infini.

Ce travail est le fruit de tout ce que tu m'as donné depuis mon enfance.

À ma sœur **Riham**, merci pour votre présence, votre affection et vos encouragements qui ont illuminé mon parcours dans les moments les plus difficiles.

Et à mon frère **Mohamed**, dont l'innocence, l'affection et les sourires ont allégé mes journées et m'ont donné la force d'avancer.

À tous les membres de ma famille, qui m'ont entourée de leur amour et de leurs encouragements.

À mes chères amies pour leur amitié sincère, leur soutien moral et les précieux moments partagés tout au long de ce parcours.

Enfin, à toutes les personnes qui m'aiment, me soutiennent et ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Je dédie ce modeste travail avec tout mon amour et ma profonde reconnaissance.

Résumé

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'élaboration d'une barre énergétique à base de légumineuses, principalement les pois chiches et les lentilles rouges. L'objectif de cette étude était de concevoir un produit alimentaire nutritif, énergétique et sain, pouvant constituer une alternative intéressante aux barres énergétiques disponibles sur le marché.

Les légumineuses ont été choisies pour leur richesse en protéines, fibres et éléments nutritifs essentiels.

Les résultats obtenus ont montré que la barre énergétique formulée présente des caractéristiques nutritionnelles intéressantes, avec une teneur appréciable en protéines (**15,89 %**), fibres (**9,98**), l'humidité (**8,58 %**), le pH enregistré (**6,1**), les sucres totaux (**27,54 %**), les lipide (**31,82 %**), Les cendres (**2,54%**) et énergie (**458kcl**). La comparaison avec le produit témoin a révélé des résultats satisfaisants, tandis que l'évaluation sensorielle a montré une bonne appréciation globale du produit par les dégustateurs.

À travers cette étude, nous avons pu mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation des légumineuses dans le développement de produits alimentaires innovants et équilibrés. Ce travail ouvre également des perspectives pour l'amélioration et la diversification des formulations alimentaires à base de ressources végétales naturelles.

Mots clés :

Barre énergétique, légumineuses, Pois chiche, lentille rouge, aliment fonctionnel.

Abstract

As part of this work, we focused on the development of an energy bar based on legumes, mainly chickpeas and red lentils. The objective of this study was to design a nutritious, energy-rich, and healthy food product that could serve as an attractive alternative to the energy bars currently available on the market.

Legumes were selected due to their high content of proteins, dietary fiber, and essential nutrients.

The results obtained showed that the formulated energy bar possesses promising nutritional characteristics, with appreciable levels of protein (**15.89%**), fiber (**9.98%**), the moisture content was (**8.88%**), the recorded pH was (**6.1**), the total sugar (**27.54%**), the lipid content was (**31.82%**), and the ash content was (**2.54%**) and energy value (**458 kcal**). Comparison with the control product revealed satisfactory results, while sensory evaluation demonstrated good overall acceptance of the product by the panelists.

Through this study, we highlighted the potential of legumes in the development of innovative and nutritionally balanced food products. This work also opens up new perspectives for the improvement and diversification of food formulations based on natural plant resources, contributing to the growing demand for healthy and sustainable foods.

Keywords:

Energy bar, Legumes, Chickpea, Red lentil, Functional food

ملخص

في إطار هذا العمل، اهتمنا بتطوير لوح طاقي قائم على البقوليات، وبصفة رئيسية الحمص والعدس الأحمر. تمثل الهدف من هذه الدراسة في تصميم منتج غذائي مغذٍ، غني بالطاقة وصحي، يمكن أن يشكل بديلاً واعداً للألواح الطاقوية المتوفرة في الأسواق.

وقد تم اختيار البقوليات نظراً لغناها بالبروتينات والألياف والعناصر الغذائية الأساسية الضرورية للجسم أظهرت النتائج المتحصل عليها أن اللوح الطاقي المصاغ يتميز بخصائص غذائية مهمة، حيث سجل محتوى معتبراً من البروتينات (15.89٪)، والألياف (9.98٪)، نسبة الرطوبة (8.88٪)، و سجلت قيمة الرقم الهيدروجيني عند (6.1) ، نسبة السكريات الكلية (27.54٪)، نسبة الدهون (31.82٪)، نسبة الرماد (2.54٪) بالإضافة إلى قيمة طاقوية مرتفعة بلغت (458 كيلو كالوري). كما أظهرت المقارنة مع المنتج الشاهد نتائج مرضية، في حين بين التقييم الحسي تقبلاً جيداً واستحساناً عاماً للمنتج من قبل المتذوقين.

ومن خلال هذه الدراسة، تمكنا من إبراز أهمية استخدام البقوليات في تطوير منتجات غذائية مبتكرة ومتوازنة من الناحية الغذائية. كما تفتح هذه الدراسة آفاقاً واعدة لتحسين وتنويع التركيبات الغذائية المعتمدة على الموارد النباتية الطبيعية، بما يساهم في تلبية احتياجات المستهلكين المتزايدة نحو أغذية صحية ومستدامة.

الكلمات المفتاحية:

شريط طاقة، البقوليات، الحمص، العدس الأحمر، الغذاء الوظيفي.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale.....	01

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Les barres énergétiques.....	03
1. Définition et fonctions.....	03
2. Types de barres énergétiques.....	04
2.1. Barres énergétiques à base de céréales.....	04
2.2. Barres énergétiques à base de fruits secs et graines oléagineuses.....	05
2.3. Barres énergétiques à base de protéines animales et végétales.....	06
3. Facteurs influençant la formulation des barres énergétiques.....	07
3.1. Apports nutritionnels recherchés.....	07
3.2. Texture, goût et stabilité.....	07
3.3. Conservation et emballage.....	08
4. Marché et tendances actuelles des barres énergétiques.....	09
4.1. Croissance du marché mondial.....	09
4.2. Évolution de la demande pour des produits riches en protéines végétales.....	09
4.3. Innovations récentes dans le domaine des barres énergétiques.....	09
Chapitre 2 : Les légumineuses.....	11
1. Caractéristiques générales.....	11
1.1 Définition.....	11
1.2 Classification des légumineuses (pois, lentilles, haricots, fèves, soja, etc.).....	11
1.3 Principales légumineuses alimentaires.....	12
2. Composition chimique et nutritionnelle.....	15
2.1 Protéines (qualité, digestibilité, profil en acides aminés).....	16
2.2 Glucides complexes et fibres.....	16
2.3 Lipides, micronutriments et composés bioactifs.....	16
3. Propriétés fonctionnelles et technologiques.....	17
3.1 Pouvoir liant, moussant, émulsifiant.....	17

3.2 Texture et rôle dans les produits formulés.....	18
4. Intérêt nutritionnel et santé.....	18
4.1 Effet sur la satiété, indice glycémique, métabolisme.....	18
4.2 Propriétés antioxydantes et impact sur la santé cardiovasculaire.....	19
Chapitre 3 : La filière des dattes.....	20
1. Définition et origine des dattes.....	20
2. Composition chimique des dattes.....	21
2.1 Fibres alimentaires.....	21
2.2 Glucides.....	21
2.3 Lipides.....	21
2.4 Protéines.....	21
2.5 Composés bioactifs.....	21
2.6 Vitamines et minéraux.....	22
3. Composés bioactifs et propriétés antioxydantes.....	22
3.1 Polyphénols et flavonoïdes.....	22
3.2 Caroténoïdes.....	23
3.3 Activité antioxydante.....	23
3.4 Autres composés bioactifs.....	23
4. Intérêt technologique des dattes dans les produits alimentaires.....	24
4.1 Agent liant et édulcorant naturel.....	24
4.2 Amélioration de la texture et de la conservation.....	24
4.3 Valeur nutritionnelle et fonctionnelle.....	24
4.4 Applications spécifiques.....	24

Matériels et méthodes

1-Objectif d'étude.....	26
2-Matériels.....	26
2-1 Méthodes adoptées pour la mise en place.....	27
3 - Les analyses physico- chimiques.....	29
3-1 Calcul du taux d'humidité.....	29
3-2 Calcul du Ph.....	30
3-3 Dosage des sucres totaux.....	31
3-4 Détermination de la teneur en lipides.....	32
3-5 Détermination de la teneur en protéines.....	34

3-6 Détermination du contenu en fibres brutes.....	35
3-7 Détermination de la teneur en cendres.....	36
4. Les analyses sensorielles.....	36

Résultats et discussion

1-Résultats et discussion des analyses physico-chimiques.....	40
2- Résultats et discussion de l'analyse sensorielle.....	48
3-Résultats et discussion de questionnaire.....	56
Conclusion.....	62
Références.....	63

Les figures

Figure01 : Barre énergétique.....	04
Figure02 : Principales légumineuses alimentaires.....	11
Figure03 : Pisum sativum.....	12
Figure04 : Lens culinaris Medik.....	13
Figure05 : Haricots.....	14
Figure06 : Vicia faba L.....	15
Figure07 : Glycine max.....	15
Figure8 : Les palmiers dattier (<i>Phoenix dactylifera</i>) et ses délicieuses dattes d'Arabie saoudite.....	20
Figure9 : 100g des dattes dénoyautées.....	28
Figure10 : Le mélange de légumineuses.....	28
Figure11 : Produit fini	29
Figure12: matériels utilisés pour test d'humidité.....	30
Figure13 : Ph mètre.....	31
Figure14 : le dosage de sucre.....	32
Figure15 : l'appareil soxhlet.....	33
Figure16 : l'appareil rotavap.....	33
Figure17 : Comparaison du pourcentage de l'humidité entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	40
Figure18 : Comparaison du pourcentage de Ph entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	41
Figure19 : Comparaison du pourcentage de teneur en sucre entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	42
Figure20 : Comparaison du pourcentage de teneur en lipides entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	43
Figure21 : Comparaison du pourcentage de teneur en protéines entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	44
Figure22 : Comparaison du pourcentage de teneur en fibres brutes entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	45
Figure23 : Comparaison du pourcentage de teneur en cendres entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins.....	46
Figure 24 : Répartition des perceptions visuelles (Aspect) des barres énergétiques à base de légumineuses.....	48

Figure 25 : Répartition des perceptions visuelles (couleur) des barres énergétiques à base de légumineuses.....	49
Figure 26 : Perception de l'odeur des barres énergétiques à base de légumineuses par les participants.....	49
Figure 27 : Perception de l'intensité d'odeur des barres énergétiques à base de légumineuses par les participants.....	50
Figure 28 : Perception de la texture des barres énergétiques à base de légumineuses.....	51
Figure 29 : Perception de mastication des barres énergétiques à base de légumineuses par les dégustateurs.....	51
Figure 30 : Répartition de perception de l'emballage (papier film) des barres énergétiques à base de légumineuses.....	52
Figure 31 : Répartition de perception de protection de l'emballage (papier film) des barres énergétiques à base de légumineuses.....	53
Figure 32 : Perception de goût des barres énergétiques à base de légumineuses.....	53
Figure 33 : Répartition de l'appréciation globale du goût.....	54
Figure 34 : Répartition des réponses :Accepteriez-vous de consommer ce produit régulièrement ?.....	56
Figure 35 : Répartition sur informations générales.....	56
Figure 36 : Répartition des réponses Avez-vous déjà consommé des barres énergétiques.....	56
Figure 37 : Répartition des réponses Consommez-vous habituellement des barres énergétiques.....	57
Figure 38 : Répartition des réponses Consommez-vous des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots...) ?.....	58
Figure 39 : Répartition des réponses À quelle fréquence consommez-vous des encas énergétiques ?.....	58
Figure 40 : Répartition des réponses Dans quelles situations consommez-vous des barres énergétiques ?.....	59
Figure 41 : Répartition des réponses Quel critère est le plus important pour vous dans une barre énergétique ?.....	60
Figure 42 : Répartition des réponses Seriez-vous intéressé(e) par une barre énergétique à base de légumineuses ?.....	60

Liste des tableaux

Tableau01 : Composition de 100g de dattes en éléments minéraux (Laouini ,2014).....	22
Tableau02 : Composition vitaminique de la pulpe de datte (Laouini, 2014).....	22
Tableau03 : Résumé des applications thérapeutiques des fruits du palmier dattier (Al-karmadi et Okoh ,2024).....	23

Introduction

L'alimentation constitue un déterminant majeur de la santé et du bien-être. Une alimentation déséquilibrée favorise la malnutrition ainsi que le développement de maladies non transmissibles, telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires et certains cancers, tandis qu'une alimentation saine contribue à leur prévention. L'adoption précoce de bonnes habitudes alimentaires est essentielle, car elle influence durablement la santé à l'âge adulte. Une alimentation équilibrée repose sur des principes fondamentaux tels que la suffisance, la diversité, la modération et la sécurité sanitaire, en privilégiant des aliments peu transformés et en limitant les apports en sucres, en graisses nocives et en sel (**Duan et al ., 2026**).

Cependant, les modes de vie modernes ont entraîné une augmentation de la consommation de produits de snacking et d'aliments ultra-transformés, notamment chez les étudiants et les personnes actives. Conçus pour être pratiques, attractifs et à longue durée de conservation, ces produits contiennent souvent des ingrédients industriels et de nombreux additifs. Leur consommation excessive conduit à une alimentation riche en sucres, en graisses et en sel, mais pauvre en nutriments essentiels, contribuant ainsi à la dégradation de la qualité nutritionnelle globale (**Arshad et al ., 2025**).

Face à ces changements, les consommateurs s'orientent de plus en plus vers des aliments sains et naturels. Les aliments fonctionnels, qui apportent des bénéfices pour la santé au-delà de leur simple valeur nutritionnelle, suscitent un intérêt croissant. Cette évolution s'inscrit dans une prise de conscience accrue du rôle de l'alimentation dans la prévention des maladies (**Duan et al ., 2026, Arshad et al ., 2025**).

Dans ce contexte, les barres énergétiques commerciales sont largement consommées pour leur praticité. Toutefois, leur qualité nutritionnelle reste souvent limitée, car elles sont généralement riches en sucres ajoutés et en additifs, tout en étant pauvres en fibres alimentaires. Une consommation régulière peut ainsi contribuer à un déséquilibre alimentaire, ce qui justifie le développement d'alternatives plus saines à base d'ingrédients naturels (**Aljaloudi et al ., 2024, Alfheaid et al ., 2023**).

Par ailleurs, les barres énergétiques présentent un intérêt particulier pour certaines populations, notamment les sportifs et les étudiants, en raison de leurs besoins énergétiques élevés et de leur mode de vie actif. Elles fournissent un apport rapide en glucides permettant de soutenir l'effort physique et de maintenir les performances cognitives. Toutefois certaines formulation commerciales peuvent être riches en sucres ajoutés et pauvres en fibres alimentaires, ce qui souligne l'importance de développer des alternatives plus équilibrées sur

le plan nutritionnel. L'utilisation de légumineuses dans la formulation des barres énergétique constitue une approche promotrice grâce à leur richesse en protéines, en fibres, et en composés bioactifs bénéfiques pour la santé. **(Mudryj et al., 2014, Rebello et al., 2014).**

Synthèse bibliographie

Chapitre 01 : Les barres énergétiques

1-Définition et fonctions

Une barre énergétique peut être définie comme un complément alimentaire solide, généralement présenté sous forme de barre, qui fournit un apport concentré en énergie et en nutriments essentiels (glucides, protéines, lipides, vitamines et minéraux) **(Rajabi, 2017)**.

Les principales fonctions des barres énergétiques peuvent être résumées comme suit :

-Apport rapide et concentré d'énergie : elles sont principalement conçues pour fournir une source d'énergie rapidement disponible, grâce à leur richesse en glucides et en lipides. Des études récentes montrent que ces produits sont formulés pour couvrir les besoins énergétiques élevés, notamment chez les sportifs ou en cas de déficit nutritionnel **(Khoo et Azlan, 2026)**. De plus, leur densité énergétique élevée permet d'apporter une quantité importante de calories dans un volume réduit **(Alfheaid et al ., 2023)**.

-Soutien des performances physiques : Les barres énergétiques contribuent au maintien des performances physiques en fournissant un apport continu en substrats énergétiques.

Les barres riches en protéines et glucides sont reconnues comme des compléments nutritionnels efficaces pour les sportifs **(AlJaloudi et al ., 2024)**.

-Apport nutritionnel complet et fonctionnel : Les barres énergétiques apportent un ensemble de macronutriments et micronutriments essentiels : Glucides , Protéines , Lipides , Minéraux et vitamines.

Certaines formulations incluent également des composés bioactifs et antioxydants, renforçant leur rôle d'aliment fonctionnel **(AlJaloudi et al ., 2024)**.

-Effet de satiété et contrôle de l'appétit : elles peuvent induire une sensation de satiété, notamment grâce à leur teneur en protéines et en fibres.

Une étude récente sur des barres enrichies montre une augmentation des biomarqueurs liés à la satiété après consommation **(Zomeño et al ., 2024)**.

Par ailleurs, la régulation de la satiété est liée aux interactions entre nutriments et signaux physiologiques **(Barakat et al ., 2024)**.

-Praticité et facilité de consommation : Les barres énergétiques sont des aliments prêts à consommer (*ready-to-eat*), faciles à transporter et à conserver.

Leur format compact et leur stabilité les rendent adaptés aux sportifs, voyageurs et aussi aux personnes ayant peu de temps

Elles sont ainsi considérées comme des solutions nutritionnelles pratiques dans les environnements contraints (**Khoo et Azlan, 2026**).

-Faciliter la consommation pratique : elles offrent une solution compacte, facile à transporter et à consommer, adaptée à la vie active et au sport (**Varela et al ., 2021**).

-Ainsi, la barre énergétique ne se limite pas à un simple apport calorique ., elle joue un rôle multifonctionnel, combinant énergie, nutrition et praticité, ce qui explique son succès croissant dans différents segments de consommateurs.



Figure01 :Barre énergétique <https://odelices.ouest-france.fr/recette/barres-de-cereales-energetiques-chataigne-abricots-r4838/>

2-Types de barres énergétiques

Les barres énergétiques se distinguent principalement selon leur composition principale, qui conditionne leur profil nutritionnel et leur fonction physiologique. On peut classer ces produits en trois grandes catégories : à base de céréales, à base de fruits secs et graines oléagineuses, et à base de protéines animales ou végétales.

2.1. Barres énergétiques à base de céréales

Les barres énergétiques à base de céréales sont des produits alimentaires compacts et prêts à consommer, formulés principalement à partir de céréales (avoine, blé, riz, maïs) combinées à des ingrédients tels que les fruits secs, les noix et des agents sucrants. Elles sont conçues pour fournir une source rapide et concentrée d'énergie, principalement sous forme de glucides, avec parfois des apports en fibres et protéines (**Bourekoua et al ., 2023**).

Composition et avantages nutritionnels :

- Glucides complexes : fournissent une libération prolongée d'énergie.

- Fibres alimentaires : contribuent à la satiété et au bon fonctionnement digestif.
- Protéines végétales mineures : issues des céréales, participent à l'entretien musculaire, mais en quantité limitée.

Ces barres sont particulièrement adaptées comme collation avant l'effort ou pour maintenir le niveau d'énergie lors de longues périodes d'activité physique. Les formulations modernes peuvent inclure des micronutriments additionnels (vitamines B, fer, magnésium) pour compléter les besoins nutritionnels **(Rodriguez et al ., 2019)**.

2.2. Barres énergétiques à base de fruits secs et graines oléagineuses

Les barres énergétiques à base de fruits secs et de graines oléagineuses constituent une catégorie d'aliments fonctionnels naturels, largement utilisées comme collations nutritives dans les contextes de nutrition sportive et de santé. Elles sont généralement formulées à partir de fruits secs tels que les dattes, raisins ou abricots, riches en glucides simples, fibres alimentaires et composés bioactifs, ainsi que de graines oléagineuses comme les amandes, noix ou graines de sésame, qui apportent des acides gras insaturés, des protéines végétales et des minéraux essentiels. Cette combinaison confère à ces produits une densité énergétique élevée et un profil nutritionnel équilibré **(Alfheeaïd et al ., 2023)**.

