République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences Alimentaires

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème

Valorisation nutritionnelle des feuilles séchées de *Moringa oleifera* Lam

Présenté par : Morsly Chaima
Tabakhi Hadjer

Soutenu le 11/06/2025, Devant le jury :

Président :	Mme Kerbouai Imene	MA	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	M. Alili Dahmane	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Examinateur :	Mme Boutana Wissem	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année universitaire : 2024/2025

Résumé

Le présent travail s'intéresse à la valorisation nutritionnelle des feuilles séchées de *Moringa oleifera* Lam., une plante tropicale reconnue pour sa richesse exceptionnelle en nutriments essentiels. L'objectif principal de cette étude est de proposer une solution nutritionnelle locale, durable et adaptée au contexte algérien, face aux problèmes persistants de malnutrition. Pour ce faire, les feuilles de *Moringa oleifera* Lam ont été séchées, réduites en poudre, puis soumises à diverses analyses physico-chimiques et nutritionnelles. Les résultats révèlent une forte teneur en protéines (20,24 %), une faible proportion de lipides (1,54 %), une bonne présence de cendres (5,99 %), ainsi qu'une richesse importante en composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les caroténoïdes et les tanins, connus pour leurs propriétés antioxydants. Deux types d'extraction (éthanolique et acétonique) ont été testés, l'extrait acétonique ayant montré une efficacité légèrement supérieure dans l'extraction des composés phénoliques totaux, des tanins et de l'activité antioxydant. Afin d'évaluer la possibilité d'intégrer cette poudre dans un aliment traditionnel, un couscous a été formulé avec différents taux d'incorporation de poudre de *Moringa oleifera* Lam (1 %, 5 % et 10 %). Une évaluation sensorielle a été réalisée auprès de panels de dégustateurs. Les résultats ont montré que le couscous enrichi à 1 % de poudre de *Moringa oleifera* Lam conserve des caractéristiques organoleptiques appréciables (goût, odeur, texture, couleur), tandis que les formulations à 5 % et 10 % étaient jugées moins agréables. Ce travail souligne ainsi le potentiel de *Moringa oleifera* Lam en tant qu'enrichissement fonctionnel et naturel dans les aliments traditionnels.

Mots clés : Activité antioxydant, couscous, flavonoïdes, *Moringa oleifera* Lam, polyphénols, tanins condensées.

الملخص:

يتناول هذا العمل دراسة القيمة الغذائية لأوراق المجففة *Moringa oleifera*"هي نبات استوائي معروف بغناه الكبير بالعناصر الغذائية الأساسية. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقديم حل غذائي محمي ومستدام ومناسب للسياق الجزائرية لمواجهة مشاكل سوء التغذية المستمرة. لهذا الغرض تم تجفيف*Moringa oleifera*وطحنها الى مسحوق ثم خضعت لتحليلات فيزيائية وكيميائية وغذائية متعددة. أظهرت النتائج أن هذا المسحوق يحتوي على نسبة مرتفعة من البروتينات (20.24%)، ونسبة منخفضة من الدهون (1.54%)، ومحتوى جيد من الرماد (5.99%)، كما يتميز بغناه بالمركبات النشطة بيولوجيًا مثل البوليفينولات، الفلافونويدات، الكاروتينات، والتانينات، المعروفة بخصائصها المضادة للأكسدة. تم اعتماد طريقتين للاستخلاص (الإيثانول والأسيتون)

وقد أظهر مستخلص الأسيتون فعالية أعلى نسبيًا في. استخلاص المركبات الفينولية والتانينات وتنشيط التأثير المضاد للأكسدة. لتقييم إمكانية دمج هذا المسحوق في غذاء تقليدي، تم تحضير طبق الكسكس الكامل مع نسب مختلفة *Moringa oleifera* من مسحوق (1%، 5%، و10%) . وقد أُجري اختبار تذوق لتقييم القبول الحسي، وأظهرت النتائج أن الكسكس الكامل المدعّم بنسبة 1% حافظ على خصائص حسية مقبولة من حيث الطعم والرائحة والملمس واللون، في حين أن النسب الأعلى. كانت أقل قبولًا

ويبرز هذا العمل الإمكانيات الكبيرة ل *Moringa oleifera*"كمكوّن طبيعي ووظيفي لتعزيز القيمة الغذائية في الأطعمة التقليدية.

الكلمات المفتاحية: البوليفينول، الفلافونويد، العفص المكثف، النشاط المضاد للاكسدة، الكسكس الكامل، *Moringa oleifera*

Abstract :

This thesis focuses on the nutritional valorization of dried Moringa oleifera Lam. leaves, a tropical plant known for its exceptional richness in essential nutrients. The primary objective of this study is to propose, a local, sustainable, and context-appropriate nutritional solution to address the persistent issue of malnutrition in Algeria.

To achieve this, Moringa oleifera Lam leaves were dried, ground into powder, and subjected to various physicochemical and nutritional analyses. The results revealed a high protein content (20.24%), a low fat content (1.54%), and a notable presence of ash (5.99%), as well as a significant abundance of bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, carotenoids, and tannins, all known for their antioxidant properties.

Two extraction methods ethanolic and acetonic were tested. The acetonic extract showed slightly higher efficiency in extracting total phenolic compounds, tannins, and in exhibiting antioxidant activity.

To evaluate the feasibility of incorporating this powder into a traditional food, couscous was prepared with different incorporation levels of *Moringa oleifera* powder (1%, 5%, and 10%). A sensory evaluation was carried out by tasting panels. The results indicated that couscous enriched with 1% Moringa powder maintained desirable sensory qualities (taste, smell, texture, and color), while the 5% and 10% formulations were rated less favorably.

This work highlights the potential of *Moringa oleifera* Lam as a natural and functional ingredient for enhancing the nutritional value of traditional food.

Key words : Antioxidant activity, condensed tannins, couscous, flavonoids, *Moringa oleifera* lam, polyphenols.

Remerciements

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur **Alili Dahmane**, notre encadreur, pour sa précieuse orientation, sa disponibilité et son accompagnement tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et ses conseils nous ont été d'une aide inestimable.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à Madame **Boutana Wissem** et Madame **Karboui Imene**, membres du jury, pour l'honneur qu'elles nous ont fait en évaluant ce mémoire et pour leurs remarques pertinentes.*

*Nous remercions chaleureusement Monsieur **Makhoukh Nacer El Dine**, responsable des laboratoires, pour leur assistance technique et leur soutien précieux durant la partie pratique de ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à Monsieur **Mouloud, cadre aux CCLS,** pour son aide et sa collaboration durant la réalisation de ce mémoire.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la concrétisation de ce travail.

Dédicace

Louange à Dieu qui m'a honorée et soutenue, à Lui la gratitude pour ce qui est passé et pour ce qui est à venir… C'est par Lui seul que l'effort se complète et que les pas portent leurs fruits.

Après la grâce de Dieu,

À moi-même… qui ai donné, peiné et patienté. Merci à moi pour la détermination, pour la constance, pour chaque moment où j'ai résisté à la fatigue et au découragement, croyant fermement que ce qui vient de Dieu ne déçoit jamais.