En effet, l'association des glucides rapidement disponibles issus des fruits secs et des lipides et protéines des graines permet une libération d'énergie à la fois rapide et prolongée, contribuant ainsi au maintien de la glycémie et à l'amélioration de l'endurance **(Barakat et al ., 2025)**.

Par ailleurs, ces barres présentent des propriétés fonctionnelles importantes grâce à leur richesse en composés antioxydants tels que les polyphénols et flavonoïdes, qui exercent des effets protecteurs contre le stress oxydatif et participent à la prévention des maladies cardiovasculaires **(Alfheeaïd et al ., 2023 , Barakat et al ., 2025)**.

Elles sont également appréciées pour leur praticité, étant des aliments prêts à consommer, faciles à transporter et adaptés aux modes de vie actifs, tout en répondant à la demande croissante pour des produits « clean label » à base d'ingrédients naturels. De plus, leur formulation simple et leur bonne stabilité technologique en font des matrices alimentaires intéressantes pour le développement de nouveaux produits enrichis ou adaptés à des besoins nutritionnels spécifiques **(Yahiaoui et al ., 2023)**.

Ainsi, les barres énergétiques à base de fruits secs et de graines oléagineuses représentent une alternative saine aux snacks industriels, combinant valeur nutritionnelle élevée, propriétés fonctionnelles et facilité d'utilisation.

2.3. Barres énergétiques à base de protéines animales et végétales

Les barres énergétiques riches en protéines, qu'elles soient d'origine animale ou végétale, représentent une catégorie d'aliments fonctionnels en pleine expansion, largement utilisées dans la nutrition sportive et la gestion de la santé. Elles sont généralement formulées à partir de protéines animales telles que les protéines de lactosérum (whey) ou la caséine, ainsi que de protéines végétales comme le soja, le pois ou les céréales, permettant d'obtenir des produits à haute valeur nutritionnelle adaptés à différents besoins alimentaires. Les études récentes montrent que ces barres contiennent généralement entre 20 et 50 % de protéines, associées à des glucides, lipides et micronutriments pour assurer un apport énergétique et nutritionnel complet (**You et al ., 2024**).

Les protéines animales sont reconnues pour leur haute qualité biologique, car elles contiennent tous les acides aminés essentiels et présentent une digestibilité élevée, ce qui les rend particulièrement efficaces pour la synthèse des protéines musculaires et la récupération après l'effort. En revanche, les protéines végétales, bien que parfois limitées en certains acides aminés essentiels, offrent des avantages importants en termes de durabilité, coût et effets santé, notamment grâce à leur richesse en fibres et composés bioactifs (**Sharma et al ., 2025**).

Les recherches récentes montrent également que les barres protéiques peuvent être formulées à partir de différentes sources : uniquement animales, uniquement végétales ou une combinaison des deux, afin d'optimiser la qualité nutritionnelle. Une étude comparative a démontré que les barres contenant des mélanges de protéines animales (lait, œuf) et végétales (soja) permettent d'obtenir un profil en acides aminés plus équilibré et une meilleure valeur nutritionnelle globale (**Tormási et al ., 2025**).

Sur le plan fonctionnel, ces barres jouent un rôle essentiel dans :

- La construction et la réparation des tissus musculaires
- Le maintien de la masse musculaire
- La récupération après l'effort

Les barres riches en protéines sont ainsi considérées comme des compléments efficaces pour les sportifs et les individus actifs, notamment en raison de leur capacité à favoriser la synthèse protéique et à améliorer la récupération (**AlJaloudi et al ., 2024**).

En outre, ces produits présentent un effet de satiété élevé, lié à la présence de protéines, ce qui contribue à la régulation de l'appétit et à la gestion du poids. Leur format prêt à consommer, leur longue durée de conservation et leur densité nutritionnelle en font également des

solutions pratiques pour répondre aux besoins énergétiques dans diverses situations (**You et al ., 2024**).

Cependant, certaines études soulignent que la qualité nutritionnelle des barres dépend fortement de la source protéique, de la formulation et du degré de transformation, ce qui nécessite une sélection attentive des ingrédients pour garantir une bonne digestibilité et une efficacité optimale (**Tormási et al ., 2025**).

3-Facteurs influençant la formulation des barres énergétiques

La formulation d'une barre énergétique ne se limite pas à la simple combinaison d'ingrédients. Plusieurs facteurs clés influencent sa qualité nutritionnelle, sa texture, sa stabilité et sa durée de conservation. Ces facteurs conditionnent à la fois l'acceptabilité sensorielle et les performances fonctionnelles du produit.

On distingue principalement trois catégories : les apports nutritionnels recherchés, les caractéristiques organoleptiques (texture et goût) et la conservation/emballage.

3.1. Apports nutritionnels recherchés

La formulation des barres énergétiques commence par la définition des besoins nutritionnels ciblés (énergie, protéines, fibres, micronutriments), lesquels guident le choix des ingrédients et leurs proportions. Des ingrédients riches en protéines, comme les légumineuses, les graines oléagineuses ou les concentrés de protéines, sont souvent sélectionnés pour atteindre des niveaux protéiques souhaités tandis que les céréales, fruits secs ou édulcorants naturels sont utilisés pour assurer l'énergie et les glucides nécessaires (**AlJaloudi et al ., 2024**).

Ainsi, le choix des ingrédients et leur proportion est directement lié à l'effet fonctionnel attendu de la barre énergétique, qu'il s'agisse d'un produit de récupération sportive ou d'une collation santé.

3.2. Texture, goût et stabilité

Les caractéristiques organoleptiques jouent un rôle déterminant dans l'acceptation du produit par le consommateur. Une formulation réussie doit combiner :

- **Texture** : La texture des barres énergétiques (dureté, cohésion et stickiness) dépend fortement de la formulation, notamment des proportions de céréales, sucres et fruits, qui modifient la structure du produit et sa perception en bouche (**Samakradhamrongthai et al ., 2021**).
- **Goût** : combinaison harmonieuse des ingrédients principaux et des arômes naturels, limitant l'amertume ou l'excès de sucre. L'ajout de fruits secs, graines, cacao ou épices est courant pour améliorer le profil gustatif.

- Stabilité physique : résistance à la friabilité, au ramollissement ou à l'oxydation des lipides. Les antioxydants naturels, les agents liants (miel, sirop d'agave, purée de fruits) et les techniques de traitement (cuisson légère, extrusion) contribuent à maintenir la qualité sensorielle sur la durée (**Rodriguez et al ., 2019**).

Une barre mal formulée sur le plan sensoriel, même si elle est nutritionnellement adéquate, risque de ne pas être acceptée par les consommateurs.

3.3. Conservation et emballage

La conservation et l'emballage sont déterminants pour la sécurité, la qualité nutritionnelle, la texture, le goût et la durée de vie des barres énergétiques.

-L'activité de l'eau (a_w) est un facteur majeur de conservation : plus elle est basse, plus la croissance microbienne est inhibée.

Un a_w inférieur à 0,65 est souhaitable pour prévenir la croissance des bactéries, levures et moisissures (**Baria et Chauhan, 2025**).

Une a_w faible minimise également les réactions enzymatiques et chimiques indésirables.

-Matériaux d'emballage

Les matériaux sont choisis pour leurs propriétés barrières :

Barrières à l'oxygène et à l'humidité : films métallisés, laminés multicouches.

Atmosphère modifiée / vide : réduit l'oxygène libre dans l'espace d'emballage, limitant l'oxydation et la croissance microbienne.

Ces techniques permettent de prolonger la durée de vie conservée sans altération sensorielle (**Baria et Chauhan, 2025**).

-Conditions de stockage

Température : des températures élevées augmentent la vitesse d'oxydation et de dégradation des nutriments.

Humidité : l'humidité excessive peut augmenter l'activité de l'eau, favorisant la dégradation microbienne ou la perte de texture croustillante.

La combinaison de bon emballage + conditions contrôlées garantit la conservation de la qualité sur plusieurs mois.

La durée de conservation et la sécurité alimentaire constituent un facteur majeur dans la formulation.

L'emballage joue donc un double rôle : protection physique et chimique du produit, mais aussi communication marketing sur les qualités nutritionnelles et fonctionnelles de la barre.

4-Marché et tendances actuelles des barres énergétiques

4.1. Croissance du marché mondial :

Le marché des barres énergétiques connaît une croissance rapide, soutenue par l'évolution des habitudes alimentaires vers des produits pratiques, nutritifs et fonctionnels. Les barres énergétiques sont aujourd'hui considérées comme des aliments complets, riches en macronutriments et micronutriments, répondant aux besoins des consommateurs actifs. Leur popularité a fortement augmenté ces dernières années, avec une adoption croissante dans différentes populations, notamment les sportifs et les jeunes adultes (Gill et al ., 2024).

4.2. Évolution de la demande pour des produits riches en protéines végétales :

L'une des transformations majeures du marché concerne l'augmentation de la demande pour les protéines végétales. Cette tendance est motivée par des préoccupations liées à la santé, à l'environnement et à la durabilité alimentaire (Boukid et al ., 2024).

Les consommateurs privilégient désormais des alternatives aux protéines animales, telles que les protéines issues des légumineuses (pois, fèves), céréales et graines, reconnues pour leur valeur nutritionnelle et leur faible impact environnemental (Boukid et al ., 2021, Kumar et al ., 2021).

Par ailleurs, les innovations dans les technologies d'extraction et de transformation ont permis d'améliorer les propriétés fonctionnelles des protéines végétales, notamment leur digestibilité, solubilité et capacité d'émulsification, ce qui favorise leur utilisation dans les produits comme les barres énergétiques (Hewage et al ., 2022 , Boukid et al ., 2021).

Cette évolution s'inscrit également dans une tendance globale vers des régimes alimentaires plus durables, où les protéines végétales jouent un rôle clé dans la transition alimentaire (Bryant, 2022).

4.3. Innovations récentes dans le domaine des barres énergétiques

Le secteur des barres énergétiques est caractérisé par des innovations technologiques et nutritionnelles importantes.

- Innovations en formulation

Les nouvelles formulations intègrent des ingrédients fonctionnels tels que les fibres, les antioxydants et les composés bioactifs, permettant d'améliorer les bénéfices santé des barres énergétiques (Olagunju et al ., 2022).

De plus, l'utilisation de protéines végétales enrichies permet de développer des produits à haute valeur nutritionnelle tout en répondant aux attentes des consommateurs en matière de naturalité et de durabilité (Boukid et al ., 2024).

- Innovations technologiques

Les progrès récents dans les technologies alimentaires, notamment les techniques d'extraction et de modification des protéines, ont permis d'améliorer leurs propriétés sensorielles (goût, texture), qui constituaient auparavant une limite majeure (**Hewage et al ., 2022**).

Ces innovations facilitent l'incorporation des protéines végétales dans les barres énergétiques tout en garantissant une meilleure acceptabilité par les consommateurs.

- Innovation sensorielle et acceptabilité

L'amélioration des caractéristiques organoleptiques (texture, saveur, arôme) est un axe clé de recherche. Les études montrent que les nouvelles formulations permettent de surmonter les défis liés au goût des protéines végétales et d'augmenter l'acceptabilité des produits (**Tachie et al ., 2023 , Boukid et al ., 2021**).

Chapitre02 : Les légumineuses

1. Caractéristiques générales

1.1 Définition

Les légumineuses correspondent à un groupe de plantes caractérisées par la production de fruits sous forme de gousses. La majorité de ces plantes entretient une symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote au niveau de leurs racines, leur permettant de capter l'azote atmosphérique et de réduire, voire d'éliminer, le recours aux engrais azotés pour leur culture. Par ailleurs, leur intégration dans les systèmes agricoles contribue à l'amélioration de la fertilité des sols et diminue les besoins en fertilisation des cultures suivantes. Cette réduction de l'utilisation des engrais azotés participe également à la limitation des émissions de gaz à effet de serre. (Magrini et Bedoussac, 2024).



Figure02 : Principales légumineuses alimentaires(<https://ma-cantine.agriculture.gouv.fr/blog/29/>)

1.2 Classification des légumineuses (pois, lentilles, haricots, fèves, soja, etc.)

Les légumineuses appartiennent à la famille botanique des Fabaceae (ou Leguminosae), l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs, comprenant plus de 20 000 espèces réparties dans environ 800 genres. Les graines de ces plantes sont appelées légumineuses à graines ou "pulses", largement utilisées dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse nutritionnelle (Petr Smýkal et al, 2015).

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les légumineuses alimentaires sont définies comme les graines sèches comestibles des plantes de la famille des Fabaceae, cultivées principalement pour la consommation humaine, contrairement aux légumineuses fourragères utilisées pour l'alimentation animale (FAO, 2016).

1.3 Principales légumineuses alimentaires

🌱 Pois (*Pisum sativum*)

Le pois (*Pisum sativum*) peut être défini comme une matière première végétale riche en nutriments, particulièrement en protéines, utilisée comme base pour le développement d'aliments fonctionnels. Dans leur travail, les auteurs considèrent le pois comme une matrice alimentaire d'origine végétale capable de subir des transformations technologiques, notamment la fermentation, afin d'améliorer ses propriétés physicochimiques, nutritionnelles et sensorielles (Perrone et al, 2026).

Il se caractérise par une composition chimique riche et équilibrée, dominée par les macronutriments. Le principal composant les glucides représentant environ 59,3 à 69,6 % du poids sec, principalement sous forme d'amidon (39,4 à 46,2 %). Le pois est également une source importante de protéines (20 à 25 %), ce qui en fait une alternative intéressante aux protéines animales. Il contient en outre une quantité élevée de fibres alimentaires (23,2 à 30,7 %), incluant des fibres solubles et insolubles, contribuant à ses effets bénéfiques sur la santé digestive. La teneur en lipides reste faible (environ 3 à 7 %), tandis que les cendres (≈ 3 %) reflètent sa richesse en minéraux. Par ailleurs, le pois renferme divers composés bioactifs, notamment des polyphénols tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, principalement localisés dans le tégument, ainsi que des facteurs antinutritionnels comme l'acide phytique, les lectines et les inhibiteurs de trypsine, pouvant influencer la biodisponibilité des nutriments (Wu et al, 2023)



Figure03 : *Pisum sativum* (<https://www.gardenia.net/plant/pisum-sativum>)

🌱 Lentilles (*Lens culinaris Medik*)

La lentille (*Lens culinaris Medik*) également désignée sous le nom de *Lentillaria medikus*, est une légumineuse originaire de l'Ancien Monde et figure parmi les premières espèces végétales ayant fait l'objet d'une domestication. Elle est majoritairement cultivée dans des agro écosystèmes pluviaux, caractérisés par des sols dont la teneur en phosphore assimilable est généralement faible à modérée. (Singh, N et Singh, G ,2016).

Les lentilles présentent une composition nutritionnelle riche et équilibrée, caractérisée par une teneur élevée en protéines (environ 20–25 %) et en glucides complexes, principalement sous forme d'amidon. Elles constituent également une source importante de fibres alimentaires, majoritairement insolubles, favorisant la santé digestive. Leur faible teneur en lipides (environ 1–2 %) en fait un aliment peu énergétique. Sur le plan micro nutritionnel, les lentilles sont riches en minéraux essentiels tels que le fer, le magnésium, le potassium et le zinc, ainsi qu'en vitamines du groupe B, notamment les folates. Par ailleurs, elles contiennent des composés bioactifs, tels que les polyphénols et les oligosaccharides, contribuant à leurs propriétés fonctionnelles et à leurs effets bénéfiques sur la santé. (Faris et al, 2013).



Figure04 : *Lens culinaris Medik*

(<https://pfaf.org/user/plant.aspx?LatinName=Lens+culinaris>)

🌱 Haricots

Les haricots secs, appartenant au groupe des légumineuses féculentes, constituent une source essentielle de protéines, d'énergie (principalement sous forme d'amidon) et de fibres alimentaires pour des millions de personnes, notamment dans les pays en développement. Ils représentent une alternative protéique économique aux produits d'origine animale et s'intègrent facilement dans diverses préparations alimentaires. Leur richesse en fibres alimentaires, souvent supérieure à celle de nombreux aliments de base, ainsi qu'en amidon résistant, contribue à la santé digestive, en particulier au niveau du côlon. Par ailleurs, les haricots renferment une grande diversité de composés bioactifs, tels que les polyphénols, les

tocophérols, les peptides, les acides aminés et les acides gras insaturés, ainsi que des minéraux essentiels comme le calcium, le fer et le zinc. Les peptides issus de l'hydrolyse des protéines présentent notamment des activités biologiques importantes, incluant des effets antimicrobiens, antioxydants, antihypertenseurs et anti thrombotiques. L'ensemble de ces composés confère aux haricots des propriétés fonctionnelles contribuant à la prévention de certaines maladies chroniques. **(Basso Los et al, 2018).**



Figure05 : Haricots(<https://binette-et-jardin.ouest-france.fr/dossier-447-haricot-grains.html>)

Fèves (*Vicia faba* L.)

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse cultivée principalement en hiver et appartenant à la famille des Fabacées. Elle est largement produite dans les pays méditerranéens, ainsi qu'en Égypte, Éthiopie, Chine, Inde, Afghanistan, en Afrique du Nord et en Europe du Nord. Parmi ces régions, l'Égypte et l'Inde se distinguent par une consommation particulièrement élevée de légumineuses, qui constituent dans ces pays une source alimentaire essentielle de protéines et d'autres nutriments. **(Rahate et al ,2021).**

Les graines de fève contiennent une quantité élevée de protéines (environ 25–40 % du poids sec), ce qui en fait une source importante de protéines végétales. Elles sont également riches en glucides complexes, fibres alimentaires et minéraux essentiels tels que le magnésium, le zinc, le potassium, le phosphore et le fer, ainsi que des composés bioactifs comme les polyphénols totaux et les flavonoïdes, qui contribuent à des propriétés antioxydantes bénéfiques pour la santé **(Khvostenko et al, 2024)**



Figure06 : *Vicia faba* L.(<https://www.gardenia.net/plant/vicia-faba-fava-beans>)

Soja (*Glycine max*)

Le soja (*Glycine max*) est une plante annuelle de la famille des légumineuses (Fabaceae), cultivée à grande échelle dans le monde pour ses graines riches en protéines et en huile, qui constituent une source alimentaire essentielle tant pour l'humain que pour les animaux et l'industrie (Encyclopaedia Britannica, 2026).



Figure07 : *Glycine max* (<https://www.alamy.com/soya-beans-glycine-max-bean-bean-sojabeans-image557071696.html>)

2. Composition chimique et nutritionnelle :

Les légumineuses constituent une famille d'aliments reconnue pour leur richesse nutritionnelle. Elles représentent une source importante de protéines végétales, de glucides complexes, de fibres alimentaires, de vitamines, de minéraux et de composés bioactifs. Grâce à leur densité nutritionnelle élevée et à leur faible impact environnemental, elles occupent une place croissante dans les stratégies visant à promouvoir une alimentation saine et durable. (Multescu et al ., 2024 , Guo et al ., 2024).

2.1. Protéines (qualité, digestibilité et profil en acides aminés)

Les légumineuses constituent l'une des meilleures sources de protéines d'origine végétale, avec des teneurs variant généralement entre 18 et 40 % de la matière sèche selon l'espèce. Les protéines qu'elles renferment sont particulièrement riches en lysine, un acide aminé essentiel souvent déficitaire dans les céréales. En revanche, elles présentent des teneurs relativement faibles en méthionine et en cystéine, deux acides aminés soufrés. Cette complémentarité nutritionnelle justifie l'association fréquente des légumineuses avec les céréales dans l'alimentation humaine afin d'obtenir un profil protéique plus équilibré (**Zhang et al ., 2024**).

La digestibilité des protéines des légumineuses peut être influencée par la présence de facteurs antinutritionnels tels que les phytates, les tanins, les lectines et les inhibiteurs de protéases. Ces composés peuvent réduire l'absorption des nutriments et limiter l'utilisation des protéines par l'organisme. Toutefois, des procédés technologiques tels que le trempage, la cuisson, la germination ou la fermentation permettent de diminuer ces facteurs antinutritionnels et d'améliorer significativement la digestibilité et la biodisponibilité des protéines (**Zhang et al ., 2024 , Multescu et al ., 2024**).

2.2. Glucides complexes et fibres

Les glucides représentent la principale fraction énergétique des légumineuses. Ils sont majoritairement constitués d'amidon complexe à digestion lente, ce qui confère à ces aliments un faible indice glycémique. Cette caractéristique favorise une libération progressive du glucose dans le sang et contribue à la prévention des maladies métaboliques, notamment le diabète de type 2 et l'obésité (**Multescu et al ., 2024 , Guo et al ., 2024**).

Les légumineuses se distinguent également par leur teneur élevée en fibres alimentaires, comprenant des fibres solubles et insolubles. Les fibres solubles participent à la régulation de la glycémie et à la réduction du cholestérol sanguin, tandis que les fibres insolubles améliorent le transit intestinal et favorisent la sensation de satiété. Cette richesse en fibres contribue aux effets bénéfiques des légumineuses sur la santé digestive et cardiovasculaire. (**Multescu et al ., 2024**)

2.3. Lipides, micronutriments et composés bioactifs

La plupart des légumineuses présentent une faible teneur en lipides, généralement comprise entre 1 et 6 %, à l'exception du soja qui est plus riche en matières grasses. Les lipides présents sont essentiellement constitués d'acides gras insaturés, notamment les acides oléique et linoléique, connus pour leurs effets protecteurs sur la santé cardiovasculaire (**Guo et al .,2024**).

Les légumineuses constituent également une excellente source de micronutriments essentiels tels que le fer, le zinc, le magnésium, le potassium, le calcium et les vitamines du groupe B, notamment les folates. Ces éléments jouent un rôle fondamental dans le métabolisme énergétique, la croissance cellulaire, la synthèse de l'ADN et le bon fonctionnement du système immunitaire (Multescu et al .,2024 , Guo et al ., 2024).

Outre leur valeur nutritionnelle, les légumineuses renferment divers composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les isoflavones, les saponines et les phytostérols. Ces molécules possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et cardioprotectrices qui participent à la prévention de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, certains cancers et le diabète de type 2 (Shea et al ., 2024, Guo et al ., 2024).

3. Propriétés fonctionnelles et technologiques

Les légumineuses sont largement utilisées dans l'industrie alimentaire en raison de leurs propriétés fonctionnelles et technologiques. Les protéines qu'elles contiennent possèdent des caractéristiques physicochimiques qui influencent la texture, la stabilité, la viscosité et les qualités sensorielles des aliments. Ces propriétés permettent leur incorporation dans de nombreux produits alimentaires tels que les produits de boulangerie, les boissons protéinées, les substituts de viande et les produits laitiers végétaux (Zhang et al ., 2024 , Náthia-Neves et al ., 2025).

3.1 Pouvoir liant, moussant et émulsifiant

Les protéines des légumineuses possèdent d'excellentes propriétés fonctionnelles qui les rendent particulièrement intéressantes dans l'industrie agroalimentaire. Leur pouvoir liant résulte de leur capacité à absorber et retenir l'eau ainsi que les matières grasses, favorisant ainsi la cohésion des ingrédients et la stabilité des produits alimentaires. Cette propriété est largement exploitée dans les produits de boulangerie, les substituts de viande et les aliments formulés à base de protéines végétales (Zhang et al ., 2024 , Náthia-Neves et al ., 2025).

Les protéines de légumineuses présentent également une bonne capacité moussante grâce à leur aptitude à s'adsorber à l'interface air-eau et à former des films protéiques stables. Cette propriété permet la formation et la stabilisation des mousses utilisées dans diverses préparations alimentaires telles que les desserts, les boissons et certains produits de pâtisserie (Zhang et al ., 2024 , Náthia-Neves et al ., 2025).

3.2 Texture et rôle dans les produits formulés

Les protéines des légumineuses jouent un rôle essentiel dans la structuration et la texture des aliments. Grâce à leurs capacités de gélification, de rétention d'eau et d'interaction avec d'autres constituants alimentaires, elles participent à la formation de matrices alimentaires présentant des textures variées, allant de structures fermes et élastiques à des textures plus crémeuses (Náthia-Neves et al ., 2025 , Devkota et al ., 2025)

Dans les produits formulés, les protéines de légumineuses sont largement utilisées pour améliorer la viscosité, la stabilité, la rétention d'eau et les caractéristiques sensorielles. Elles entrent notamment dans la formulation des substituts de viande, des boissons protéinées, des yaourts végétaux, des produits de boulangerie et des barres nutritionnelles. Leur polyvalence technologique contribue au développement d'aliments innovants répondant à la demande croissante en produits végétaux et fonctionnels (Zhang et al ., 2024 , Náthia-Neves et al ., 2025 , Devkota et al., 2025)

4. Intérêt nutritionnel et impact des légumineuses sur la santé

Les légumineuses occupent une place importante dans une alimentation équilibrée grâce à leur richesse en protéines végétales, fibres alimentaires, glucides complexes, vitamines, minéraux et composés bioactifs. Leur consommation régulière est associée à une réduction du risque de nombreuses maladies chroniques, notamment l'obésité, le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires (Lisciani et al ., 2024 , Hossain et al ., 2025).

4.1 Effet sur la satiété, l'indice glycémique et le métabolisme

Les légumineuses favorisent la satiété grâce à leur forte teneur en protéines et en fibres alimentaires. Ces constituants ralentissent la vidange gastrique et prolongent la sensation de rassasiement, ce qui peut contribuer à la réduction de l'apport énergétique global et au contrôle du poids corporel. L'incorporation des légumineuses dans les aliments a également été associée à une augmentation de la satiété et à une amélioration de l'apport protéique (Ahrens et al ., 2024 , Lisciani et al ., 2024).

Les glucides complexes présents dans les légumineuses sont digérés lentement, ce qui leur confère un faible indice glycémique. Cette caractéristique permet de limiter les pics de glycémie postprandiale et d'améliorer la sensibilité à l'insuline. Plusieurs études ont montré que la consommation régulière de légumineuses contribue à un meilleur contrôle de la glycémie et à une diminution du risque de diabète de type 2 (Chamoun et al ., 2024 , Hossain et al ., 2025).

Les fibres fermentescibles et les composés bioactifs des légumineuses participent également à la régulation du métabolisme énergétique en favorisant la production d'acides gras à chaîne

courte par le microbiote intestinal. Ces mécanismes sont associés à une amélioration du métabolisme du glucose et des lipides ainsi qu'à une meilleure sensibilité insulinaire (**Hernández-Ruiz et al ., 2025 , Lisciani et al ., 2024**).

4.2 Propriétés antioxydantes et impact sur la santé cardiovasculaire

Les légumineuses renferment divers composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les isoflavones et les peptides bioactifs qui possèdent d'importantes propriétés antioxydantes. Ces molécules contribuent à neutraliser les radicaux libres, à réduire le stress oxydatif et à limiter les dommages cellulaires impliqués dans le développement de nombreuses maladies chroniques (**Shea et al ., 2024 , Hernández-Ruiz et al ., 2025**).

Les effets cardioprotecteurs des légumineuses sont largement documentés. Leur consommation régulière est associée à une diminution du cholestérol total et du cholestérol LDL, à une amélioration du profil lipidique sanguin, à une réduction de la pression artérielle et à une diminution de l'inflammation systémique. Ces effets contribuent à la prévention des maladies cardiovasculaires (**Olas, 2025 , Hossain et al ., 2024**) .

Par ailleurs, les peptides bioactifs issus des protéines de légumineuses exercent des effets bénéfiques sur la fonction endothéliale et la régulation de la pression artérielle. Ces composés constituent aujourd'hui un domaine de recherche prometteur dans la prévention et le contrôle des maladies cardiovasculaires (**Fonseca Hernandez et al ., 2024 , Shea et al ., 2024**).

Chapitre 03 : La filière des dattes

1. Définition et origine des dattes

Les dattes sont les fruits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), une espèce appartenant à la famille des Arecaceae. Elles occupent une place importante dans l'alimentation humaine à l'échelle mondiale en raison de leur richesse nutritionnelle ainsi que de leurs nombreux bienfaits pour la santé et leur valeur économique. On recense une grande diversité de variétés de dattes à travers le monde, principalement dans les régions à climat chaud, où les conditions environnementales sont favorables à leur développement. Le palmier dattier est une plante angiosperme cultivée essentiellement pour ses fruits. Cet arbre peut atteindre une hauteur comprise entre 21 et 23 mètres et se caractérise par de longues feuilles pennées mesurant entre 4 et 6 mètres, chacune constituée d'environ 150 folioles. Les dattiers peuvent pousser de manière isolée ou en touffes issues d'un même système racinaire. À l'échelle mondiale, on estime à environ 100 millions le nombre de palmiers dattiers cultivés, avec une forte concentration dans les régions du Moyen-Orient. Toutefois, leur culture s'étend également à d'autres zones géographiques telles que l'Australie, le Mexique, certaines régions d'Amérique du Sud, l'Afrique australe ainsi que les États-Unis. Ainsi, le palmier dattier constitue une ressource agricole majeure dans les zones arides et semi-arides, contribuant à la sécurité alimentaire et au développement économique de nombreuses régions. (Al-karmadi et Okoh, 2024).



Figure8 : Les palmiers dattier (*Phoenix dactylifera*) et ses délicieuses dattes d'Arabie saoudite (Abdallah et al ., 2026).

2. Composition chimique des dattes

Les dattes présentent une composition chimique riche et diversifiée, dominée par les glucides et complétée par des fibres, des protéines, des vitamines et des minéraux. Cette composition varie selon la variété, les conditions de culture et le stade de maturité (**Al-Karmadi et Okoh, 2024 ., Ouamnina et al ., 2024**).

2.1 Glucides

Les glucides constituent la principale composante des dattes, représentant environ 65 à 80 % de la matière sèche, principalement sous forme de glucose, fructose et saccharose (**Al-Karmadi et Okoh, 2024**).

Cette richesse en sucres simples explique leur fort pouvoir énergétique et leur utilisation comme aliment naturel énergisant.

2.2 Lipides

Les lipides sont présents en faibles quantités dans la pulpe des dattes, généralement inférieures à 1 %. Cependant, les graines de dattes sont plus riches en lipides, notamment en acides gras insaturés tels que l'acide oléique et linoléique, reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire (**Maqsood et al ., 2020**).

2.3 Protéines

Les dattes contiennent une faible teneur en protéines (1 à 3 %), mais celles-ci incluent plusieurs acides aminés essentiels contribuant à leur valeur nutritionnelle (**Noorbakhsh et Rabbani, 2023**).

2.4Fibres alimentaires

Les dattes sont une source importante de fibres alimentaires, avec des teneurs comprises entre 6 et 12 %, incluant cellulose, hémicellulose et pectines. Ces fibres jouent un rôle essentiel dans la santé digestive et la prévention des maladies métaboliques (**Noorbakhsh et Rabbani, 2023 ., Al-Karmadi et Okoh, 2024**)

2.5 Composés bioactifs

Les dattes contiennent divers composés bioactifs, notamment des polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes, qui leur confèrent une activité antioxydante significative. Ces composés jouent un rôle important dans la prévention du stress oxydatif et des maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires et certains cancers (**Al-Farsi et Lee, 2008., Maqsood et al ., 2020**).

2.6 Vitamines et minéraux

Les dattes contiennent diverses vitamines, notamment celles du groupe B, ainsi que des traces de vitamine C et E. Elles sont également riches en minéraux essentiels, en particulier le potassium, ainsi que le calcium, le magnésium et le fer (Al-Karmadi et Okoh, 2024 ., Younis et al ., 2024).

Tableau01 : Composition de 100g de dattes en éléments minéraux (Laouini ,2014)

Eléments minéraux	Na	K	P	Ca	Mg	Fe	Zn
Quantité (mg)	35	65	57	63	50	1 ,9	0,34

Tableau02 : Composition vitaminique de la pulpe de datte (Laouini, 2014)

Vitamines	Quantité (mg /100)
Acide ascorbique	5-20
Thiamine(B1)	0,06-0,13
Riboflavine(B2)	0.05-0.17
Acide nicotinique(PP)	0.5-0.6
Acide pantothénique(B5)	0.06-0.07
Biotine	0.004-0.006

3. Composés bioactifs et propriétés antioxydantes

Les dattes (*Phoenix dactylifera L.*) sont riches en composés bioactifs, principalement des polyphénols, qui jouent un rôle majeur dans leurs propriétés antioxydantes. Ces composés contribuent à la neutralisation des radicaux libres et participent à la prévention de plusieurs maladies chroniques liées au stress oxydatif (Al-Karmadi et Okoh, 2024).

3.1 Polyphénols et flavonoïdes

Les polyphénols constituent la principale classe de composés bioactifs des dattes. Ils incluent des acides phénoliques (acide gallique, acide caféique, acide férulique) et des flavonoïdes (quercétine, lutéoline, catéchines). Ces molécules sont responsables de la forte activité antioxydante observée dans les dattes (Jaouhari et al ., 2024).

La teneur en polyphénols varie fortement selon la variété, le stade de maturation et les conditions de culture, les dattes plus foncées présentant généralement une activité antioxydante plus élevée. Les flavonoïdes agissent en synergie avec les autres composés

phénoliques pour protéger les cellules contre le stress oxydatif et l'inflammation (Noorbakhsh et Rabbani, 2023 ., Al-Karmadi et Okoh 2024).

En outre, plusieurs études récentes ont montré que les dattes possèdent une capacité antioxydante élevée mesurée par les tests DPPH et FRAP, confirmant leur intérêt en tant qu'aliment fonctionnel (Jaouhari et al ., 2024).

3.2 Caroténoïdes

Les dattes contiennent également des caroténoïdes, tels que le β -carotène, qui sont des précurseurs de la vitamine A et possèdent des propriétés antioxydantes. Ces composés participent à la protection des cellules contre l'oxydation lipidique et à la réduction du risque de certaines pathologies dégénératives (Maqsood et al ., 2020).

3.3 Activité antioxydante

L'activité antioxydante des dattes est corrélée à leur teneur en composés phénoliques. Des études ont montré que les extraits de dattes présentent une puissante capacité à piéger les radicaux libres, à inhiber l'oxydation des lipides et à protéger les membranes cellulaires (Al-Farsi et al ., 2005).

Cette activité confère aux dattes des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, la prévention du diabète et la modulation des réactions inflammatoires.

Tableau03 : Résumé des applications thérapeutiques des fruits du palmier dattier (Al-karmadi et Okoh ,2024)

Application	Bénéfice pour la santé
Antioxydants	Cancer, maladie cardiaque, maladie d'ALZHEIMER, et la maladie de Parkinson neutralisent les radicaux libres
Solution aqueuse lyophilisée	Effets cardioprotecteurs, augmentation des cellules cardiomyoblastiques, inhibition de la peroxydation lipidique
Constituants phytochimiques	Activité antidiabétique

3.4 Autres composés bioactifs

En plus des polyphénols et caroténoïdes, les dattes contiennent des stérols, saponines et fibres solubles qui renforcent leur potentiel fonctionnel. Ces composés contribuent à la régulation de la glycémie, à la santé digestive et à l'équilibre lipidique sanguin (Baliga et al ., 2011).

Ainsi, la richesse des dattes en composés bioactifs et leur forte activité antioxydante en font un aliment fonctionnel, pouvant être utilisé dans le développement de produits alimentaires visant la santé et la prévention des maladies.

4. Intérêt technologique des dattes dans les produits alimentaires

Les dattes (*Phoenix dactylifera* L.) sont largement reconnues comme un ingrédient fonctionnel prometteur dans l'industrie agroalimentaire. Elles sont riches en sucres naturels, fibres alimentaires et composés bioactifs, ce qui leur confère un intérêt technologique important dans la formulation de produits alimentaires plus sains et naturels (Al-Karmadi et Okoh, 2024., Alu'datt et al ., 2024).

4.1 Agent liant et édulcorant naturel

Grâce à leur consistance collante et à leur richesse en sucres simples (glucose, fructose, saccharose), les dattes peuvent servir d'agent liant naturel, permettant d'améliorer la cohésion des produits semi-solides comme les barres énergétiques ou les mélanges de fruits et noix. Elles fonctionnent également comme édulcorant naturel, réduisant le besoin d'ajout de sucre raffiné et améliorant le profil nutritionnel global des aliments (Maqsood et al ., 2020).

4.2 Amélioration de la texture et de la conservation

L'ajout de dattes dans les formulations alimentaires améliore la texture des produits en augmentant la viscosité, la cohésion et la sensation en bouche. Leur capacité à retenir l'eau contribue également à la stabilité des matrices alimentaires (Ali et El-Anany, 2025).

En outre, les dattes sont riches en composés phénoliques et flavonoïdes, responsables de leur forte activité antioxydante. Ces composés permettent de limiter l'oxydation des lipides et d'améliorer la durée de conservation des produits alimentaires (Al-Karmadi et Okoh, 2024., Ali et El-Anany, 2025).

4.3 Valeur nutritionnelle et fonctionnelle

Les dattes présentent une valeur nutritionnelle élevée grâce à leur teneur en glucides, fibres alimentaires, minéraux (notamment potassium et magnésium) et composés antioxydants. Elles sont également reconnues pour leur richesse en polyphénols et autres composés bioactifs aux effets bénéfiques sur la santé (Alu'datt et al ., 2024).

.Sur le plan fonctionnel, les dattes permettent :

- L'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits alimentaires
- L'augmentation de la teneur en fibres alimentaires
- Le renforcement de l'activité antioxydante des aliments transformés (Ali et El-Anany, 2025).

Ainsi, elles sont considérées comme un ingrédient fonctionnel multifonctionnel très utilisé dans le développement de nouveaux aliments santé (Alu'datt et al ., 2024).

4.4 Applications spécifiques

Dans le contexte des barres énergétiques, les dattes sont utilisées pour :

- Améliorer la cohésion et la texture du produit
- Fournir un apport énergétique rapide grâce aux sucres simples
- Enrichir le produit en fibres et antioxydants
- Réduire le besoin d'additifs chimiques ou de conservateurs (**Maqsood et al ., 2020**).

Ces propriétés technologiques font des dattes un ingrédient stratégique dans la conception de produits alimentaires modernes, naturels et fonctionnels.

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes :

1-Objectif d'étude :

L'objectif de cette étude est de formuler et d'évaluer une barre énergétique à base de légumineuses, en mettant en évidence leur valeur nutritionnelle, leurs propriétés physico-chimiques et leur acceptabilité sensorielle, afin de proposer une alternative saine aux barres énergétiques commerciales souvent riches en sucres raffinés et en additifs.

Buts de l'étude :

-Développer une formulation de barres énergétiques incorporant des farines ou dérivés de légumineuses, puis de réaliser :

*Une analyse de la composition nutritionnelle (protéines, glucides, lipides, fibres)

*Une caractérisation physico-chimique (humidité, pH, texture, stabilité)

*Une évaluation sensorielle (goût, texture, acceptabilité globale)

2-Matériels :

On a utilisé comme matières premières :

-Lentilles rouges : source de protéines végétales et amélioration de la texture.

-Pois chiches : apport en protéines et contribution à la structure des barres.

-Dattes : pour leurs bienfaits nutritionnels et leur capacité à lier les ingrédients.

-Beurre de cacahuète : améliore la texture et apporte des lipides.

-Graines de sésame : apport en minéraux et texture croquante.

-Graines de courge : enrichissement en nutriments et le croquant.

-Amandes : source de lipides et qui apportent une texture croustillante.

Outils de travail :

-Une balance de cuisine pour les pesées.

-Un mixeur pour mixer les légumineuses.

-Un récipient (bol).

-Spatule ou cuillère.

-Papier sulfurisé pour éviter que les barres collent

-Un moule de silicone.

2.1 Méthodes adoptés pour la mise en place :

2.1.1 Pesage et préparation des ingrédients :

Notre idée consiste à préparer des barres énergétiques en utilisant les ingrédients suivants : pour 17 portions.

- 150g légumineuses (mélange entre pois chiches et lentilles rouges).
- 100g de datte.
- 70g de beurre de cacahuète.
- 10g de graines de sésame.
- 10g de graines de courge.
- 10g d'amande.

Tous ces ingrédients sont mesurés à l'aide d'une balance de cuisine.