*À ma chère mère **Karima**, dont les prières, les conseils et la tendresse ont été mon soutien à chaque étape du chemin.*
*À mon cher père **Zouhir**, dont la présence a toujours été une source de force, et dont les gestes témoignent d'un amour profond, silencieux mais ressenti.*
*À mes frères et sœur : **Sana**, **Ismaïl**, **Chihab**, qui ont été pour moi un appui, des compagnons de route, et une joie à chaque instant d'accomplissement.*

*À ma précieuse grand-mère **Hada** et à mon cher grand-père **Hassen.** Il me suffit de savoir que vous prononcez mon nom dans vos prières sincères, et que j'ai dans vos cœurs une place inébranlable*

Et à tous ceux qui m'ont encouragée, soutenue ou simplement offert un mot gentil pendante parcours
Merci du fond du cœur

Chaima

Dédicace

Je dédie ce mémoire, avec tout mon cœur, aux personnes qui ont toujours été là pour moi,
dans les moments de joie comme dans les moments difficiles.

À ma chère maman ***Noura****,*

Ton amour, ta patience et ton courage m'ont guidée tout au long de ce chemin.

Tu es ma plus

grande source d'inspiration. Merci pour tout ce que tu as fait pour moi. À mon père ***Fateh El Nour,***

Merci pour ta force, tes conseils et ton soutien constant. Ta confiance en moi m'a donnél'envie d'aller toujours plus loin.

À mon fiancé Amine,

Merci d'être toujours là pour moi. Ton calme, ta gentillesse et ta patience m'ont beaucoup aidée. Tu es une véritable source de motivation dans ma vie. À mon frère ***Adem,*** *pour sa gentillesse, ses encouragements et sa présence rassurante. À mes sœurs* ***Khawla*** *et* ***Oumaima,***

Vous êtes mes complices, mes piliers. Merci pour votre énergie, votre bonne humeur et votre Amour de tous les jours.

Et surtout à ***Marwa,*** *ma sœur, ma complice, mon amie, mon refuge****. Marwa****, tu as été là à*

Chaque instant : pour m'écouter, me conseiller, me motiver, me consoler. Ton soutien

inconditionnel et ton amour sincère ont été essentiels dans; accomplissement de ce mémoire. Tu mérites une place toute particulière dans ces lignes. Merci.

À la petite Eline, la lumière de notre famille, dont l'innocence et les sourires ont souvent égayé mes journées

Hadjer

Table des matières

TITRES	PAGES
Résumés……..	-
Liste des abréviations…….	-
Liste des figures…….…….	-
Liste des tableaux……..…….	-
Introduction…….….	1
CHAPITRE I	
1-Historique et origine……..…..…….	4
2-Description botanique…….…….	4
2.1-Le tronc…….	4
2.2-Les feuilles……..…….	5
2.3-L'inflorescence…….	5
2.4-Fruits…….	6
3-Taxonomie et distribution……..…….	6
4-Composition chimique……...…….	8
5- Ecologie de Moringa oleifera Lam…….	9
6-Les bienfaits thérapeutiques de Moringa oleifera Lam……..…….	10
7-Utilisations de Moringa oleifera Lam…….	11
CHAPITRE II	
1-Le blé……..…….	14
2-Les variétés de blé dur en Algérie……..	14
3-Description botanique de blé…….…….	15
4-La composition chimique de blé dur……..…….	16
5-La production de blé dur en Algérie……...…….	16
CHAPITRE III	
1-Cadre de l'étude pratique	
2-Préparation des échantillons……..…….	18
3-Analyses physico chimique…….	18
3.1-Taux d'humidité……..….	18
3.2-Taux des cendres…….…….	18
3.3-Dosage de Sucre totaux……...…….	19
3.4-Dosage de lipides…….	20

3.5-Dosage des protéines……...……. **20**

4-Les analyses phytochimiques……. **21**

4.1-Rendement……...…. **21**

4.2-Polyphénols…….……. **22**

4.3-Flavonoïde……..……. **23**

4.4-B-carotène……..……. **23**

4.5-Les tanins……. **23**

4.6-Pouvoir réducteur……. **24**

4.7-La capacité antioxydant des extraits des feuilles de *Moringa oleifera* Lam, par piégeage du radical libre……. **24**

5-Préparation de couscous complet……...……. **25**

CHAPITRE IV

1- Analyses physicochimiques des feuilles de *Moringa oleifera* Lam…… **29**

1.1-Humidité…….……. **29**

1.2-Cendre…….……. **29**

1.3-Dosage des lipides……...……. **30**

1.4-Protéine……. **30**

1.5-Glucides…… **30**

2-Les analyses phytochimiques des feuilles de *Moringa oleifera*…….. **31**

2.1-Rendement……...……. **31**

2.2-Polyphénols…….…. **32**

2.3-Flavonoïdes…….……. **33**

2.4-B-carotène……...……. **34**

2.5-Les tanins……. **34**

2.6- Activité scavenger à l'égard du radical libre DPPH…….. **35**

2.7-Pouvoir réducteur……. **36**

3-L'analyse sensorielle……..……. **37**

Conclusion…….…… **40**

Référencées……. **-**

Annexes…….……. **-**

Liste des abréviations :

AOAC : Association of Official Analytical Chemists.

BHA : Butyl Hydroxy Anisole.

BHT : ButylHydroxyToluène.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle**.**

EAG : Équivalent Acide Gallique.

EQ : Équivalent Quercétine**.**

EC : Équivalent Catéchine.

EQat : Équivalent Catéchine**.**

ES : Extrait Sec.

H2SO4 : Acide sulfurique**.**

IC50 : Concentration qui induit la réduction de 50% du substrat.

K_2SO_4 : Sulfate de potassium.

$K_2C_2O_4$: Oxalate de potassium.

MA : Masse atomique.

M : Molarité (mol/L).

MS : Matière Sèche**.**

nm : Nanomètre.

N : Normalité.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

ph : Potentiel Hydrogène.

R% : Rendement d'extraction (%).

TAC : Capacité antioxydant totale.

UV-Vis : Ultra-Violet - Visible (spectrophotométrie)

Liste des figures :

figures	pages
Figure 1 : L'arbre de *Moringa olfeira* lam.……..	4
Figure 2 : Les feuilles de *Moringa oleifera.* Lam.……..…	5
Figure 3 : Fleur de *Morinaga oleifera* Lam.……..	5
Figure 4 : Les fruits de *Moringa oleifera* Lam.…….	6
Figure 5 : Zones au monde où pousse la plante *Moringa oleifera* Lam.……..	7
Figure 6 : Coupe du grain de blé……..	15
Figure 7 : Diagramme de fabrication de couscous enrichie les feuilles de *Moringa oleifera*……	27
Figure 8 : Histogramme montrant le rendement d'extraction de feuilles de *Moringa oleifera*……..	31
Figure 9 : Histogramme montrant les teneurs en polyphénols totaux de *Moringa oleifera*	32
Figure 10 : Histogramme montrant les teneurs en flavonoïdes totaux de *Moringa oleifera*……..	33
Figure 11 : Histogramme montrant les teneurs en tanins condensés de *Moringa oleifera*……..	34
Figure 12 : Histogramme montrant l'activité antioxydant de *Moringa oleifera* Lam l'égard du radical DPPH……	35
Figure 13 : Histogramme montrant le pouvoir réducteur des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* Lam.…….	36
Figure 14 : Evaluations sensorielles de couscous enrichie des feuilles de *Moringa oleifera*……..	37

Liste des tableaux :

tableaux	pages
Tableau I : Espèces du genre *Moringa oleifera* Lam et leurs pays/régions d'origine.	7
Tableau II : Composition chimique de la poudre de feuilles séchées de *Moringa oleifera*……...	8
Tableau III : Conditions environnementales de *Morinaga oleifera*……	9
Tableau IV : Les variétés de blé dur en Algérie……..	14
Tableau V : La composition chimique de blé dur……	16
Tableau VI : La composition chimique de l'eau……..	26
Tableau VII : Résultats des analyses physicochimiques…….	29

Introduction générale

Introduction

La malnutrition constitue l'un des plus grands défis de santé publique à l'échelle mondiale. Elle se manifeste sous diverses formes, notamment par des carences nutritionnelles dues à un apport insuffisant en protéines, en vitamines et en minéraux, mais aussi par une surconsommation alimentaire menant au surpoids et à l'obésité **(FAO, FIDA, UNICEF, PAM, OMS, 2023)**.
Ce déséquilibre nutritionnel résulte d'un ensemble de facteurs complexes, parmi lesquels la pauvreté en particulier dans les pays en voie de développement, les effets du changement climatique, les conflits, ainsi que les transformations démographiques, la vulnérabilité des ménages et leur faible capacité de résilience contribuent également à aggraver cette situation, notamment chez les enfants, où la malnutrition entraîne une augmentation significative des taux de morbidité et de mortalité **(Amadou et Lawali, 2022).**

La pandémie de COVID-19 a exacerbé cette crise en perturbant les chaînes d'approvisionnement alimentaire, en réduisant le pouvoir d'achat des familles et en limitant l'accès à une alimentation saine et aux services essentiels, ces facteurs ont conduit à une dégradation de l'état nutritionnel des populations les plus fragiles dans de nombreuses régions du monde, ce qui souligne la nécessité d'interventions efficaces visant à renforcer la résilience des systèmes alimentaires et à garantir durablement la sécurité nutritionnelle, notamment par la valorisation des ressources locales et la promotion d'une alimentation durable **(FAO, FIDA, UNICEF, PAM, OMS, 2023)**.

Dans ce contexte, la recherche sur les plantes et les produits végétaux capables de répondre aux besoins croissants en alimentation et en santé devient une priorité, particulièrement en Afrique où la malnutrition demeure un problème majeur l'inaccessibilité aux protéine d'origine animal, l'arbre *Moringa oleifera Lam* se distingue comme une solution prometteuse, en raison de ses qualités nutritionnelles, médicinales et agricoles **(McClements et *al*., 2021).**

Originaire de l'Inde, il est aujourd'hui largement cultivé dans les régions tropicales et subtropicales, grâce à sa capacité à résister à la sécheresse et aux basses températures, ce qui en fait un candidat idéal pour renforcer la sécurité alimentaire dans les zones vulnérables **(Abd El-Hack et *al*., 2022).**Les feuilles de *Moringa oleifera Lam* présentent une composition nutritionnelle remarquable : elles sont riches en vitamines (A, B, C, E), en minéraux (fer, calcium, potassium, zinc, magnésium), en acides aminés essentiels et en plus de contenir divers composés antioxydants tels que les flavonoïdes, les phénols et les caroténoïdes **,**cette richesse

en nutriments et en substances bioactives en fait une source alimentaire complète, susceptible de prévenir plusieurs types de carences nutritionnelles **(Jean, 2023).**

Les extraits de feuilles de *Moringa oleifera Lam* sont également utilisés dans le traitement de la malnutrition, et ils ont démontré des propriétés antioxydants, anti- inflammatoires, antidiabétiques, antimicrobiennes et anticancéreuses **(Stohs et Hartman, 2015).**

Dans le cadre du présent travail, des analyses physico-chimiques et photochimiques ont été effectuées sur les feuilles de *Moringa oleifera* lam, afin d'évaluer leur composition nutritionnelle et leur teneur en composés bioactifs. Ces analyses ont porté sur l'humidité, les cendres, les protéines, les lipides, les glucides, ainsi que sur les concentrations en en antioxydants naturels (phénols totaux, flavonoïdes, caroténoïdes). Les résultats obtenus confirment la richesse nutritionnelle de cette plante et justifient scientifiquement son intégration dans un produit alimentaire fonctionnel. Sur la base de ces données, un produit innovant a été conçu : un couscous enrichi en feuilles de *Moringa oleifera* Lam. Ce projet vise à conjuguer le savoir-faire culinaire traditionnel avec la valorisation d'un ingrédient local à haute valeur nutritionnelle. Cette approche représente une contribution concrète à la lutte contre la malnutrition, en proposant une solution alimentaire accessible, durable et culturellement adaptée, notamment dans les zones rurales souffrant d'insécurité nutritionnelle chronique Comment valoriser les feuilles de *Moringa oleifera* Lam à travers leur incorporation dans le couscous traditionnel, afin d'améliorer ses qualités nutritionnelles tout en maintenant ses propriétés organoleptiques ?

CHAPITRE I

1-Historique et origine :

Moringa oleifera Lam., également connue sous son synonyme *Moringa pterigosperma Gartner*, appartient à la famille monogénérique des Moringaceae, qui regroupe des arbres et arbustes. Cette espèce serait originaire des régions d'Agra et de Oudh, situées au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de l'Himalaya.

La *Moringa oleifera* est citée dès le Ier siècle avant J.-C. dans un texte ancien de médecine ayurvédique, le « Shushruta Samhita », sous le nom de « Shigon ». Toutefois, sa culture en Inde remonterait à plusieurs millénaires. Les populations locales utilisaient déjà ses graines à des fins médicinales et en extrayaient une huile comestible. L'arbre était également apprécié comme plante fourragère et légume dans l'alimentation humaine **(Foidl et *al.*, 2001)**

2-Description botanique :

2.1-Le tronc :

Son tronc effilé porte parfois des ramifications dès la base, mais en général, le tronc atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier ; plusieurs branches partent de celles-ci formant une couronne dense en forme de parasol. Le diamètre d'un fût de 1,30 m de longueur mesure entre 9 à 20 cm. L'écorce est de couleur brun-pâle et lisse parfois tachetée de marron. Son bois tendre et mou ne supporte pas les vents agressifs **(Zongo et *al.*, 2013).**

Figure 1 : L'arbre de *Moringa olfeira* Lam **(Price, 2007)**

2.2-Les feuilles :