2.1.2 Mise en place et technique de mélange :

Mise en place

Les ingrédients et le matériel nécessaires à la préparation des barres énergétiques sont d'abord préparés. Les légumineuses sont triées et nettoyées afin d'éliminer les impuretés, tandis que les dattes sont dénoyautées et découpées en petits morceaux. Les graines de sésame, les graines de courge, les amandes et le beurre de cacahuète sont également préparés. Le matériel utilisé, notamment la balance, les récipients, le broyeur, les spatules et les moules en silicone, est nettoyé et désinfecté avant utilisation.

Technique de mélange

Les dattes mixées sont mélangées avec la poudre de légumineuses obtenue après broyage. Le beurre de cacahuète, les graines de sésame, les graines de courge et les amandes sont ensuite incorporés progressivement tout en mélangeant. Enfin, on incorpore une cuillère d'eau pour bien lier le tout, puis on pulse à nouveau. afin d'obtenir une pâte homogène et compacte.



Figure9 : 100g des dattes dénoyautées

(photo prise par l'auteur)



Figure10 : Le mélange de légumineuses

(photo prise par l'auteur)

2.1.3 Elaboration des barres énergétiques :

Les légumineuses sont grillées jusqu'à l'obtention d'une légère coloration et d'une arôme caractéristique, puis laissées à refroidir avant d'être broyées. Après préparation du mélange, la pâte obtenue est répartie dans des moules en silicone puis compactée. Les barres sont ensuite placées au réfrigérateur afin de raffermir leur texture avant d'être conditionnées.

2.1.4 Technique d'emballage des barres énergétiques :

Après le refroidissement et le démoulage, les barres énergétiques sont emballées individuellement à l'aide de papier sulfurisé afin de les protéger contre l'humidité et les contaminations extérieures. Cet emballage permet également de préserver la texture et la qualité du produit tout en facilitant le stockage et la manipulation des barres énergétiques.

2.1.5 Produit fini :



Figure11 : Produit fini (photo prise par l'auteur)

3. Les analyses physico-chimiques :

3.1 Calcule du taux d'humidité :

L'évaluation du taux d'humidité de la barre énergétique a été effectuée par la technique de séchage à l'étuve jusqu'à obtention d'une masse constante.

Mode opératoire :

- On pèse la boîte numéro 1 vide P1
- On prend 1g de notre échantillon (barre énergétique) ensuite on la remet sur la balance PE1
- On refait la même opération avec la boîte pétri numéro 2 P2 et PE2.
- La 2 ème étape c'est l'incubation on met les boîtes dans une étuve à 105 °C pendant 3h.
- Les 3 heures écoulées on met les boîtes dans un dessiccateur pendant (15min).



Figure12: matériels utilisés pour test d'humidité (Photo prise par l'auteur)

- On pèse les boîtes avec les composants de la barre énergétique et on obtient : P3-1et P3-2.

-Calculée par la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = [(P2-P3) / (P2-P1)]$$

P1 : masse en g du vase de tare

P2 : masse en g du (vase de tare +échantillons) avant séchage

P3 : masse en g du (vase de tare + échantillons) après séchage

3.2 Calcule de pH

Principe

La détermination du pH repose sur la mesure de la concentration en ions hydrogène (H^+) présents dans un échantillon à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode. La différence de potentiel générée par l'électrode est convertie en valeur de pH, permettant d'évaluer le caractère acide, neutre ou basique de l'échantillon.

Mode opératoire

- Étalonner le pH-mètre à l'aide de solutions tampons standards (pH 4 ., 7 et/ou 10).
- Préparer et homogénéiser l'échantillon à analyser.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis l'essuyer délicatement avec du papier absorbant.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon.

- Attendre la stabilisation de l'affichage du pH-mètre.
- Noter la valeur du pH obtenue.
- Rincer l'électrode après chaque mesure afin d'éviter toute contamination.



Figure13 : Ph mètre (Photo prise par l'auteur)

3.3 Dosage des sucres totaux par la méthode de (Dubois et al ., 1956) :

Principe :

Pour doser les monosaccharides issus des polysaccharides ., il est nécessaire de rompre toutes les liaisons glycosidiques par hydrolyse acide. L'analyse s'appuie sur des méthodes colorimétrique ., qui reposent sur la réaction d'estérification entre un chromogène et les produits de déshydratation des pentoses ., hexoses et acides uroniques en milieu acide fort et à chaud ., ces oses se déshydratent respectivement en des dérivés du furfural ., s-hydroxyméthyl –furfural et de l'acide s-formyl furoïque.

Les chromophores ainsi formés de couleur jaune orange absorbent dans le domaine du visible avec la qualité des sucres présents **(Ruiz, 2005)** la teneur en sucre est exprimés en $\mu\text{g/ml}$ (convertis en g/ml) de α D+ Glucose à parti d'une courbe d'étalonnage.

Mode opératoire :

- On commence par ajouter 20 ml d'acide sulfurique à 0, 5 g de l'échantillon ., le mélange est ensuite placé dans une étuve à 105°C pendant 3 heures.
- on transfère le bécher contenant le mélange dans une fiole et on ajuste le volume à 500ml avec de l'eau distillée. La solution obtenue est ensuite filtrée et conservée à 4°C pendant 24h.
- on réalise ensuite des dilutions de 1/3 partir de ce filtrat pour effectuer 3 essais.
- dans des tubes en pyrex ., on dépose avec précaution 1ml de chaque essai ., 1ml de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique.
- après avoir vortex les tubes ., on les place dans l'étuve pendant 5 min à 100°C puis on les laisse dans l'obscurité pendant 30min.

-la densité optique est ensuite mesurée à une longueur d'onde de $\lambda=490\text{nm}$.

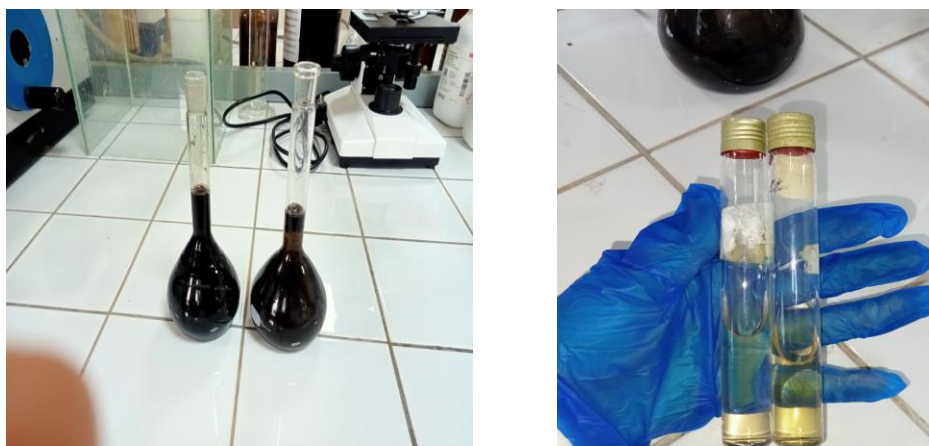


Figure14 : le dosage de sucre (photo prise par l'auteur)

3.4Détermination de la teneur en lipides :

Principe :

L'extraction des lipides des barres énergétiques a été effectuée à l'aide d'un appareil de type soxhlet en utilisant le solvant organique (n-hexane). Suite à l'évaporation de ce solvant Dans un rotavapeur, l'extrait obtenue représente la matière grasse présente dans l'échantillon analyser.

L'échantillon à analyser subit un séchage à l'étuve à 40°C pendant 30min et ce afin d'éliminer le reste d'humidité.

Mode opératoire :

- On commence par placer l'échantillon solide (5,008g) dans un dé à coudre.
- on positionne ensuite le dé à coudre à l'intérieure de l'appareil soxhlet.
- on place l'appareil au-dessus d'un ballon contenant le solvant d'extraction (n-hexane) 225ml.
- on chauffe le solvant ., ce qui provoque ébullition sa vaporisation, ensuite on fait condenser la vapeur dans un condenseur et on laisse le solvant condensé s'égoutter sur l'échantillon solide.
- on attend que la chambre à solvant remplisse jusqu'à ce que le tube siphon se déclenche on permet alors à l'extrait de retourner dans le flacon. Le cycle se répète pendant 3h pour assurer une extraction complète.



Figure15 : l'appareil soxhlet (Photo prise par l'auteur)

Elimination du solvant et pesée l'extrait :

Par distillation sur évaporateur rotatif la majeure partie du solvant contenue dans le ballon est éliminé, il ne reste donc que la matière grasse.



Figure16 : l'appareil rotavap (Photo prise par l'auteur)

Calculée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en huile \%} = [(mf - mi) / me] \times 100$$

mf : masse finale du ballon.

mi : masse de ballon vide.

me : masse initiale de l'échantillon à analyser.

3.5 Dosage des protéines par la méthode de (Lowry et al., 1951):

Principe :

L'extraction et le dosage des protéines ont été réalisés selon la méthode de Lowry, basée sur la réaction des protéines avec les ions cuivre en milieu alcalin suivie de la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu, produisant une coloration bleue mesurée spectrophotométriquement à 750 nm.

Mode opératoire :

extraire les protéines en solution:

Mélange: Agitez 1 g de tourteau délipidé dans 10 à 20 ml d'un tampon d'extraction (ex: NaOH 0,1 N ou tampon phosphate pH 7-8) pendant 1 heure.

Clarification: Centrifugez (ex: 10 000 g pendant 15 min) et récupérez le surnageant limpide pour le dosage.

*Protocole de la Méthode de Lowry

Cette méthode combine la réaction du Biuret et la réduction du réactif de Eglin par les acides aminés aromatiques.

Réactifs nécessaires:

Réactif A: à 2% dans du NaOH 0,1 N.

Réactif B: Mélange de CuSO_4 (0,5%) et de tartrate de sodium et potassium (1%).

Réactif C (Solution de travail): Mélange de 50 ml de réactif A et 1 ml de réactif B (à préparer juste avant l'emploi).

Réactif D: Réactif de Folin-Ciocalteu (dilué de moitié avec de l'eau distillée).

Gamme étalon: Solution d'albumine bovine (BSA) à 0,2 mg/ml.

Étapes du protocole:

1. Préparation des tubes: Dans une série de tubes, introduisez 0,5 ml de vos échantillons (dilués si nécessaire) ou de vos standards de la gamme étalon.
2. Première réaction: Ajoutez 2,5 ml de Réactif C. Mélangez et laissez incuber 10 minutes à température ambiante.
3. Deuxième réaction: Ajoutez rapidement 0,25 ml de Réactif D tout en agitant immédiatement.
4. Incubation finale: Laissez reposer à l'obscurité pendant 30 minutes

5. Lecture : Mesurez l'absorbance au spectrophotomètre à 750nm contre un blanc (eau à la place des protéines).

3.6Détermination du contenu en fibres brutes : (AOAC ,1993)

Principe :

Une solution d'hydroxyde facilite la dissolution des hémicelluloses, tandis que l'acide sulfurique décompose la cellulose et laisse la lignine sous forme de résidus poudreux de couleur brune noir, la méthode d'analyse suivante a été mise en œuvre.

Mode opératoire :

- Les solutions s'acide sulfurique (H_2SO_4) à 1,25 % en 150ml et d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1,25 ont été préparé.
- les deux échantillons ont été broyés et pesé avec une précision de 1g (P0).
- les creusets contenant l'échantillon ont été placés dans l'extracteur des fibres.
- 150ml d'acide sulfurique à 1,25 ont être alors ajoutés dans les 3 colonnes après préchauffage de cette solution afin de réduire le temps nécessaire à l'ébullition.
- après l'ajoute de 3 à 5 gouttes de (n-octanol) (agent anti-moussante) nous avons laissé bouillir pendant exactement 30 min, à partir du début de l'ébullition.
- l'acide sulfurique a été évacue.
- les creusets ont été lavés trois fois avec l'eau distillée chaude, en connectant à chaque fois l'air comprimés pour mélanger le contenu des creusets.
- après avoir vidange le dernier lavage ,150 ml d'hydroxyde de potassium (KOH) à 1 ,25 % préchauffé et 3 à 5 gouttes d'agent anti moussant (n-octanol) ont été ajoutées nous avons ensuite laissé bouillir l'ensemble pendant 30 min.
- après évacuation de la solution de (KOH) les résidus son été lavé 3 fois avec d'eau distillées chaude, en reliant chaque fois à de l'air comprimés pour remuer le contenu du creuset.
- le dernier lavage a été effectué avec de l'eau distillée froide pour permettre aux creusets de refroidir, puis le contenu des creusets son été lavé 3 fois avec d'acétone en ayant mélangé à chaque fois à l'aide de l'aire comprimés.
- après avoir retiré les creusets on a déterminé le poids sec après séchage dans une étuve pendant 30min jusqu'à obtention d'un poids constant (P1), ce poids représente les fibres brutes plus la teneur en cendre en comparaison avec le poids initial.
- les creusets ont été placés dans un four a moufle à 750°C pendant 3h et repeses après refroidissement dans un dessiccateur.
- le résidu restant dans les creusets est pesé (P2).

-la différence des poids représente le contenu en fibre brutes, sans les cendres, en comparaison avec l'étape précédente.

Calculée par la formule suivante :

$$\text{Fibres brutes \%} = (P1 - P2) / P0 \times 100$$

P0 : poids de l'échantillon à analyser.

P1 : poids des creusets + l'échantillon avec l'incinération.

P2 : poids des creusets + l'échantillon après l'incinération.

3.7 Détermination de la teneur en cendres : (Audigié et al., 1980)

Principe :

Les cendres totales sont les résidus minéraux qui subsistent après l'incinération d'un échantillon renfermant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. Cela implique une incinération dans un four à moufle, utilisant des creusets en porcelaine à une température suffisamment élevée pour que les résidus deviennent blancs après refroidissement.

Mode opératoire :

-les récipients vides des deux échantillons ont été pesés (P1) puis additionnés de 1 g d'échantillon (P2).

-l'ensemble a été ensuite introduit dans un four à moufle réglé à 750°C pendant 3h Jusqu'à ce que le contenu ait pris une couleur blanche grisâtre qui, après refroidissement dans un dessiccateur, devient uniquement blanchâtre.

- une dernière pesée des creusets (P3) a été réalisée.

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Cendres \%} = [(P2 - P3) / (P2 - P1)] \times 100$$

P1 : poids du creuset vide.

P2 : poids du creuset + l'échantillon avant l'incinération.

P3 : poids du creuset + l'échantillon après l'incinération.

4. Les analyses sensorielles

Une analyse sensorielle a été réalisée afin d'évaluer les caractéristiques organoleptiques des échantillons. Les dégustateurs ont apprécié les produits selon différents critères, notamment la couleur, l'odeur, la texture, le goût et l'acceptabilité globale. Les observations recueillies ont permis de comparer les différents échantillons et d'apprécier leur qualité sensorielle.

Questionnaire :

L'aspect de la barre est :

- ☐ Très attractif
- ☐ Moyennement attractif
- ☐ Peu attractif

La couleur de la barre est :

- ☐ Uniforme et naturelle
- ☐ Légèrement foncée
- ☐ Non homogène

L'odeur dominante de la barre est :

- ☐ Odeur agréable de dattes
- ☐ Odeur de légumineuses
- ☐ Ne dégage presque pas d'odeur à cause de l'emballage

L'intensité de l'odeur est :

- ☐ Forte
- ☐ Moyenne
- ☐ Faible

La texture de la barre est :

- ☐ Moelleuse
- ☐ Compacte
- ☐ Dure

La mastication est :

- ☐ Facile
- ☐ Moyennement facile
- ☐ Difficile

L'emballage en papier film alimentaire est :

- ☐ Pratique
- ☐ Acceptable
- ☐ Peu pratique

L'emballage protège le produit :

- ☐ Très bien

☐ Moyennement

☐ Faiblement

Le goût dominant de la barre est :

☐ Goût sucré de dattes

☐ Goût équilibré dattes/légumineuses

☐ Goût prononcé de légumineuses

L'appréciation globale du goût est :

☐ Agréable

☐ Acceptable

☐ Peu agréable

Accepteriez-vous de consommer ce produit régulièrement ?

☐ Oui

☐ Peut-être

☐ Non

Informations générales

Âge :

☐ 18–25 ans

☐ 26–35 ans

☐ Plus de 35 ans

Avez-vous déjà consommé des barres énergétiques ?

☐ Oui

☐ Non

Consommez-vous habituellement des barres énergétiques ?

☐ Oui

☐ Non

Consommez-vous des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots...) ?

☐ Régulièrement

☐ Occasionnellement

☐ Rarement

À quelle fréquence consommez-vous des encas énergétiques ?

☐ Quotidiennement

☐ Plusieurs fois par semaine

☐ Occasionnellement

☐ Rarement

☐ Jamais

Dans quelles situations consommez-vous des barres énergétiques ?

☐ Pendant le sport

☐ Après un effort physique

☐ Comme collation

☐ Au petit-déjeuner

Quel critère est le plus important pour vous dans une barre énergétique ?

☐ Le goût

☐ La valeur nutritionnelle

☐ La texture

☐ Les ingrédients naturels

☐ L'emballage

Seriez-vous intéressé(e) par une barre énergétique à base de légumineuses ?

☐ Oui

☐ Peut-être

☐ Non

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

1-Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

-L'humidité :

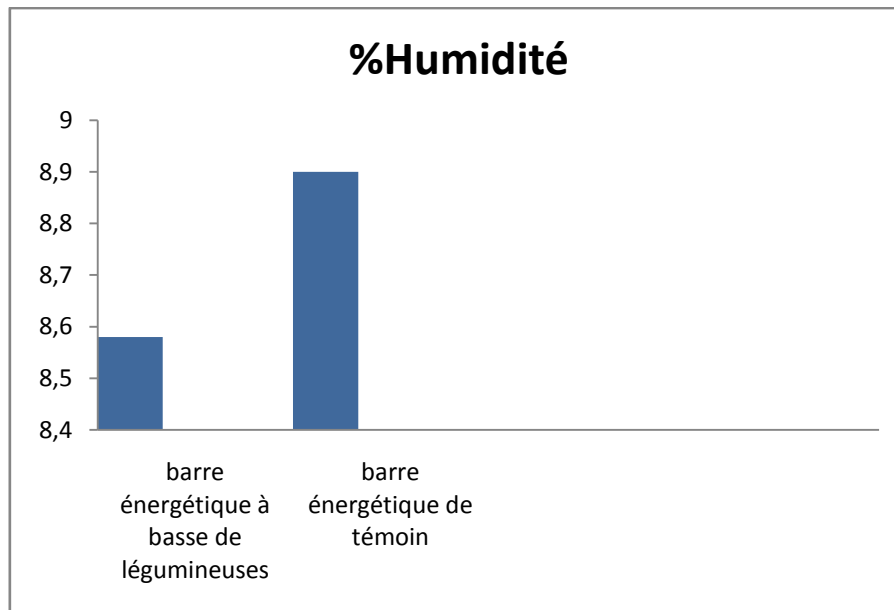


Figure17 : Comparaison du pourcentage de l'humidité entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

La teneur en humidité de la barre énergétique à base de légumineuses (**8,58 %**) est légèrement inférieure à celle du témoin (**8,9 %**), indiquant une bonne stabilité du produit. Ces faibles valeurs d'humidité sont favorables à la conservation, car elles limitent le développement des microorganismes ainsi que les réactions d'altération durant le stockage. Ces niveaux d'humidité sont cohérents avec la composition des barres principalement constituées de dattes (15 à 30% d'humidité) (**Aljaloud et al., 2020**), d'amandes (3 à 6%),(**Massantini et Frangipane ,2022**), de graines de citrouille (<8%) (**Abulude, 2007**) et de principale ingrédient les légumineuses qui pourrait être expliquée par la richesse des lentilles rouges et des pois chiches en protéines et en fibres alimentaires, reconnues pour leurs propriétés fonctionnelles et leur capacité de rétention d'eau dans la matrice alimentaire. Des observations similaires ont été rapportées par **Silvia Lisciani et al ., (2024)**, qui ont souligné l'intérêt technologique des légumineuses dans les formulations alimentaires grâce à leurs propriétés fonctionnelles et nutritionnelles.