Chaque feuille est grande (pouvant atteindre environ 90 cm de long), avec des pennes opposées, espacées d'environ 5 cm le long du pétiole central. Un second groupe de pennes, également opposées, porte généralement des folioles disposées par paires opposées, avec une foliole terminale légèrement plus grande. Les folioles sont vertes foncé sur la face supérieure et plus pâles sur la face inférieure. Leur taille et leur forme sont variables, mais elles sont souvent arrondies à elliptiques, atteignant rarement 2,5 cm de long**. (Orwa et *al.*, 2009)**

Figure 2 : les feuilles de *Moringa oleifera* Lam **(Fardous et *al.*, 2024)**

2.3-L'inflorescence :

L'inflorescence est une panicule axillaire, mesurant 10 à 30 cm de long, portant de petites fleurs blanches bisexuées. Chaque fleur possède 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines et un ovaire supère trois loges. **(Monika et *al.*, 2020).**

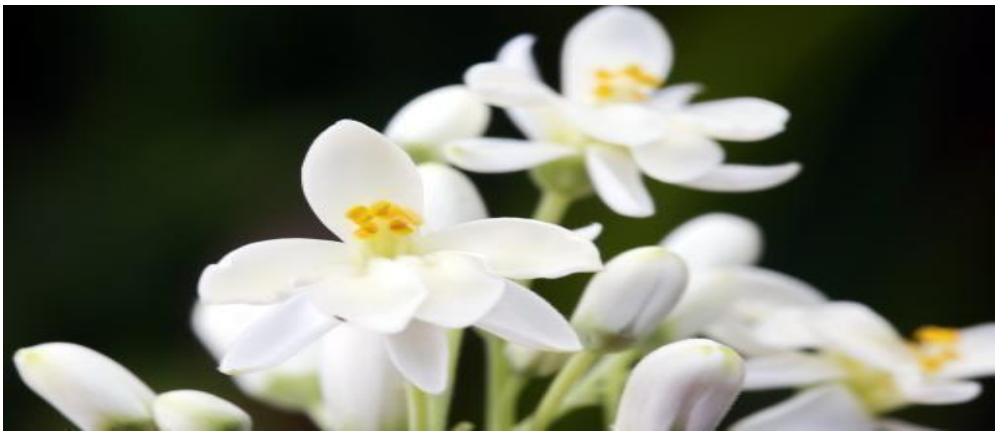


Figure3 : Fleur de *Morinaga oleifera* Lam **(Chene, 2020)**

2.4-Fruits :

Les fruits sont de longues capsules étroites s'ouvrant par 3 valves. Ils peuvent mesurer jusqu' à 45 cm de langueur. Ils contiennent une série de graines ailées caractéristiques remarquables grâce à leurs 3 expansions aliformes. Les graines contiennent de gros cotylédons charnus huileux**. (FAO, 1982).**

Figure 4 : Les fruits de *Morinaga oleifera* **(Frenk, 2017)**

3- Taxonomie et distribution :

Moringa oleifera Lam fait partie de la famille des Moringaceae, de l'ordre des Capparales, de laclasse des Magnoliopsidaet de la division des Magnoliophyta. Le genre Moringa comprend 13 espèces originaires de l'Arabie, de l'Afrique et de l'Asie. Parmi ces espèces, Moringa oleifera est la plus étudiée et la plus utilisée à ce jourUtilisée depuis l'Antiquité par les Romains, les Grecs et les Égyptiens, elle est aujourd'hui largement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales du monde. Le *Moringa oleifera* Lam s'est également étendue dans d'autres zones tropicales. On la trouve dans de vastes régions du sud et de l'est de l'Asie. **(Gindji et *al.*, 2018).**

Le tableau 1 indique les espèces du genre *Moringa oleifera* Lam

Tableau I : Espèces du genre *Moringa* et leurs pays/régions d'origine **(Gindji et *al.*, 2018).**

Espèce	Pays/régions d'origine
Moringa arborea Verdc. *Moringa rivae* Chiov. *Moringa stenopetala* Cufod. *Moringa borziana* Mattei, *Moringa longituba* Engl. *Moringa pygmaea* Verdc. *Moringa ruspoliana* Engl. *Moringa ovalifolia* Dinter and A. Berger *Moringa drouhardii* Jum., *Moringa hildebrandtii* Engl. *Moringa peregrina* Forssk. *Moringa concanensis* Dalzell and A. Gibson *Moringa oleifera* Lam.	Kenya Kenya et Ethiopie Kenya et Ethiopie Kenya et Somalie Kenya et Somalie Somalie Kenya, Ethiopie et Somalie Namibie et Angola Madagascar Madagascar Arabie, mer Rouge et mer Morte Régions subhimalayennes du sous-continent indien Régions subhimalayennes du sous-continent indien

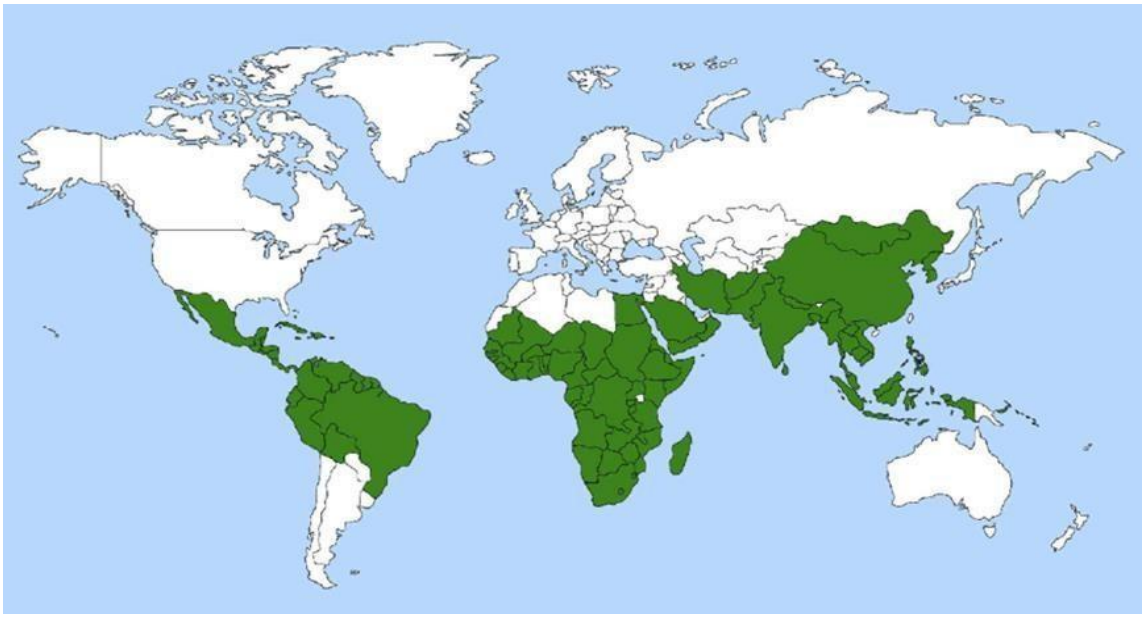


Figure 5 : Zones au monde où pousse la plante *Moringa oleifera* Lam **(Ramaroson, 2014)**

3- Composition chimique :

Composition chimique de la poudre de feuilles séchées de *Moringa oleifera* Lam pour 100 g de portion comestible de feuilles.

Tableau II : composition chimique de feuilles séchées de *Moringa oleifera* Lam **(price, 2007).**

Valeur nutritionnelle pour 100g	Valeurs
Humidité(%)	7,5
Calories(Kcal)	20,5
Protéine(g)	27,1
Graisse(g)	2,3
Glucides(g)	38,2
Fibres(g)	19,2
Oligo-éléments	
Calcium (mg)	2,003
Magnésium (mg)	368
Phosphore (mg)	204
Potassium (mg)	1,324
Fer (mg)	28,2
Sodium (mg)	870
Vitamines	
Vitamine A-Beta Carotène (mg)	16,3
Vitamine B1-Thiamine (mg)	2,64
Vitamine B2 -Riboflavine (mg)	20,5
Vitamine B3 -Acide nicotinique (mg)	8,2
Vitamine C Acide ascorbique (mg)	17,3
Vitamine E Acétate de tocophérol (mg)	113
Vitamine E Acétate de tocophérol (mg)	113

La suite

Acides Aminés	
Arginine (g 16-1 g N)	1,33
Histidine (g 16-1 g N)	0,61
Lysine (g 16-1 g N)	1,32
Tryptophane (g 16-1 g N)	0,43
Méthionine (g 16-1 g N)	0,35
Phénylalanine (g 16-1 gN)	1,39
Thréonine (g 16-1 g N)	1,19
Valine (g 16-1 g N)	1,06
Leucine (g 16-1 g N)	1,95

4-Ecologie de *Moringa oleifera* Lam :

La production du *Morinaga oleifera* Lam est facile en raison de sa croissance rapide, de sa faible demande en nutriments du sol et en eau après avoir été planté, de sa grande capacité de repousse après la récolte, ce qui lui permet de mieux se comporter dans des conditions extrêmes avec une qualité nutritionnelle élevée **(Alliance Bioversity International-CIAT, 2022).** Elle adapte ses processus physiologiques aux conditions climatiques. Pendant la période chaude, il réduit la transpiration et la photosynthèse pour économiser l'eau, tout en augmentation d'absorption de CO_2 grâce à sa capacité stocker le carbone **(Abdoun et *al.*, 2023).** Les conditions montrent dans le tableau suivant :

Tableau III : Conditions environnementales de *Morinaga oleifera* lam **(Armelle de Saint et Mélanie, 2010).**

Paramètre	**Exigence/plage**
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 mètres
Température	25-35°C
Pluviométrie	250mm-2000mm Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie 800
Type de sol	Limoneux, sableux-limoneux
PH de sol	Légèrement acide à légèrement alcalin (pH: 5 à9)

6-Les bienfaits thérapeutiques de *Moringa oleifera* Lam :

6.1-Antimicrobienne :

L'extrait méthanolique des feuilles de *Morinaga oleifera* inhibe les infections des voies urinaires causés par des bactéries Gram+ Gram- *(Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, et Staphylococcus saprophyticus)* **(Pareek A et *al.*, 2023)**.

L'extrait éthanolique des feuilles s'est révélé le plus efficace pour inhiber la croissance des souches mutantes de *Staphylococcus aureus* et de *streptocoques,* comparé aux extraits d'autres parties de la plante et aux bains de bouche**. (Kou X et *al.*, 2018).**

6.2-Activité antidiabétique et hypolipidémies :

Le *Morinaga oleifera* possède des propriétés antidiabétiques et hypolipidémiantes.L'extrait aqueux de ses feuilles réduit significativement la glycémie chez les animaux diabétiques (rats et lapins) traités à l'alloxane. Il aide aussi à stabiliser la pression artérielle et diminue le taux de cholestérol chez les rats nourris avec un régime riche en graisses, grâce notamment à la présence de β-sitostérol **(Laleye OAF et *al.*, 2015).**

6.3-Activité anti cancer :

L'effet antiprolifératif de *Moringa oleifera* Lam serait lié à sa capacité à augmenter le stress oxydatif, ce qui entraîne la fragmentation de l'ADN et l'induction de l'apoptose, en particulier dans les cellules cancéreuses pulmonaires A549 Par ailleurs, démontré que les composés phytochimiques présents dans *Moringa oleifera* Lam *peuvent* activer la protéine p53, un régulateur clé de l'apoptose, provoquant ainsi la mort programmée des cellules cancéreuses ovariennes **(Moremane et *al.*, 2023).**

6.4-Anti oxydante :

Les feuilles de *Moringa oleifera* Lam sont riches en antioxydants comme les polyphénols et flavonoïdes, capables de neutraliser les radicaux libres responsables du stress oxydatif, des extraits de ces feuilles ont montré une activité antioxydant élevée, réduisant les dommages cellulaires et oxydatifs, notamment dans des modèles animaux de diabète et de stress oxydatif (**Kashyap et *al.*, 2022).**

6.5-Anti inflammatoire :

Les composés de *Moringa oleifera* Lam quercétine et le kaempférol bloquent l'action des enzymes cyclooxygénase (COX) et lipoxygénase (LOX), responsables de la production de substances (prostaglandines et leucotriènes) qui provoquent l'inflammation et les isothiocyanates de *Moringa oleifera* régulent l'inflammation en bloquant certaines voies de signalisation (comme NF-kappa B), réduisent les cytokines pro-inflammatoires (TNF-α, IL- 1β) et augmentent les cytokines anti-inflammatoires (IL-10) **(Chis A et *al.*, 2024).**

6.6-Neuroprotecteur :

Moringa oleifera Lam possède des effets neuroprotecteurs grâce à ses propriétés antioxydants. Elle protège les neurones, favorise la croissance neuronale, améliore la mémoire et réduit l'accumulation de protéines toxiques liées à Alzheimer, tout en protégeant contre la neurotoxicité de l'aluminium et de l'homocystéine **(Zamani et *al.*, 2025).**

7-Utilisations de *Moringa oleifera* Lam :

7.1-Utilisations agricoles :

Des études ont démontré l'efficacité antifongique des extraits de différentes parties de *Moringa oleifera* lam (feuilles, racines, gousses, graines et huile), notamment contre des champignons phytopathogènes tels que *Fusarium*, *Alternaria* et *Rhizoctonia*. Ces extraits ont permis de réduire significativement la croissance linéaire, la germination des spores des agents pathogènes testés) **(El-Mohamedy et Abdalla, 2014)**

Par ailleurs, l'utilisation de l'huile de graines et des extraits foliaires de *Moringa oleifera* lam a permis de contrôler efficacement l'alternariose précoce (*Alternaria solani*) chez la pomme de terre. Ce traitement naturel a également amélioré la croissance des plantes et le rendement des tubercules, ce qui renforce son intérêt comme alternative écologique aux fongicides chimiques **(El-Mohamedy et *al.*, 2016).**

7.2-Utilisations dans l'alimentation animal :