-Le pH :

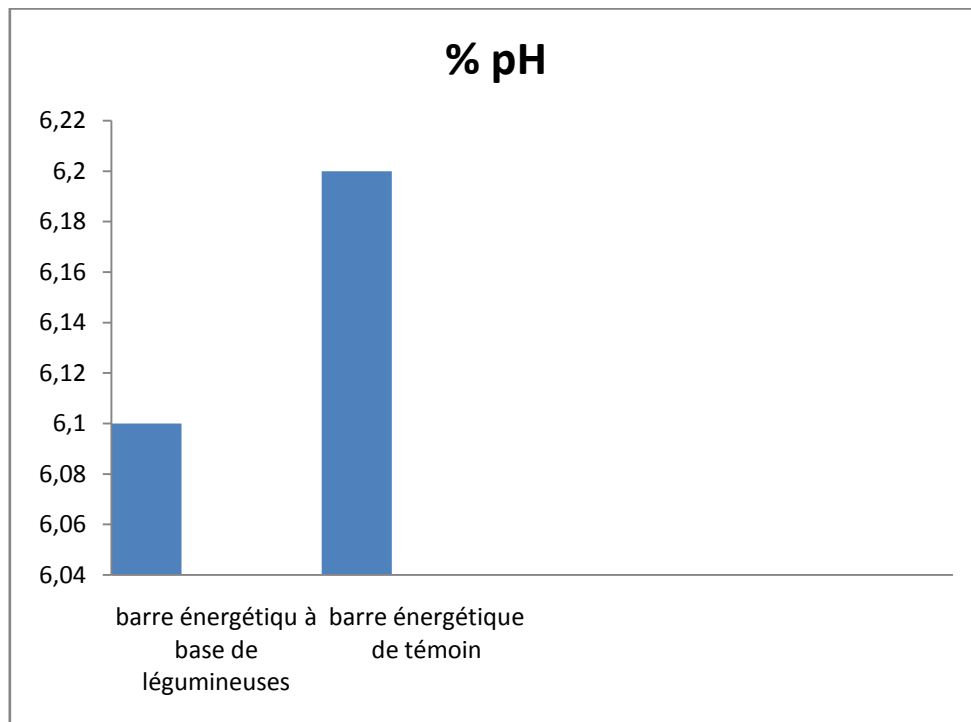


Figure18 : Comparaison du pourcentage de pH entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

Le pH des barres énergétiques constitue un paramètre important influençant la stabilité microbiologique, la conservation et les propriétés sensorielles du produit. Les valeurs de pH rapportées dans les formulations enrichies en protéines végétales et légumineuses sont généralement comprises entre 5,5 et 6,8, traduisant une acidité modérée compatible avec une bonne stabilité du produit (Torbica et al., 2022).

Le pH enregistré pour la barre énergétique à base de légumineuses (6,1) reste très proche de celui du témoin (6,2), ce qui montre que l'incorporation des légumineuses n'a pas modifié de manière importante l'équilibre acido-basique du produit. Ces valeurs, proches de la neutralité, sont généralement recherchées dans les barres énergétiques, car elles contribuent à maintenir la qualité organoleptique et la stabilité du produit au cours du stockage. La légère diminution du pH dans la formulation enrichie en légumineuses pourrait être attribuée à la présence de composés naturels tels que certains acides organiques et composés phénoliques présents dans les lentilles et les pois chiches. Les légumineuses possèdent une composition biochimique riche pouvant influencer les propriétés physicochimiques des aliments dans lesquels elles sont incorporées (FAO 2024).

-Dosage des sucres totaux

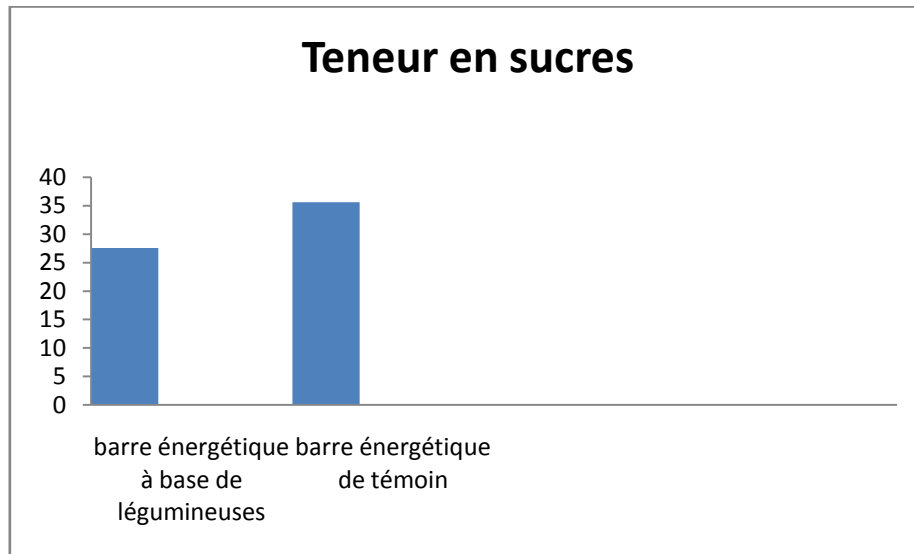


Figure19 : Comparaison du pourcentage de teneur en sucre entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

La teneur en sucres totaux de la barre énergétique à base de lentilles rouges et de pois chiches (27,54 %) reste inférieure à celle du témoin (35,6 %), malgré la présence des dattes dans la formulation. Cette différence peut être expliquée par la richesse des légumineuses en protéines, fibres alimentaires et glucides complexes, qui permettent de réduire la proportion relative des sucres simples dans le produit final. Les dattes constituent néanmoins une source naturelle de sucres, principalement le glucose et le fructose, et contribuent à apporter de l'énergie ainsi qu'une saveur sucrée naturelle aux barres énergétiques. Malgré leur richesse en sucres, plusieurs études ont montré que les dattes présentent un indice glycémique faible à modéré selon la variété, généralement compris entre 35 et 55, ce qui est attribué à leur teneur en fibres alimentaires, composés phénoliques et minéraux capables de moduler la réponse glycémique postprandiale (Ranil Jayawardena et al ., 2020).

Par ailleurs, l'association des dattes avec les légumineuses pourrait contribuer à abaisser davantage l'impact glycémique global du produit grâce à la présence de protéines et de fibres alimentaires reconnues pour ralentir la digestion et l'absorption des glucides. Des observations similaires ont été rapportées dans plusieurs études récentes portant sur les formulations alimentaires fonctionnelles à base de dattes et de légumineuses (Torbica, A et al., 2022). Selon Food and Agriculture Organization (2024), les légumineuses sont reconnues pour leur faible indice glycémique et améliorent la qualité nutritionnelle des

aliments en raison de leur richesse en fibres et en glucides complexes, contribuant à moduler l'impact des sucres dans les formulations alimentaires.

-La teneur en lipides

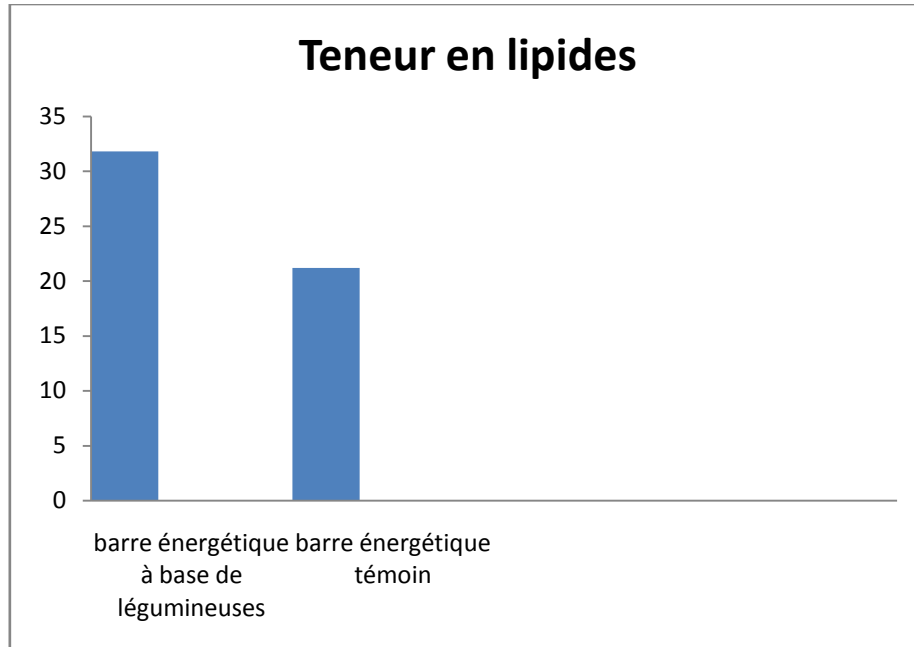


Figure20 : Comparaison du pourcentage de teneur en lipides entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

La teneur en lipides de notre barre énergétique (**31,82 %**) est plus élevée que celle du témoin (**21,2 %**), principalement en raison de l'incorporation du beurre de cacahuète dans la formulation. Cet ingrédient est naturellement riche en matières grasses, ce qui contribue à augmenter la teneur lipidique du produit final. Cette augmentation peut être considérée comme bénéfiques dans une barre énergétique, car les lipides constituent une source concentrée d'énergie et participent à l'amélioration de la texture, de l'onctuosité et de la sensation de satiété. De plus, les matières grasses issues des arachides sont majoritairement composées d'acides gras insaturés, dominés par l'acide oléique (45–72 %) et l'acide linoléique (13–35 %), reconnus pour leur intérêt nutritionnel (**Xinyan Li et al., 2024**).

- La teneur en protéines

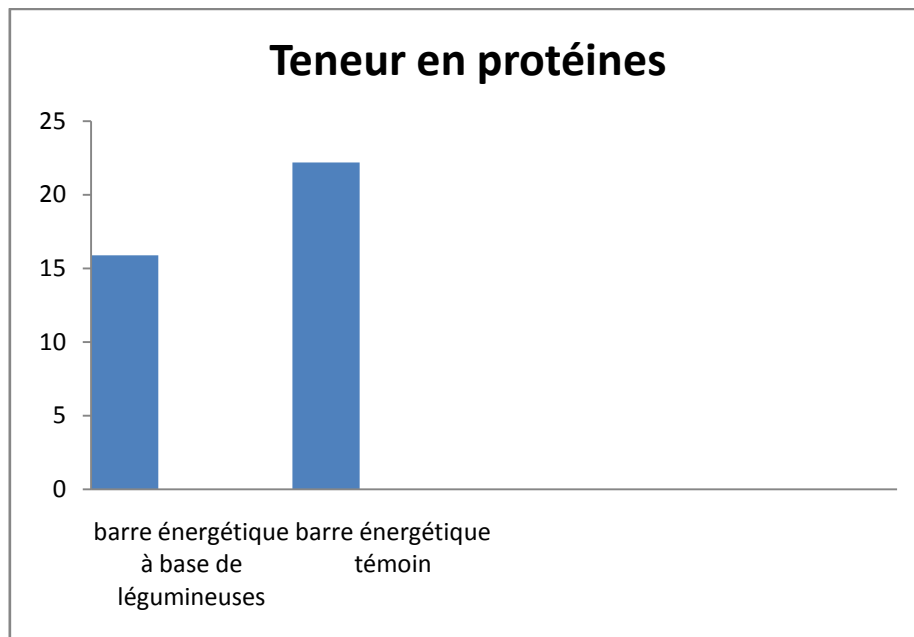


Figure21 : Comparaison du pourcentage de teneur en protéines entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

Malgré une teneur en protéines plus faible dans la barre énergétique à base de lentilles rouges et de pois chiches (**15,89 %**) par rapport au témoin contenant de la whey (**22,2 %**), la formulation à base de légumineuses présente plusieurs avantages nutritionnels et technologiques. En effet, les protéines végétales des lentilles et des pois chiches sont associées à une richesse en fibres alimentaires, minéraux et composés bioactifs, contrairement à la whey qui apporte principalement des protéines. De plus, l'utilisation des légumineuses permet de développer un produit plus naturel et mieux adapté aux consommateurs recherchant des alternatives végétales. La combinaison des protéines végétales avec les autres ingrédients de la formulation contribue également à une libération énergétique progressive et à une meilleure satiété. Les légumineuses représentent une source durable de protéines végétales et améliorent la qualité nutritionnelle globale des produits alimentaires grâce à leur richesse en fibres et micronutriments (**FAO ,2024**).

-Dosage des fibres

Nous avons détecté une concentration un peu plus élevée des fibres brutes dans notre échantillon.

- **Notre produit : 9,98 %**

- **Le témoin : 6,7 %**

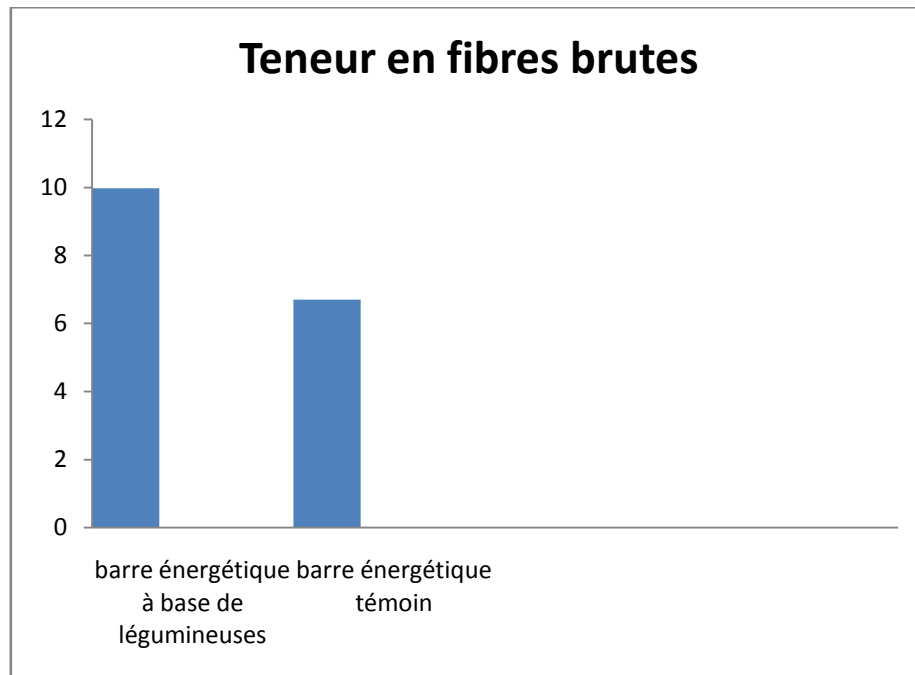


Figure22 : Comparaison du pourcentage de teneur en fibres brutes entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

les barres énergétiques à base de légumineuses présentent un pourcentage plus élevé en fibres brutes **(9,98)** que les barres témoins **(6,7)**. En effet, les lentilles rouges et les pois chiches sont particulièrement riches en fibres alimentaires totales, dont la teneur varie généralement entre 10 et 30 % de la matière sèche, selon l'espèce, les conditions de culture et les procédés de transformation. Ces fibres sont constituées principalement de fibres insolubles (cellulose, hémicelluloses et lignine), qui représentent la fraction majoritaire, ainsi que de fibres solubles (pectines, gommes et oligosaccharides) en proportions plus faibles. **(Schmidt et Oliveira,2023)**. Ces fibres, majoritairement insolubles, contribuent à améliorer la valeur nutritionnelle du produit, à augmenter la satiété et à favoriser le bon fonctionnement du transit intestinal. Cette différence confirme l'intérêt des légumineuses dans les formulations alimentaires pour enrichir les produits en fibres et améliorer leur qualité nutritionnelle. **(Thompson et Diding, 2022)**.

-Les cendres

Les résultats montrent une teneur en cendres pour nos barres énergétique :

Notre produit=2,54%

Produit témoin=2.2%

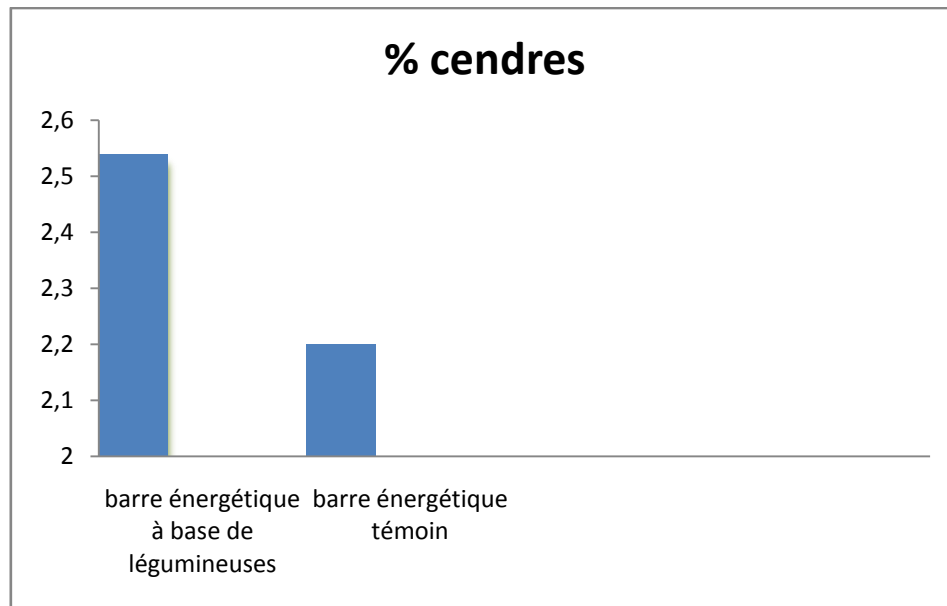


Figure23 : Comparaison du pourcentage de teneur en cendres entre les barres énergétiques à base de légumineuses et les barres énergétiques témoins

Les résultats obtenus montrent que la teneur en cendres est plus élevée dans la barre énergétique à base de légumineuses (**2.54%**) comparée à celles de l'autre (**2.2%**). Cette différence peut être expliquée par la richesse naturelle des légumineuses en minéraux tels que le fer, le magnésium, le potassium et le zinc (**Moussou et al ., 2019**), qui augmentent la teneur en matières minérales du produit final. Les cendres représentent en effet l'ensemble des résidus minéraux obtenus après incinération de la matière organique et constituent un indicateur de la valeur minérale des aliments. Ainsi, l'augmentation de la teneur en cendres dans la formulation à base de lentilles rouges et de pois chiches traduit une amélioration potentielle de la qualité nutritionnelle de la barre énergétique. Des observations similaires ont été rapportées par **Didinger et Thompson (2022)**, qui ont montré que les légumineuses sont naturellement riches en éléments minéraux essentiels contribuant à enrichir la composition nutritionnelle des produits alimentaires.

-Valeur énergétique :

Barres énergétiques (kcl /100g)	Valeur énergétique
Barre énergétique à base de légumineuses	458
Barre énergétique de témoin	422

La valeur énergétique de la barre à base de lentilles rouges et de pois chiches (**458,5 kcal**) est supérieure à celle du témoin (**422 kcal**). Cette augmentation peut être expliquée principalement par la présence du beurre de cacahuète ainsi que par la combinaison des glucides, des lipides et des protéines apportés par les différents ingrédients de la formulation. Une valeur énergétique élevée est recherchée dans les barres énergétiques, car elle permet de fournir une source rapide et durable d'énergie, particulièrement adaptée aux personnes actives et aux sportifs. Malgré une teneur en protéines inférieure à celle du témoin enrichi en whey, la formulation à base de légumineuses présente l'avantage d'associer une densité énergétique élevée à un apport important en fibres alimentaires et en nutriments d'origine végétale. Les légumineuses contribuent à améliorer la densité nutritionnelle et énergétique des produits alimentaires grâce à leur composition riche et équilibrée (**Didinger et Thompson ,2022**).