L'alimentation des agneaux Rahamni avec des rations enrichies en tiges de *Moringa oleifera* a favorisé une meilleure croissance corporelle et une efficience alimentaire accrue **(Mahmoud, 2013).**

L'incorporation de feuilles de *Moringa oleifera* Lam dans la ration des chèvres naines d'Afrique de l'Ouest a favorisé une meilleure digestibilité des nutriments tout en renforçant l'activité des

bactéries bénéfiques au niveau du rumen **(Ayandiran et *al*., 2019).**

Chez les chèvres damascènes allaitantes, le tourteau de *Moringa oleifera* Lam améliore la santé générale et réduit triglycérides et cholestérol dans le sang et le lait grâce à ses composés phytochimiques **(Ebeid HM et *al.*,2022)**

7.3-Utilisation alimentaire :

Les jeunes feuilles sont comestibles et sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade. Elles sont exceptionnellement riches en provitamine A, en vitamines du groupe B et C, en minéraux (et en particulier en fer) et en acides aminés méthionine et cystéine, sources de soufre. La composition en acides aminés des protéines contenues dans les feuilles est équilibrée pour l'alimentation humaine **(Gopalakrishnan et *al.*, 2016).**

7.4- Utilisation industriel :

Les feuilles et graines de *Moringa oleifera* Lam sont utilisées industriellement pour leurs propriétés nutritionnels et bioactives. La poudre de feuilles est ajoutée à de produits alimentaires comme le yaourt, le fromage, les confiseries et les produits de boulangerie, améliorant leur valeur nutritive et sensorielle. Ses extraits sont aussi utilisés dans les dentifrices et bains de bouche pour leurs effets antibactériens. En cosmétique, les crèmes à base de feuilles hydratent la peau, réduisent l'inflammation et stimulent le collagène **(Fardous et *al.*, 2024).**

CHAPITRE

II

1-Le blé :

Le blé est la deuxième céréale au monde par les volumes produits, mais la première par les volumes échangés. Céréale historiquement consommée dans plusieurs aires géographiques (Bassin méditerranéen, Chine et Inde, Europe, Amérique du Nord) **(Denieulle, 2023).**

Il représente la seconde source alimentaire pour environ 70 % de la population de ces régions, soit plus de 3,3 milliards de personnes, sa transformation varie selon les cultures : pain sans levain au Moyen-Orient, nouilles en Asie, couscous en Afrique du Nord, et produits de boulangerie dans de nombreuses régions. Cette diversité d'usages témoigne de son rôle essentiel dans les habitudes alimentaires mondiale **(FAO ,2004).**

2-Les variétés de blé dur en Algérie :

Le tableau ci-dessous renseigne sur quelques variétés de blé dur en Algérie

Tableau IV : les variétés de blé dur en Algérie **(ITGC, 2019)**

Les variétés de blé dur
Waha
Vitron
Ofanto
Simeto
Bidi 17
Mohamed ben Bachir
Sebaou
Bousselam

3-Description botanique de blé :

2.1-le tige : La plante de blé mature possède un axe central d'où poussent des feuilles opposées. Cet axe est constitué de segments appelés phonomètres, chacun comprenant un nœud, un entre-nœud creux, une feuille et un bourgeon de talle. La gaine des feuilles entoure et soutient cet axe, qui se termine par l'épi **(Office of the Gene Technology Regulato, 2021).**

2.2-La feuille : de blé alterne sur la tige et se compose d'une gaine, d'un limbe, d'une ligule et d'oreillettes. Sa taille augmente jusqu'à la feuille étendard. : **(Office of the Gene Technology Regulato, 2021).**

2.3-les grains :

-Enveloppes : la graine et du fruit sont formées principalement de six tissus différents épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe **(Kanyegere, 2024)**

-Albumen : composé de couche à aleurone est constituée de grandes cellules cubiques riches en protéines et l'albumen farineux qui contient des cellules remplies d'amidon et de gluten **(kanyegere, 2024)**

-Embryon : Elle compose de la radicule, le *coléorhize*, la gemmule le *scutellum*, coléoptile **(kanyegere, 2024)**

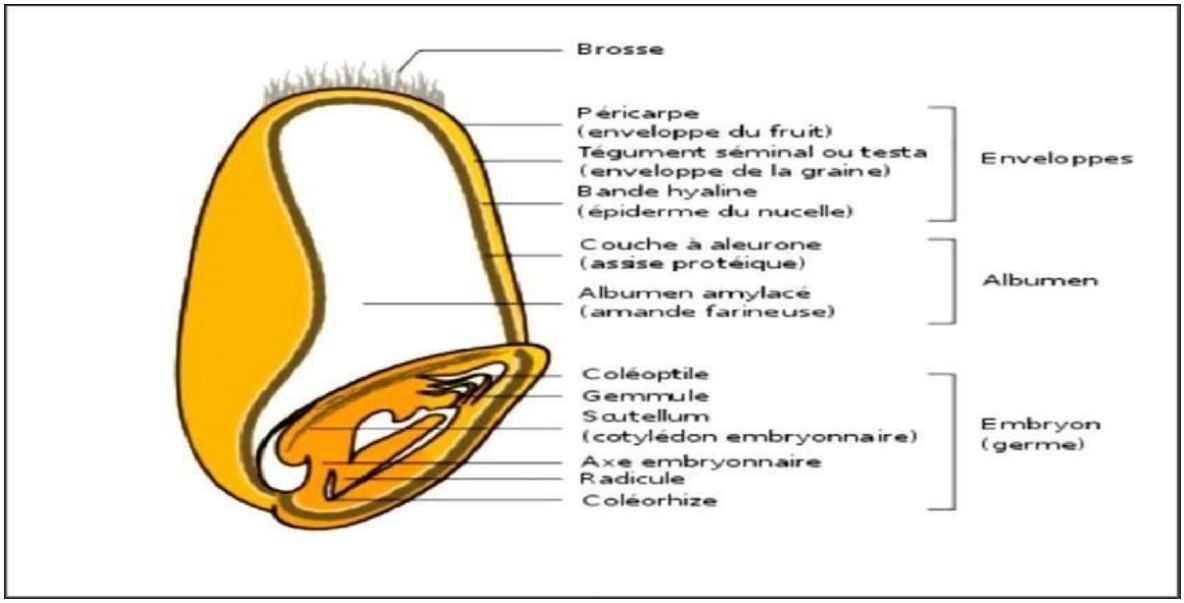


Figure 6 : Coupe du grain de blé (**Kanyegere, 2024)**

4-La composition chimique de blé dur :

La composition chimique de blé pour 100 g est présentée dans tableau suivant :

Tableau V :la composition chimique de blé dur **(Boudouma, 2009).**

Composant chimique	Valeur
Matière sèche	88%
Matière minérale	4,92%
Matière azotée totale	14,5%
Matière grasse	4,48%
Cellulose brute	10,6%
Amidon	20,8%
Hémicellulose	28,4%

5-La production de blé dur en Algérie :

La production de blé en Algérie durant la période 2023 a rencontré d'importantes difficultés. La production nationale a diminué de 27 %, atteignant 3,7 millions de tonnes, en raison de conditions climatiques défavorables. Une sécheresse a en effet affecté près de 1,2 million d'hectares de cultures céréalières **(Boukhari, 2024).**

CHAPITRE III

1-Cadre de l'étude pratique :

Ce travail de recherche a été réalisé au laboratoire 0.12, où j'ai pu mettre en pratique les connaissances théoriques acquises dans le cadre de mon mémoire de master. Les équipements et les ressources disponibles dans ce laboratoire m'ont permis de mener à bien mon projet de recherche et de collecter les données nécessaires pour valider mes hypothèses

2-Préparation des échantillons :

Nous avons acheté des feuilles de *Moringa oleifera* déjà sèches auprès d'un fournisseur commercial. À leur réception, nous avons effectué un contrôle visuel rigoureux pour nous assurer de leur propreté et de l'absence d'impuretés visibles, telles que poussières, fragments étrangers ou signes de moisissure. Étant donné que les feuilles étaient propres et bien séchées. Les feuilles ont ensuite été broyées à l'aide d'un broyeur de laboratoire IKA A10 basic pour obtenir une poudre fine. Après broyage, la poudre a été tamisée à l'aide d'un tamis de laboratoire d'un maillage d'environ 1 mm, afin d'homogénéiser la granulométrie et d'éliminer les particules trop grosses. La poudre ainsi obtenue a été soigneusement homogénéisée, puis stockée dans un flacon propre, sec et hermétiquement fermé, en vue des analyses ultérieures. **(Annexes 1)**

3-les analyses physicochimiques :

3.1-Taux d'humidité :

L'humidité de la poudre est déterminée par la méthode d'étuvage suivie d'un refroidissement en dessiccateur. Un échantillon de 2 g est chauffé à 105 °C, pendant 24 heures et l'opération est répétée trois fois pour assurer la reproductibilité des résultats**. (Annexes 2)** **3.2-**

3.2-Taux des cendres :

Le taux de cendres est déterminé conformément à la méthode **(AOAC,2000),** par minéralisation à sec. L'analyse est réalisée dans un creuset en porcelaine préalablement taré.

Un échantillon de 2 g de poudre végétale est placé dans un four à moufle de type Memmert, chauffé à 800 °C pendant 6 heures, jusqu'à obtention de cendres blanches à cette température, toute la matière organique est brûlée, ne laissant que la fraction minérale (inorganique) de l'échantillon. Après minéralisation, les creusets sont laissés à refroidir dans un dessiccateur avant d'être pesés**. (Annexes 3)**

Le taux de cendres (**Tc**) est ensuite calculé selon la formule suivante :

$$Tc\ (\%) = (M - M') / E \times 100\%$$

M : Masse finale (creuset + cendres totales).

M': Masse du creuset vide.

E : Prises d'essais de la matière.

3.3-Dosage de Sucre totaux :

La détermination de la quantité en oses repose sur le dosage des sucres totaux par la méthode de (**Dubois ,1956**) appelée aussi méthode phénol / acide sulfurique. Peser précisément 0,5 g d'échantillon dans un bécher, puis ajouter 20 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,5 N. Transférer le mélange dans une fiole jaugée de 500 ml, puis compléter le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Filtrer la solution obtenue, puis conserver le filtrat dans un tube en pyrex de 2 cm de diamètre. Prélever avec précaution 1 ml de cette solution, ajouter 1 ml de phénol à 5 %, suivi de 5 ml d'acide sulfurique concentré. Agiter soigneusement le mélange à l'aide d'un vortex. Placer ensuite le tube dans une étuve à 100 °C pendant 5 minutes, puis laisser reposer à l'obscurité pendant 30 minutes. Enfin, mesurer la densité optique de la solution à une longueur d'onde de 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Préparer une solution mère de glucose à une concentration de 0,01 g/100 mL (soit 100 µg/mL).

Prélever 1 mL de chaque solution étalon (en double pour chaque concentration), puis ajouter successivement 1 mL de phénol à 5 % et 5 mL d'acide sulfurique concentré (98 %) à l'aide d'une burette.

Après agitation à l'aide d'un vortex, placer les tubes dans une étuve à 100 °C pendant 5 minutes, puis les laisser à l'obscurité pendant 30 minutes.

Mesurer ensuite la densité optique de chaque solution à une longueur d'onde de 490 nm, puis tracer la courbe d'étalonnage en fonction des concentrations en glucose**. (Annexes 13)**

3.4-Dosage de lipides :

Méthode Soxhlet : La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments ou végétaux solides déshydratés (**BIPEA,1976)**.

L'échantillon solide (poudre de la plante) est pesé avec précision, puis placé dans une capsule en cellulose, perméable au solvant et aux lipides dissous. Ces capsules sont à usage unique.

L'extraction des matières grasses est réalisée de manière continue à l'aide d'un solvant, l'éther de pétrole, porté à ébullition. Celui-ci dissout progressivement les lipides contenus dans l'échantillon. Le solvant chargé en lipides retourne ensuite dans le ballon par siphonnage successif via le coude latéral de l'appareil.

Seul le solvant s'évapore à nouveau, ce qui permet l'accumulation des lipides dans le ballon jusqu'à extraction complète. Une fois le processus terminé, le solvant est éliminé, généralement à l'aide d'un évaporateur rotatif, puis la masse résiduelle de lipides est pesée**. (Annexes 7)**

La teneur en lipides est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Lipides (\%)} = (P1 - P2) / ME$$

P_1 : Masse du ballon après évaporation du solvant (g).

P_2 : Masse du ballon vide.

ME : Masse de la prise d'essai.

3.5-Dosage des protéines :

Le dosage des protéines a été réalisé selon la méthode de (**BIPEA, 1976)**, basée sur la méthode de Kjeldahl, à l'aide d'un distillateur Kjeldahl.

Cette technique repose sur la quantification de l'azote total, qui est ensuite converti en teneur en protéines. Pour cela, 1 g d'échantillon est soumis à une minéralisation avec 20 ml d'acide sulfurique concentré, en présence d'un catalyseur constitué de 10 g de sulfate de potassium (K_2SO_4) et de 2 g d'oxalate de potassium ($K_2C_2O_4$). La digestion est effectuée dans un digesteur de type Büchi 430 (Germany) pendant 5 heures. Une fois la minéralisation achevée, le mélange

est soumis à une distillation dans un distillateur Büchi 320 (Germany), après l'ajout de 70 ml d'une solution de soude (NaOH) à 40 %. Le distillat est recueilli dans 15 ml d'une solution tampon d'acide borique, préparée par dissolution de 40 g d'acide borique dans 1 000 ml d'eau distillée, avec l'ajout de 10 ml de rouge de méthyle à 0,05 % comme indicateur coloré. Le

Distillat est ensuite titré avec une solution d'acide sulfurique 0,1 N. **(Annexes 9)**

Les teneurs en azote total et en protéines brutes sont enfin calculées à l'aide des formules standard de la méthode Kjeldahl.

Taux d'azote total (%) =V (H2SO4) × N (H2SO4) × 0.014 ×100/P

N(H2SO4) = normalité de l'acide sulfurique.