2- Résultats et discussion de l'analyse sensorielle :

-Aspect :

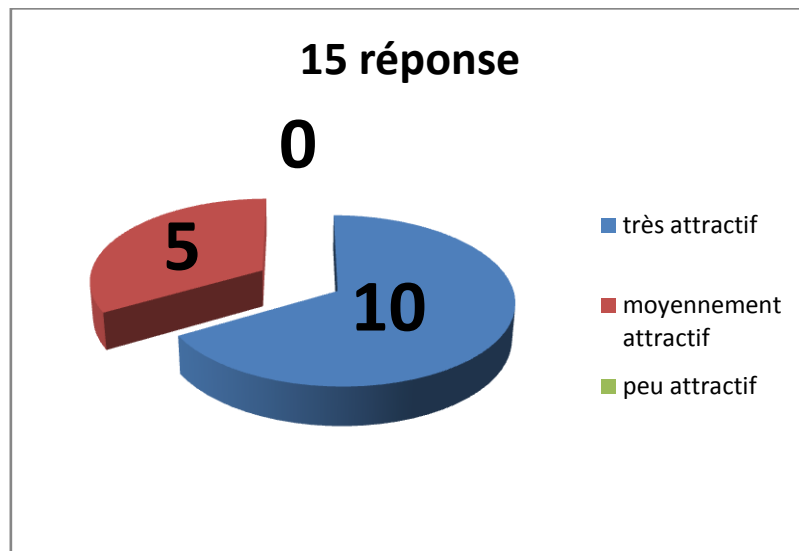


Figure 24 : Répartition des perceptions visuelles (Aspect) des barres énergétiques à base de légumineuses.

Les résultats montrent que la majorité des dégustateurs ont jugé l'aspect de la barre très attractif, tandis qu'un nombre plus faible l'a considéré comme moyennement attractif. Aucun ou très peu de panélistes ne l'ont qualifiée de peu attractive.

Cette appréciation positive peut être attribuée à la forme régulière de la barre ainsi qu'à la présence des ingrédients naturels qui lui confèrent une apparence artisanale et authentique. L'acceptabilité visuelle constitue un facteur déterminant dans le choix des produits alimentaires, car elle influence directement la première impression du consommateur.

-La couleur :

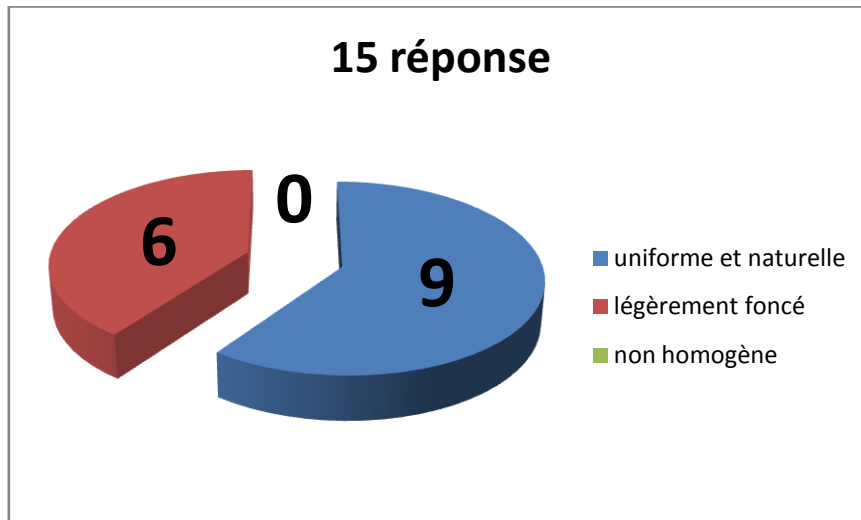


Figure 25 : Répartition des perceptions visuelles (couleur) des barres énergétiques à base de légumineuses

La plupart des participants ont estimé que la couleur était uniforme et naturelle, alors qu'une minorité l'a jugée légèrement foncée. La réponse « non homogène » a été rarement sélectionnée.

Cette coloration peut être expliquée par la présence des dattes et de la poudre de caroube, connues pour leur teinte brune naturelle. L'homogénéité de la couleur traduit une bonne répartition des ingrédients lors du mélange et contribue à l'acceptabilité du produit.

-L'odeur dominante :

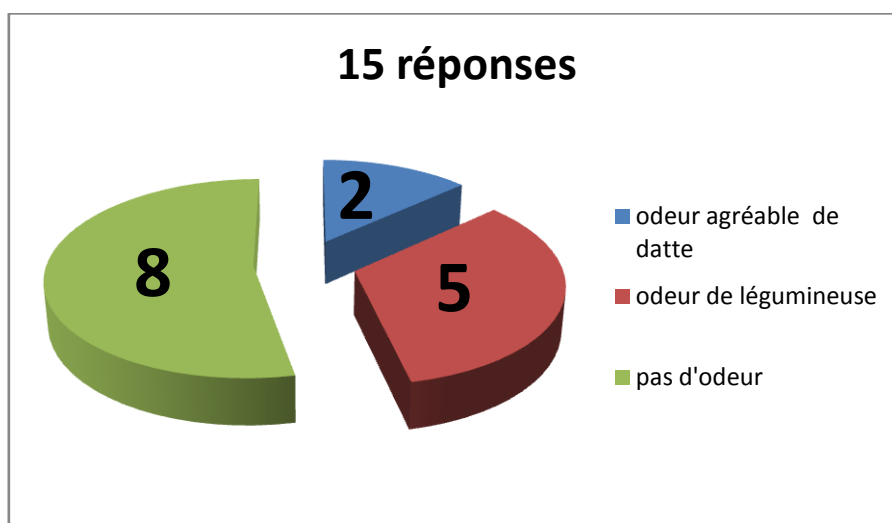


Figure 26 : Perception de l'odeur des barres énergétiques à base de légumineuses par les participants

Les dégustateurs ont principalement identifié une odeur agréable de dattes, tandis qu'une partie d'entre eux a également perçu une odeur de légumineuses. Quelques participants ont indiqué que l'odeur était peu perceptible en raison de l'emballage.

La dominance aromatique des dattes est un résultat favorable puisqu'elle masque partiellement l'odeur caractéristique des légumineuses, souvent moins appréciée par certains consommateurs.

-L'intensité de l'odeur :

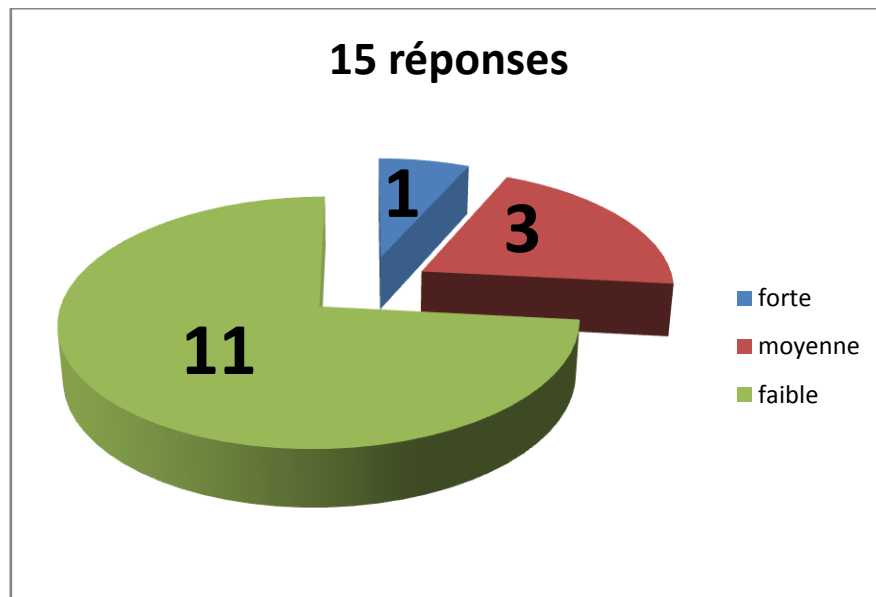


Figure 27 : Perception de l'intensité d'odeur des barres énergétiques à base de légumineuses par les participants

Les réponses indiquent que l'intensité de l'odeur a été perçue comme faible à moyenne, alors que peu de dégustateurs l'ont considérée comme forte.

Cette faible intensité aromatique peut être liée à la nature des ingrédients utilisés ainsi qu'à l'emballage alimentaire qui limite la diffusion des composés volatils. Une odeur modérée est généralement appréciée car elle ne devient pas envahissante pour le consommateur.

-La texture :

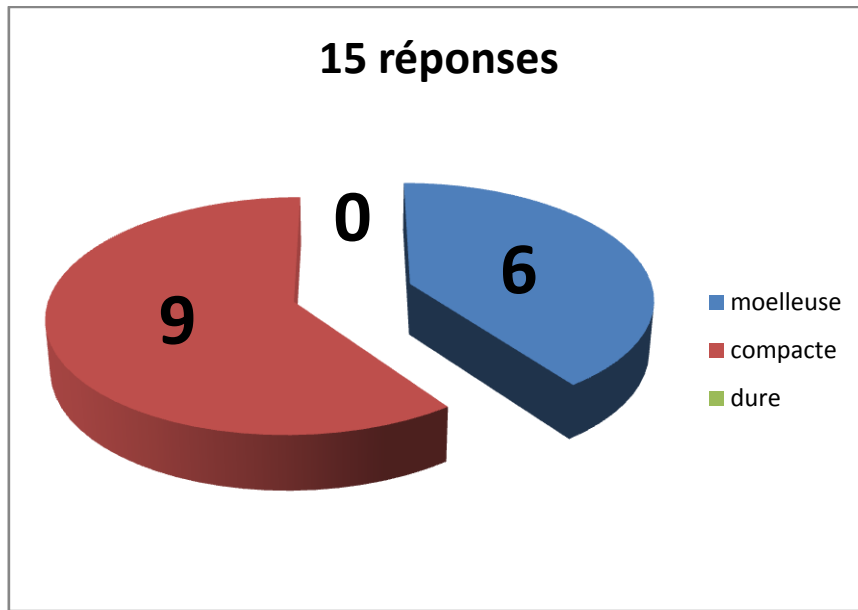


Figure 28 : Perception de la texture des barres énergétiques à base de légumineuses

La texture a été principalement décrite comme moelleuse, avec quelques réponses indiquant une texture compacte, tandis que l'option « dure » a été peu ou pas choisie.

Cette caractéristique est probablement due à la richesse des dattes en sucres naturels et en fibres, qui apportent souplesse et cohésion à la matrice alimentaire. Une texture moelleuse améliore généralement l'acceptabilité sensorielle des barres énergétiques.

-La mastication :

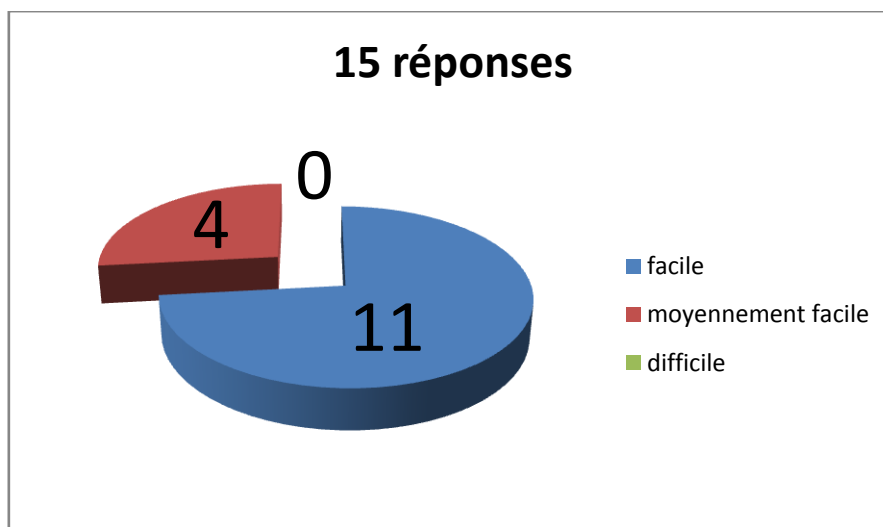


Figure 29 : Perception de mastication des barres énergétiques à base de légumineuses par les dégustateurs

La majorité des dégustateurs ont jugé la mastication facile, alors qu'un nombre réduit l'a considérée comme moyennement facile. Peu de participants l'ont trouvée difficile.

Ce résultat confirme la bonne texture du produit et suggère une adaptation convenable de la formulation. Une mastication facile favorise le confort de consommation et améliore la satisfaction globale.

-Praticité de l'emballage :

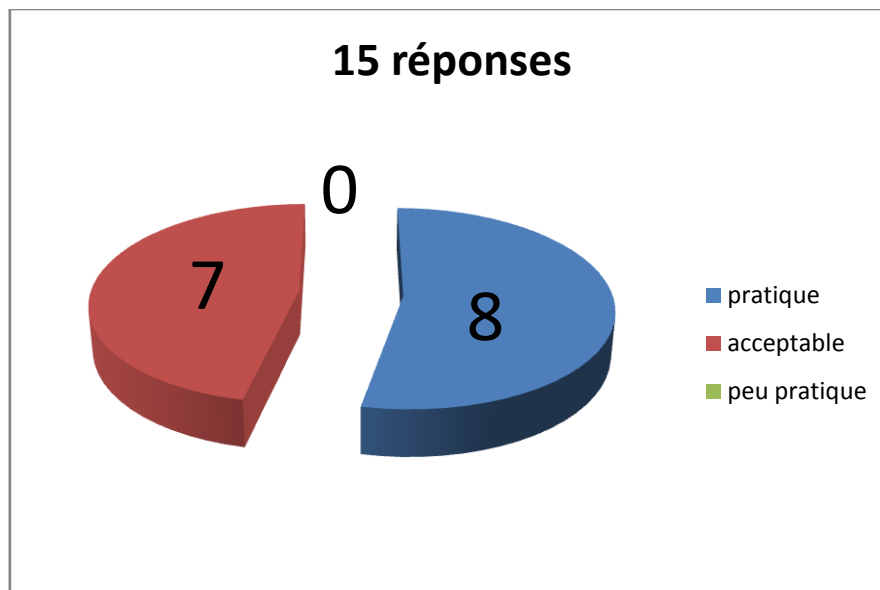


Figure 30 : Répartition de perception de l'emballage (papier film) des barres énergétiques à base de légumineuses

La plupart des panélistes ont considéré l'emballage en film alimentaire comme pratique ou acceptable, tandis que très peu l'ont jugé peu pratique.

Cette appréciation indique que l'emballage répond correctement aux besoins de manipulation et de transport du produit. Cependant, des améliorations pourraient être envisagées pour renforcer son aspect commercial.

-Protection de l'emballage :

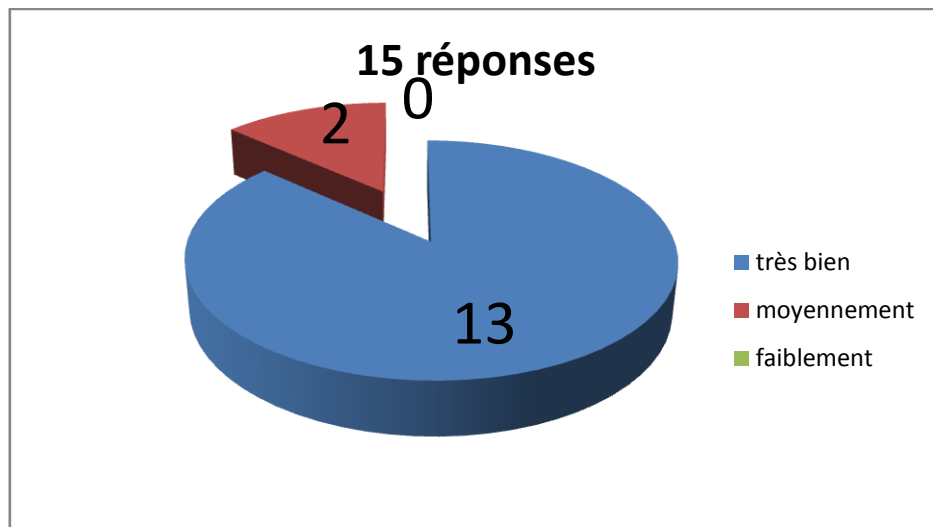


Figure 31 : Répartition de perception de protection de l'emballage (papier film) des barres énergétiques à base de légumineuses

La majorité des dégustateurs ont estimé que l'emballage protégeait le produit très bien, alors qu'une minorité a répondu moyennement.

Ce résultat montre que le conditionnement utilisé est perçu comme efficace pour préserver l'intégrité physique de la barre et limiter les contaminations extérieures.

-Gout dominant :

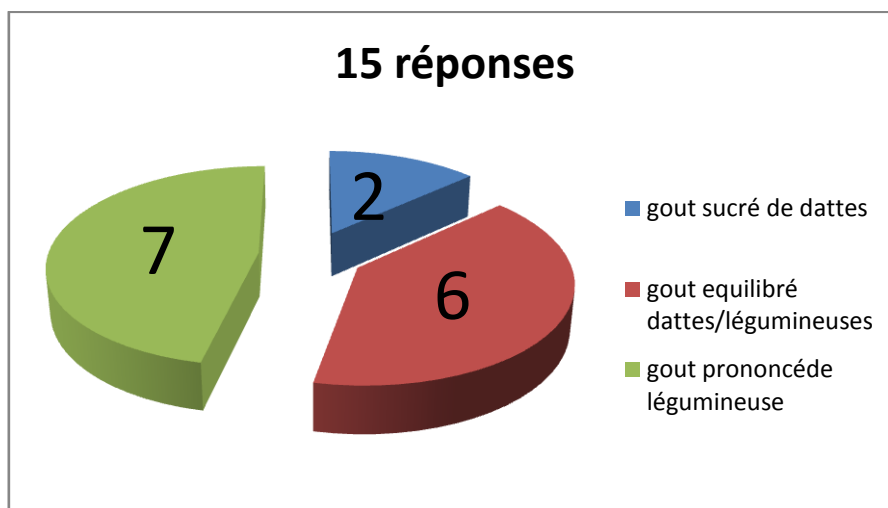


Figure 32 : Perception de goût des barres énergétiques à base de légumineuses

Les réponses révèlent que le goût a été perçu principalement comme un goût équilibré dattes/légumineuses, tandis que certains dégustateurs ont identifié un goût plus marqué de dattes ou de légumineuses.

Cet équilibre est particulièrement intéressant car il permet de bénéficier des qualités nutritionnelles des légumineuses tout en conservant une saveur agréable grâce aux dattes.

-Appréciation globale du gout :

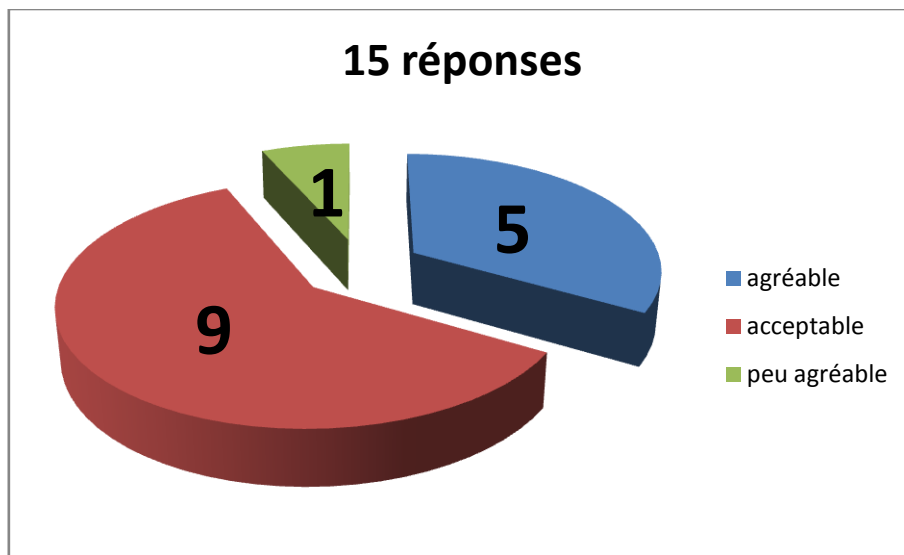


Figure 33 : Répartition de l'appréciation globale du goût

La majorité des participants ont qualifié le goût de la barre d'agréable ou d'acceptable, alors que très peu l'ont trouvé peu agréable.

Cette appréciation positive témoigne de la réussite de la formulation et de la bonne combinaison des ingrédients utilisés.

-Intention de consommation régulière : « Accepteriez-vous de consommer ce produit régulièrement ? »

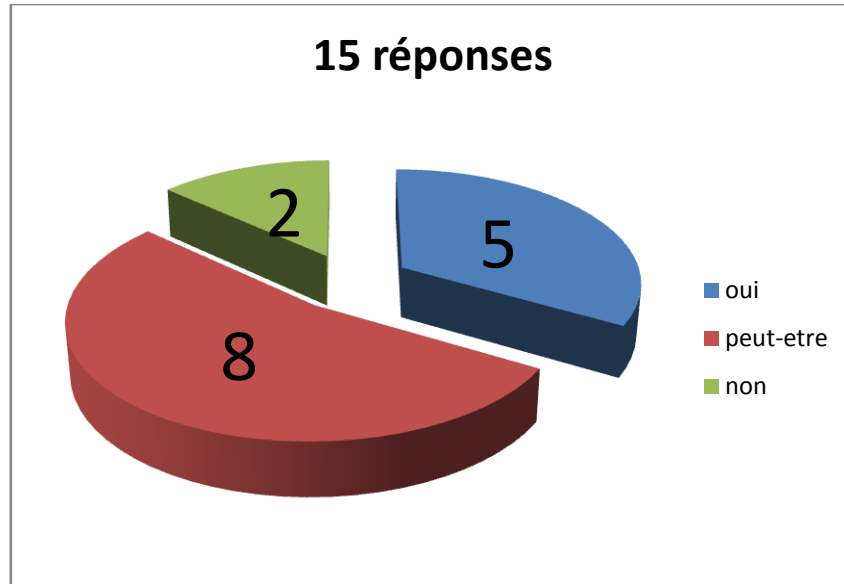


Figure 34 : Répartition des réponses :Accepteriez-vous de consommer ce produit régulièrement ?

La plupart des dégustateurs ont répondu oui ou peut-être à la question concernant une consommation régulière du produit, tandis qu'un faible nombre a répondu non.

Ces résultats traduisent un potentiel d'acceptation favorable auprès des consommateurs. La combinaison d'un bon profil sensoriel et d'un intérêt nutritionnel élevé constitue un atout pour la valorisation de cette barre énergétique à base de légumineuses.

3-Résultats et discussion de questionnaire :

Informations générales :

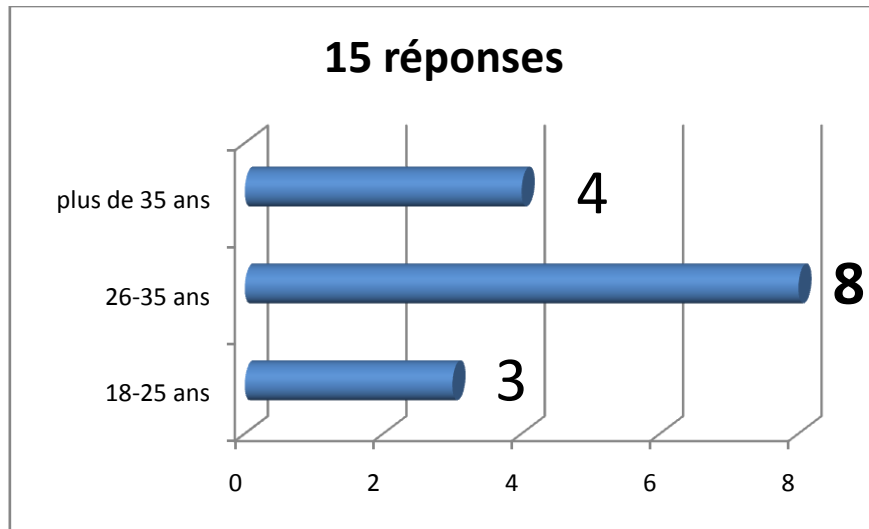


Figure 35 :Répartition sur informations générales

La majorité des participants appartiennent à la tranche d'âge de 18 à 25 ans, suivie de celle de 26 à 35 ans, tandis que les personnes de plus de 35 ans sont moins représentées.

Cette distribution indique que les jeunes adultes constituent la principale cible potentielle des barres énergétiques. En effet, cette catégorie de population recherche souvent des aliments pratiques, rapides à consommer et adaptés à un mode de vie actif.

Avez-vous déjà consommé des barres énergétiques ?

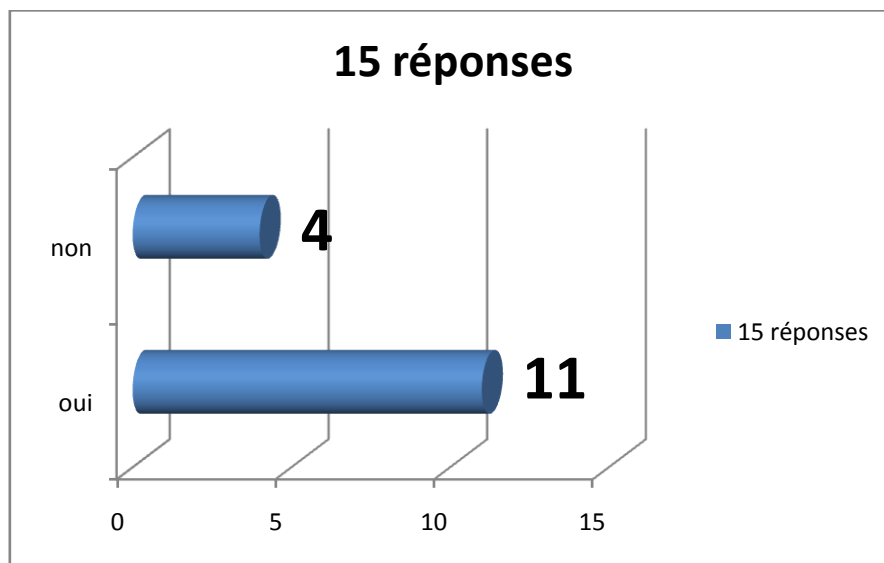


Figure 36 : Répartition des réponses Avez-vous déjà consommé des barres énergétiques

La majorité des répondants déclarent avoir déjà consommé des barres énergétiques, alors qu'une minorité n'en a jamais consommé.

Ce résultat montre que les participants sont déjà familiers avec ce type de produit, ce qui rend leurs évaluations plus pertinentes puisqu'ils peuvent comparer la barre proposée à d'autres produits similaires disponibles sur le marché.

Consommez-vous habituellement des barres énergétiques ?

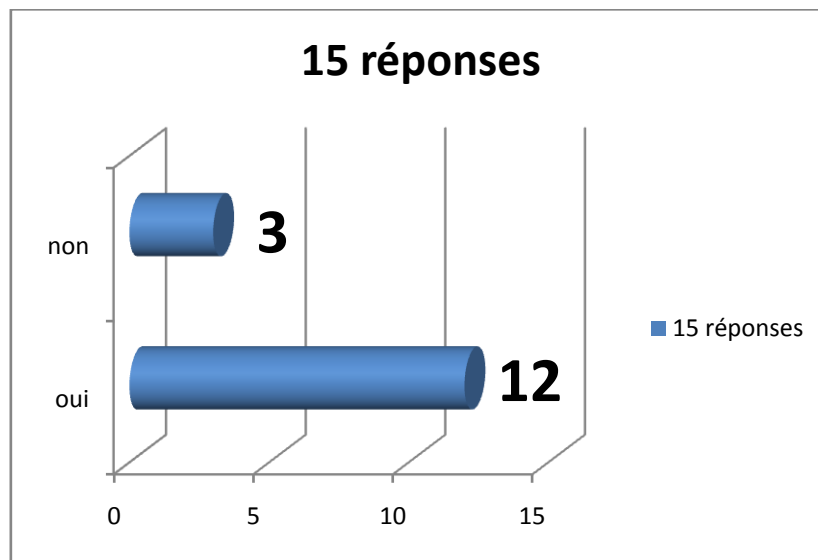


Figure 37 : Répartition des réponses Consommez-vous habituellement des barres énergétiques

Bien que plusieurs participants aient déjà consommé des barres énergétiques, la consommation régulière semble moins fréquente.

Cela suggère que les barres énergétiques restent un produit occasionnel pour de nombreux consommateurs. Cette situation peut être liée au prix, aux habitudes alimentaires ou à la disponibilité limitée de produits répondant aux attentes nutritionnelles des consommateurs.

Consommez-vous des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots...) ?

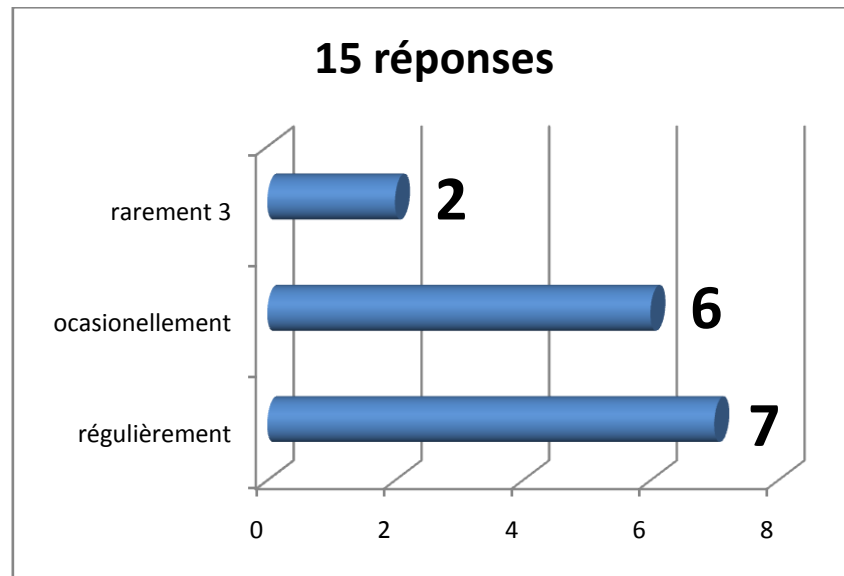


Figure 38 :Répartition des réponses Consommez-vous des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots...) ?

Les résultats montrent qu'une grande majorité des participants consomment régulièrement des légumineuses, tandis que peu de personnes déclarent en consommer rarement.

Cette tendance est particulièrement favorable puisque les légumineuses sont largement reconnues pour leur richesse en protéines végétales, fibres, vitamines et minéraux. Leur consommation régulière indique une bonne acceptation culturelle et alimentaire de ces ingrédients.

À quelle fréquence consommez-vous des encas énergétiques ?

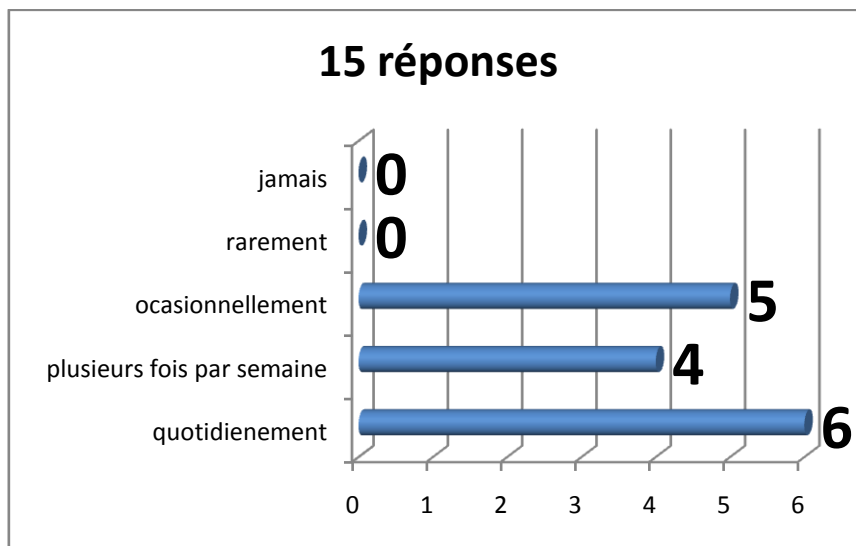


Figure 39 :Répartition des réponses À quelle fréquence consommez-vous des encas énergétiques ?

La majorité des répondants consomment des encas énergétiques de manière occasionnelle ou plusieurs fois par semaine, tandis que la consommation quotidienne reste limitée.

Ces résultats montrent que les encas énergétiques sont principalement utilisés comme compléments alimentaires lors de besoins spécifiques plutôt que comme aliments consommés systématiquement chaque jour.

Dans quelles situations consommez-vous des barres énergétiques ?

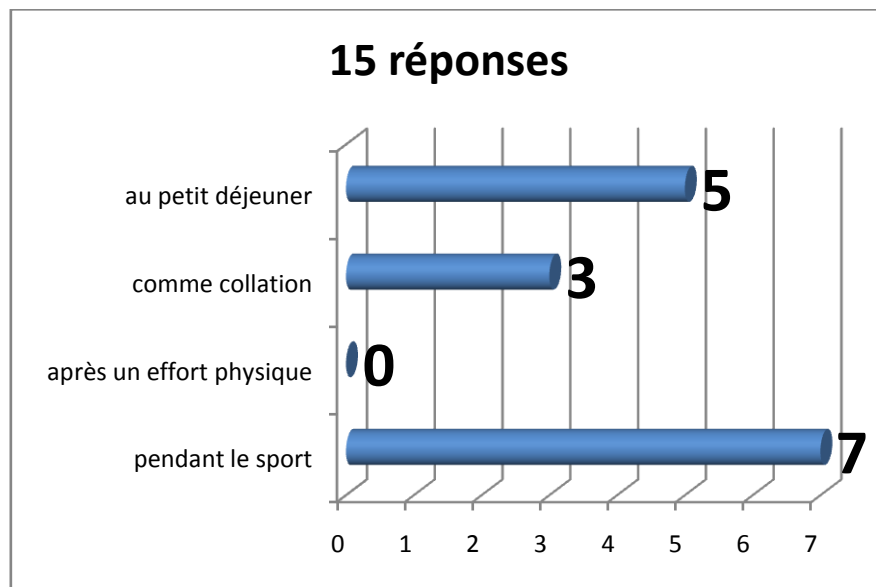


Figure 40 : Répartition des réponses Dans quelles situations consommez-vous des barres énergétiques ?

Les résultats du questionnaire montrent que les barres énergétiques sont consommées dans différentes situations de la vie quotidienne. La majorité des participants les privilégient comme collation, tandis qu'une partie d'entre eux les consomme également au petit-déjeuner, après un effort physique ou pendant une activité sportive. Cela indique que les consommateurs apprécient ce type de produit pour sa praticité et sa capacité à fournir rapidement de l'énergie dans différentes situations du quotidien. Cette diversité d'utilisation souligne l'intérêt potentiel d'une barre énergétique à base de légumineuses.

Quel critère est le plus important pour vous dans une barre énergétique ?

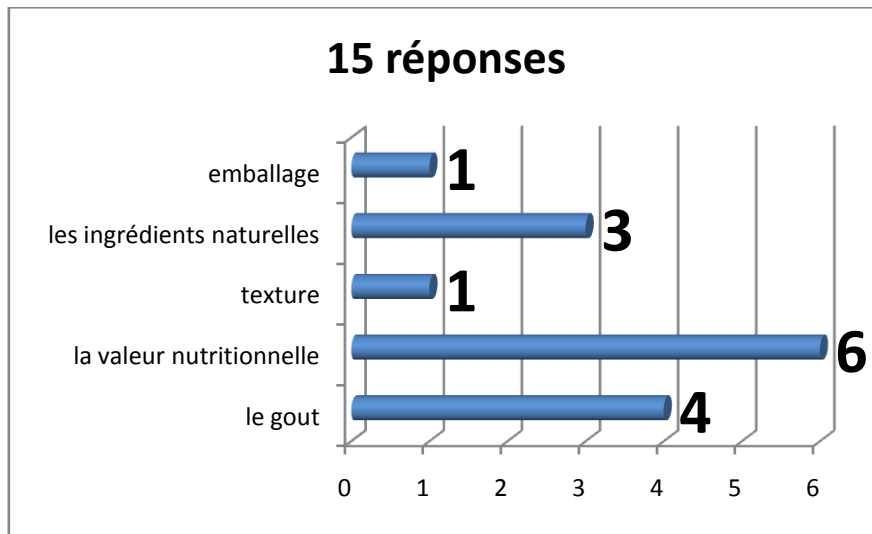


Figure 41 :Répartition des réponses Quel critère est le plus important pour vous dans une barre énergétique ?

Parmi les critères proposés, les participants accordent une importance particulière :

Au goût

À la valeur nutritionnelle

Aux ingrédients naturels.

La texture et l'emballage semblent également importants mais dans une moindre mesure.

Ces résultats montrent que les consommateurs recherchent aujourd'hui des produits à la fois agréables à consommer et bénéfiques pour la santé. La présence d'ingrédients naturels constitue également un argument de plus en plus valorisé.

Seriez-vous intéressé(e) par une barre énergétique à base de légumineuses ?

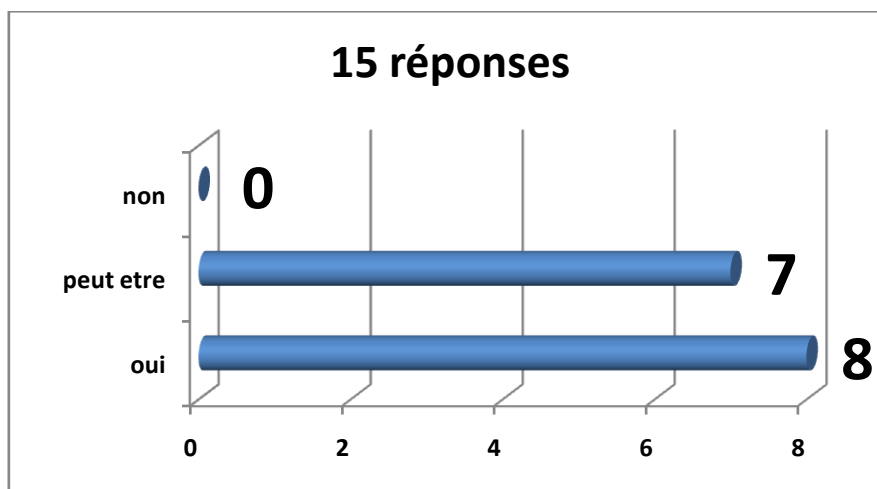


Figure 42 :Répartition des réponses Seriez-vous intéressé(e) par une barre énergétique à base de légumineuses ?

La majorité des répondants se déclarent intéressés ou potentiellement intéressés par une barre énergétique à base de légumineuses, tandis que très peu expriment un refus.

Cette acceptation positive peut être expliquée par la notoriété des légumineuses comme source de protéines végétales et de fibres. Elle témoigne également d'une ouverture des consommateurs envers des produits innovants offrant des avantages nutritionnels supplémentaires.

Conclusion

Malgré la croissance continue du marché des barres énergétiques à l'échelle mondiale, l'offre de produits formulés à partir de légumineuses demeure encore limitée dans de nombreux pays, notamment en Algérie. Cette situation met en évidence l'intérêt du développement de nouvelles formulations innovantes permettant de valoriser les ressources agricoles locales tout en répondant aux attentes croissantes des consommateurs en matière d'alimentation saine, pratique et nutritive.

Au terme de ce travail, nous avons pu élaborer une barre énergétique à base de légumineuses, principalement de pois chiches et de lentilles rouges, dans le but de proposer un produit à la fois nutritif, énergétique et bénéfique pour la santé. Ce projet nous a permis de mettre en valeur l'intérêt des légumineuses dans le domaine agroalimentaire grâce à leur richesse en protéines, fibres et autres éléments nutritifs essentiels.

Les résultats obtenus à travers les différentes analyses réalisées ont montré que la barre élaborée possède des caractéristiques nutritionnelles satisfaisantes avec une teneur faible en sucres (**27,54 %**), les lipides (**31,82 %**), (**15,89 %**), les fibres (**9,98 %**), les cendres (**2.54%**), ainsi qu'une valeur énergétique importante(**458**). La comparaison avec le produit témoin a également permis de constater que notre formulation présente des qualités intéressantes, notamment sur le plan nutritionnel.

Par ailleurs, l'évaluation sensorielle a montré une appréciation favorable du produit par les dégustateurs, particulièrement en ce qui concerne le goût, la texture et l'aspect général. Ces résultats démontrent qu'il est possible de développer une barre énergétique saine et acceptable en utilisant des ingrédients simples et naturels.

Ce travail nous a également permis d'acquérir des connaissances pratiques et scientifiques dans le domaine de la formulation alimentaire, des analyses physicochimiques et de l'évaluation sensorielle. Il met en évidence l'importance de la valorisation des ressources végétales locales dans la conception de nouveaux produits alimentaires.

Enfin, cette étude pourrait être approfondie par des recherches complémentaires portant sur l'amélioration de la conservation, l'optimisation de la formulation ou encore l'enrichissement de la barre avec d'autres ingrédients fonctionnels afin de répondre davantage aux besoins nutritionnels des consommateurs.

Références bibliographiques

- Abdallah, E. M., Alhudhaibi, A. M., Alrefai, A., & Jan, H. (2026). Date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.): Nutrition, phytochemistry, and translational gaps in reported bioactivities—A critical narrative review. *Frontiers in Plant Science*, 17, 1806447.
- Ahrens, S., Zannini, E. & Arendt, E.K. (2024). Role of Food Processing and Incorporating Legumes in Food Products to Increase Protein Intake and Enhance Satiety. *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104466.
- Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887.
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005).
- Alfheaid, H. A., Barakat, H., Althwab, S. A., Musa, K. H., & Malkova, D. (2023). Nutritional and physicochemical characteristics of innovative high-energy and protein fruit- and date-based bars. *Foods*, 12(14), 2777. <https://doi.org/10.3390/foods12142777>
- Ali, R. F. M., & El-Anany, A. M. (2025). From traditional fruit to modern functional food: chemical constituents, bioactive compounds, and therapeutic applications of Sukkari date palm (*Phoenix dactylifera*): a review. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1651121. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1651121>
- Aljaloud, S., Colleran, H. L., & Ibrahim, S. A. (2020). Nutritional value of date fruits and potential use in nutritional bars for athletes. *Food and Nutrition Sciences*, 11, 463–480.
- AlJaloudi, R., Al-Dabbas, M. M., Hamad, H. J., Amara, R. A., Al-Bashabsheh, Z., Abughoush, M., Choudhury, I. H., Al-Nawasrah, B. A., & Iqbal, S. (2024). Development and characterization of high-energy protein bars with enhanced antioxidant, nutritional, physical, and sensory properties. *Foods*, 13(2), 259. <https://doi.org/10.3390/foods13020259>.
- Al-Karmadi & Okoh (2024) An Overview of Date (*Phoenix dactylifera*) Fruits as an Important Global Food Resource *Foods*, 2024 <https://doi.org/10.3390/foods13071024>
- Alu'datt et al. (2025) Date palm (*Phoenix dactylifera*) bioactive constituents and their applications...

-
- Arshad, Z., Shahid, S., Hasnain, A., Yaseen, E., & Rahimi, M. (2025). Functional foods enriched with bioactive compounds: Therapeutic potential and technological innovations. *Food Science & Nutrition*, 13.
- Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Research International*, 44(7), 1812–1822.
- Barakat, H., & Almutairi, A. S. M. (2024). The organoleptic and nutritional characteristics of innovative high-fiber khalas date-based bar. *Italian Journal of Food Science*, 36(2), 13–29.
- Barakat, H., Alfheaid, H. A., Aljutaily, T., Alayouni, R., Alharbi, H. F., & Alsanei, W. A. (2025). Elucidating the nutritional profile and biochemical characterization of high-energy nutritional bar formulated with Sukkari date paste and mixed nuts. *Foods*, 14(21), 3661.
- Baria, R., & Chauhan, N. S. (2025). Influence of agronomic and environmental factors on the nutritional composition and functional properties of faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientific Reports*, 15, 7390.
- Boukid, F., Rosell, C. M., & Castellari, M. (2021). Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 729–742.
- Bourekoua, H., Djeghim, F., Ayad, R., Benabdelkader, A., Bouakkaz, A., Dziki, D., & Różyło, R. (2023). Development of energy-rich and fiber-rich bars based on puffed and non-puffed cereals. *Processes*, 11(3), 813.
- Bryant, C. J. (2022). Plant-based animal product alternatives are healthier and more environmentally sustainable than animal products. *Future Foods*, 6, 100174.
- Chamoun, D., Duncan, A.M., Lukus, P.K., Loreto, M.D., Pals-Horne, F., Hawke, A. & Ramdath, D.D. (2024). Postprandial Blood Glucose and Insulin Response in Healthy Adults When Lentils Replace High-Glycemic Index Food Ingredients in Muffins, Chilies and Soups. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman.
- Devkota, H.P., et al. (2025). Legume Protein Composition Influences Texturization During High Temperature Protein-Starch Complexation. *Food Hydrocolloids*, 111213. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111213>
- Duan, X., et al. (2026). Functional foods: A review of food ingredients and their health benefits. *Food and Humanity*, 6, 100953.

-Faris, M. A. E., Takruri, H. R., & Issa, A. Y. (2013). Role of lentils (*Lens culinaris* L.) in human health and nutrition: A review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 6(1), 3–16.

-Fonseca Hernandez, D., Mojica, L. & Gonzalez de Mejia, E. (2024). Legume-derived bioactive peptides: role in cardiovascular disease prevention and control. *Current Opinion in Food Science*, 56, 101132.
Foods, 11(22), 3631.

-Gill, A., Singh, A. K., Meena, G. S., & Vashisht, P. (2024). Utilization of milk powders and protein concentrates in the formulation of novel composite cereal-based functional energy bars. *International Journal of Agriculture and Food Science*, 6(1), 9–14.

-Guo, F., Danielski, R., Santhiravel, S. & Shahidi, F. (2024). Unlocking the Nutraceutical Potential of Legumes and Their By-Products. *Antioxidants*, 13(6), 636.

Helena de Oliveira SchmidtAndViviani Ruffo de Oliveira. Overview of the Incorporation of Legumes into New Food Options: An Approach on Versatility, Nutritional, Technological, and Sensory Quality. *Foods* 2023, 12(13), 2586., <https://doi.org/10.3390/foods12132586>

Hernández-Ruiz, R.G. et al. (2025). Phenolic Compounds and Anthocyanins in Legumes and Their Impact on Inflammation, Oxidative Stress, and Metabolism: Comprehensive Review

-Hewage, A. S., Olatunde, O. O., & Nimalaratne, C. (2022). Novel extraction technologies for developing plant protein ingredients with improved functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 492–511.

-Hossain, M.A., Soni, K., Agyei, D., Kebede, B. & Reynolds, A.N. (2025). Legume intakes on cardiometabolic profile and gut microbiome function: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials. *European Journal of Nutrition*, 64(1), 60
International Food Research Journal, 26(4), 1339–1349.

-Jaouhari, Y., Disca, V., Ferreira-Santos, P., Alvaredo-López-Vizcaíno, A., Travaglia, F., Bordiga, M., & Locatelli, M. (2024). Valorization of Date Fruit (*Phoenix dactylifera* L.) as a Potential Functional Food and Ingredient: Characterization of Fiber, Oligosaccharides, and Antioxidant Polyphenols. *Molecules*, 29(19), 4606. *Journal : Molecules (MDPI)*, 30(1), 174
Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(19), 7592–7599

-
- Khoo, L. Y., & Azlan, A. (2026). A narrative review of food bar composition to address energy and protein deficits in stunted children. *Food Production, Processing and Nutrition*, 8, 18.
- Kumar, M., Tomar, M., Punia Bangar, S., Dhakane-Lad, J., Dhumal, S., Changan, S.Kennedy, J. F. (2021). Plant-based proteins and their multifaceted industrial applications.
- Laouini, S. E. (2014). Étude phytochimique et activité biologique d'extraits des feuilles de *Phoenix dactylifera* L. dans la région du Sud d'Algérie (région d'Oued Souf) (Thèse de doctorat en chimie industrielle). Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie
- Lisciani, S., Marconi, S. & Le Donne, C. (2024). Legumes and Common Beans in Sustainable Diets: Nutritional Quality, Environmental Benefits, Spread and Use in Food Preparations. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232>
- Los, F. G. B., Zielinski, A. A. F., Wojeicchowski, J. P., Nogueira, A., & Demiate, I. M. (2018). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63–71. *LWT – Food Science and Technology*, 154, 112620.
- Magrini, M.-B., & Bedoussac, L. (2024). Les légumineuses. *Dictionnaire d'agroécologie*.
- Maqsood, S., Adiamo, O., Ahmad, M., & Mudgil, P. (2020). Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. *Food Chemistry*, 308, 125522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125522>
- Massantini, R., & Frangipane, M. T. (2022). Progress in almond quality and sensory assessment: An overview. *Agriculture*, 12(5), 710
- Moussou, N., Ouazib, M., Wanasundara, J. P. D., Zaidi, F., & Rubio, L. A. (2019).
- Multescu, M., Culetu, A. & Susman, I.E. (2024). Screening of the Nutritional Properties, Bioactive Components, and Antioxidant Properties in Legumes. *Foods*, 13(22), 3528.
- Muñoz-Pina, S., Khvostenko, K., García-Hernández, J., Heredia-Gutiérrez, A. B., & Andrés, A. (2024). In vitro digestibility and angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activity of solid-state fermented fava beans (*Vicia faba* L.). *Food Chemistry*, 455, 139867.
- Náthia-Neves, G., Getachew, A.T., Santana, Á.L. & Jacobsen, C. (2025). Legume Proteins in Food Products: Extraction Techniques, Functional Properties, and Current Challenges. *Foods*, 14(9), 1626. <https://doi.org/10.3390/foods14091626>

-
- Noorbakhsh, H., & Rabbani Khorasgani, M. (2023). Functional and chemical properties of *Phoenix dactylifera* L. polysaccharides and the effect of date flesh and seed intervention on some blood biomarkers: A contrastive analysis. *Food Chemistry: X*, 19, 100834.
- Olagunju, A. I., Arigbede, T. I., Makanjuola, S. A., & Oyeboode, E. T. (2022). Nutritional compositions, bioactive properties, and in-vivo glycemic indices of amaranth-based optimized multigrain snack bar products. *Measurement: Food*, 7, 100039.
- Olas, B. (2025). The Cardioprotective Properties of Pulses and the Molecular Mechanisms of Their Action. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(5), 1820.
- Ouamnina, A., Alahyane, A., Elateri, I., Boutasknit, A., & Abderrazik, M. (2024). Relationship between Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Some Moroccan Date Palm Fruit Varieties (*Phoenix dactylifera* L.): A Two-Year Study. *Plants*, 13(8), 1119.
- Perrone, S. M., Fabricio, M. F., Ourique, L. J., et al. (2026). Dynamic changes in physicochemical, antioxidant, and aromatic profiles during fermentation of pea extract (*Pisum sativum* L.) by lactic acid bacteria. *European Food Research and Technology*, 252, 163.
- Rahate, K. A., Madhumita, M., & Prabhakar, P. K. (2021). Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. *LWT – Food Science and Technology*, 138, 110796.
- Rajabi, F. (2017). High protein bars based on whey proteins. Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences (NMBU), Ås, Norway.
- RanilJayawardena et al. (2020). Glycemic index of date fruits: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition and Health*.
- Rodríguez-García, J., Puig, A., Serra, X., & Hernández, J. (2019). Physicochemical and sensory properties of high-energy cereal bars formulated with different ingredients. *Heliyon*, 5(8), e02217.
- Samakradhamrongthai, R. S., Jannu, T., & Renaldi, G. (2021). Physicochemical properties and sensory evaluation of high energy cereal bar and its consumer acceptability. *Heliyon*, 7(8), e07776.
- Sharma, M., & Shankar, P. (2025). Fortification and nutritional profiling of sports bars enriched with *Prosopis cineraria* (Sangria). *Asian Journal of Food Research and Nutrition*, 4(3), 720–735.

-
- Shea, Z., Granja, M.O., Fletcher, E.B., Zheng, Y., Bewick, P., Wang, Z., Singer, W.M. & Zhang, B. (2024). A Review of Bioactive Compound Effects from Primary Legume Protein Sources in Human and Animal Health. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(5), 4203–4233.
- Singh, N., Singh, G., & Khanna, V. (2016). Growth of lentil (*Lens culinaris* Medikus) as influenced by phosphorus, Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria. *Indian Journal of Agricultural Research*, 50(6), 567–572.
- Smýkal, P., Coyne, C. J., Ambrose, M. J., Maxted, N., Schaefer, H., Blair, M. W., Berger, J., Greene, S. L., Nelson, M. N., Besharat, N., Vymyslický, T., Toker, C., Saxena, R. K., Roorkiwal, M., Pandey, M. K., Hu, J., Li, Y. H., Wang, L. X., Guo, Y., Qiu, L. J., Redden, R. J., & Varshney, R. K. (2015). Legume Crops Phylogeny and Genetic Diversity for Science and Breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1–3), 43–104. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Pulses: Nutritious seeds for a sustainable future. FAO. <https://doi.org/10.4060/i5528e>
- Tachie, C., Nwachukwu, I. D., & Aryee, A. N. A. (2023). Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 16.
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2026). Soybean (*Glycine max*). Encyclopaedia Britannica.
- Torbica, A., Belović, M., & Tomić, J. (2022). Development of ready-to-eat organic protein snack bars: Assessment of physicochemical, nutritional and sensory properties. *Foods*, 11(22), 3631.
- Tormási, J., Benes, E., Kónya, É. L., Berki, M., & Abrankó, L. (2025). Evaluation of protein quantity and protein nutritional quality of protein bars with different protein sources. *Scientific Reports*, 15, 9388.
- Varela, P., Fiszman, S. M., & others. (2021). Understanding consumers' perception of snack bars: Influence of texture, taste and health cues on acceptability. *Food Quality and Preference*, 91, 104200.
- Wu, D.-T., Li, W.-X., Wan, J.-J., Hu, Y.-C., Gan, R.-Y., & Zou, L. (2023). A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications. *Foods*, 12(13), 2527.

Xinyan Liu, Xuchun Zhu, Xuchun Zhu, Zhaowei Han and Hongzhi Liu. 2024. Recent Advances in the Mechanisms of Quality Degradation and Control Technologies for Peanut Butter: A Literature Review. *Foods* 2025, 14(1), 105., <https://doi.org/10.3390/foods14010105>

-Yahiaoui, K., Lefkir, S., Laoufi, R., Youyou, S., & Hamdis, N. (2023). Formulation of a date-based energy bar. In *Proceedings of the ARFSHE 2023 Conference* (Annaba, Algeria), pp. 123. University of Boumerdès, Algeria.

You, X.-Y., Ding, Y., Bu, Q.-Y., Wang, Q.-H., & Zhao, G.-P. (2024). Nutritional, textural, and sensory attributes of protein bars formulated with mycoproteins. *Foods*, 13(5), 671.

-Younis, M., Ahmed, K. A., Ahmed, I. A. M., Yehia, H. M., Abdelkarim, D. O., Alhamdan, A., & Elfeky, A. (2024). Optimization and Storage Stability of Milk–Date Beverages Fortified with Sukkari Date Powder. *Processes*, 12(8), 1739.

-Zhang, W., Boateng, I.D., Xu, J. & Zhang, Y. (2024). Proteins from Legumes, Cereals, and Pseudo-Cereals: Composition, Modification, Bioactivities, and Applications. *Foods*, 13(13), 1974. <https://doi.org/10.3390/foods13131974>

-Zomeño, M.-D., Tello, S., Pérez-Vega, K. A., Pastor, A., López-Roura, M., Subirana, I., Muñoz-Aguayo, D., Blanchart, G., Cabañero, M., Hernando-Rodríguez, J., Goday, A., Schröder, H., & Fitó, M. (2024). Effect on satiety-related biomarkers of bar snacks containing chickpea flour and pork protein. *Nutrients*, 16(18), 3180. <https://doi.org/10.3390/nu16183180>

Résumé

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'élaboration d'une barre énergétique à base de légumineuses, principalement les pois chiches et les lentilles rouges. L'objectif de cette étude était de concevoir un produit alimentaire nutritif, énergétique et sain, pouvant constituer une alternative intéressante aux barres énergétiques disponibles sur le marché.

Les légumineuses ont été choisies pour leur richesse en protéines, fibres et éléments nutritifs essentiels. Les résultats obtenus ont montré que la barre énergétique formulée présente des caractéristiques nutritionnelles intéressantes, avec une teneur appréciable en protéines (15,89 %), fibres (9,98), l'humidité (8,58 %), le pH enregistré (6,1), les sucres totaux (27,54 %), les lipides (31,82 %) , Les cendres (2,54%) et énergie (458kcal). La comparaison avec le produit témoin a révélé des résultats satisfaisants, tandis que l'évaluation sensorielle a montré une bonne appréciation globale du produit par les dégustateurs. À travers cette étude, nous avons pu mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation des légumineuses dans le développement de produits alimentaires innovants et équilibrés. Ce travail ouvre également des perspectives pour l'amélioration et la diversification des formulations alimentaires à base de ressources végétales naturelles.

Mots clés : Barre énergétique, légumineuses, Pois chiche, lentille rouge, aliment fonctionnel.

Abstract

As part of this work, we focused on the development of an energy bar based on legumes, mainly chickpeas and red lentils.

The objective of this study was to design a nutritious, energy-rich, and healthy food product that could serve as an attractive alternative to the energy bars currently available on the market. Legumes were selected due to their high content of proteins, dietary fiber, and essential nutrients. The results obtained showed that the formulated energy bar possesses promising nutritional characteristics, with appreciable levels of protein (15.89%), fiber (9.98%), the moisture content was (8.88%), the recorded pH was (6.1), the total sugar (27.54%), the lipid content was (31.82%), and the ash content was (2.54%) and energy value (458 kcal). Comparison with the control product revealed satisfactory results, while sensory evaluation demonstrated good overall acceptance of the product by the panelists. Through this study, we highlighted the potential of legumes in the development of innovative and nutritionally balanced food products. This work also opens up new perspectives for the improvement and diversification of food formulations based on natural plant resources, contributing to the growing demand for healthy and sustainable foods.

Keywords: Energy bar, Legumes, Chickpea, Red lentil, Functional food

ملخص

في إطار هذا العمل، اهتمنا بتطوير لوح طاقي قائم على البقوليات، وبصفة رئيسية الحمص والعدس الأحمر. تمثل الهدف من هذه الدراسة في تصميم منتج غذائي مغذٍ، غني بالطاقة وصحي، يمكن أن يشكل بديلاً واعداً للألواح الطاقوية المتوفرة في الأسواق. وقد تم اختيار البقوليات نظراً لغناها بالبروتينات والألياف والعناصر الغذائية الأساسية الضرورية للجسم. أظهرت النتائج المتحصلة عليها أن اللوح الطاقي المصاغ يتميز بخصائص غذائية مهمة، حيث سجل محتوى معتبراً من البروتينات (15.89%)، والألياف (9.98%)، نسبة الرطوبة (8.88%)، و سجلت قيمة الرقم الهيدروجيني عند (6.1) ، نسبة السكريات الكلية (27.54%)، نسبة الدهون (31.82%)، نسبة الرماد (2.54%) بالإضافة إلى قيمة طاقوية مرتفعة بلغت 458 كيلو كالوري. كما أظهرت المقارنة مع المنتج الشاهد نتائج مرضية، في حين بين التقييم الحسي تقبلاً جيداً واستحساناً عاماً للمنتج من قبل المتذوقين. ومن خلال هذه الدراسة، تمكنا من إبراز أهمية استخدام البقوليات في تطوير منتجات غذائية مبتكرة ومتوازنة من الناحية الغذائية. كما تفتح هذه الدراسة أفقاً واعدة لتحسين وتنويع التركيبات الغذائية المعتمدة على الموارد النباتية الطبيعية، بما يساهم في تلبية احتياجات المستهلكين المتزايدة نحو أغذية صحية ومستدامة.

الكلمات المفتاحية :

شريط طاقة، البقوليات، الحمص، العدس الأحمر، الغذاء الوظيفي