4-Les analyses phytochimiques :

4.1-Rendement :

L'extraction des composés bioactifs a été réalisée par macération avec agitation, en utilisant deux solvants différents : éthanol 70 % et acétone 70 %. Pour chaque solvant, 10 g de poudre de plante sont mélangés à 150 ml de solvant. Le mélange est agité pendant 24 heures à température ambiante à l'aide d'un agitateur magnétique, puis filtré à travers du papier filtre Whatman. Une seconde extraction est effectuée sur le résidu solide (retentât) dans les mêmes conditions. Les deux filtrats sont combinés, puis le solvant est éliminé sous pression réduite à 40 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif (Büchi, Allemagne). Les extraits obtenus sont ensuite séchés dans une étuve réglée à 40 °C jusqu'à évaporation complète du solvant. Les extraits secs sont conservés au congélateur jusqu'à leur utilisation pour les différents tests. Avant chaque essai, les extraits sont reconstitués dans le même solvant que celui utilisé pour leur extraction. **(Annexes 6)**

Calcul du rendement :

Le rendement de l'extraction est le rapport entre la masse de l'extrait obtenu après évaporation Et la masse de la matière première végétale après séchage, exprimé en pourcentage.

$$R\% = ([MEX] / [MMV]) \times 100\%$$

MMV : masse de la matière végétale séchée et laminé (g).

MEX : masse de l'extrait obtenu après évaporation (g).

4.2-Polyphénols :

Le contenu en phénols totaux des extraits a été déterminé selon la méthode décrite par (**Singleton et Rossi ,1965),** 200 µL de chaque extrait ou solution étalon, préparés à des concentrations appropriées, sont mélangés avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalt dilué au dixième.

Après un temps de réaction de 4 minutes, 800 µL d'une solution de carbonate de sodium à 7,5 % sont ajoutés au mélange.

La solution est ensuite incubée à température ambiante pendant 2 heures. L'absorbance est mesurée à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre **(Annexes 5).**

La concentration en polyphénols totaux est déterminée à partir de l'équation de régression obtenue à partir d'une courbe d'étalonnage construite avec des solutions standards d'acide gallique (de 0 à 160 µg/ml).

Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (µg EAG/mg).

Un blanc est préparé en mélangeant 0,2 ml de méthanol avec 1 ml de réactif de Folin- Ciocalteu et 0,8 ml de la solution de carbonate de sodium.

La courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions permet de quantifier les teneurs en phénols totaux, exprimées en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/g) **(Annexes 10).**

4.3-Flavonoïde :

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits de *Moringa oleifera* Lam a été estimée selon la méthode décrite par (**Jain et *al.* 2011).**

Pour ce faire, 1 ml d'extrait est mélangé à 1 ml d'une solution méthanolique de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 2 %. Le mélange est ensuite incubé pendant 1 heure à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à double faisceau (modèle UV-1800, Shimadzu) **(Annexes 8).**

Le même protocole est appliqué avec des solutions de quercétine aux concentrations comprises entre 0 et 35 µg/ml afin d'établir une courbe d'étalonnage. Un blanc est préparé en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction**.**

Toutes les mesures sont effectuées en triplicata. La concentration en flavonoïdes des extraits est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine, et les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents de quercétine par gramme d'extrait sec (mg EQ/g).

4.4-B-carotène :

L'extraction et la quantification des caroténoïdes présents dans les feuilles de *Moringa oleifera* Lam ont été réalisées selon la méthode de **(Sass-Kiss et *al*. 2005).** À cet effet, 50 mg de poudre végétale sont mélangés à 10 ml d'un mélange de solvants composé d'hexane, d'acétone et d'éthanol dans un rapport volumique de 2:1:1 (V/V/V). Le mélange est agité pendant 15 minutes, puis centrifugé à 4 500 tours/min pendant 30 minutes. La phase supérieure (hexanique), contenant les pigments, est récupérée. Le culot est ensuite soumis à une seconde extraction dans les mêmes conditions **(Annexes4).** Les deux phases hexaniques sont combinées, puis l'absorbance de l'extrait est mesurée à 450 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis. La teneur en caroténoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec le β-carotène et les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents de β-carotène par milligramme de matière sèche (µg E β-C/mg MS) **(Annexes 11).**

4.5-Les tanins :

La teneur en proanthocyanidines a été déterminée en suivant la méthode décrite par **(Sun et *al*,1998)**, Pour cela, 0,5 ml d'une solution d'extrait (5 mg/ml) est mélangé à 3 ml d'une solution de vanilline à 4 % (p/v), préparée dans du méthanol, ainsi qu'à 1,5 ml d'acide chlorhydrique concentré (37 %). Le mélange est agité soigneusement, puis incubé pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance est ensuite mesurée à 500 nm à l'aide d'un

spectrophotomètre. Un blanc est préparé en remplaçant l'extrait par 0,5 mL de méthanol, le reste du mélange restant identique. Toutes les analyses sont effectuées en triplicata. La concentration en tanins condensés est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la catéchine comme standard, et les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents de catéchine par gramme d'extrait sec (mg EC/g Ex.) **(Annexes 12).**

4.6-Pouvoir réducteur :

Le pouvoir réducteur des extraits de *Moringa oleifera* est déterminé selon le protocole **(Oyaïzu,1986)** Peser 0,5 g de l'échantillon et le placer dans un bécher. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique à 0,5 N, puis mélanger soigneusement. Le mélange est ensuite incubé dans une étuve à 105 °C pendant 3 heures. Après refroidissement, transférer quantitativement le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 500 ml, puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Filtrer la solution obtenue, puis conserver le filtrat à 4 °C dans des tubes en pyrex de 2 cm de diamètre. Prélever ensuite 1 mL de l'échantillon, ajouter 1 ml de phénol et 5 ml d'acide sulfurique concentré. Après agitation au vortex, incuber le mélange à 100 °C pendant 5 minutes, puis le maintenir à l'obscurité pendant 30 minutes. La densité optique est ensuite mesurée à une longueur d'onde de 490 nm. 4.12- Activité scavenger à l'égard du radical libre DPPH

4.7-La capacité antioxydant des extraits des feuilles de *Moringa oleifera* Lam, par piégeage du radical libre :

2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), a été évaluée selon la méthode décrite par **(Burits et Bucar 2000)**. Une solution mère de DPPH a été préparée en dissolvant le composé dans 100 ml de méthanol. Une solution de travail a ensuite été obtenue en diluant cette solution mère de manière à obtenir une absorbance de (0,98 ± 0,02) à 517 nm. Pour le test, 100 µL de chaque extrait, à différentes concentrations, sont ajoutés à 2,5 ml de la solution de DPPH diluée. Le mélange est agité, puis incubé à l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance de la solution est ensuite mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Un contrôle est préparé en remplaçant l'extrait par du méthanol. Un blanc est également réalisé pour chaque extrait en mélangeant 2,5 ml de méthanol avec 100 µL du solvant d'extraction. Toutes les analyses sont effectuées en triplicata.

5-Préparation de couscous complet :

5.1-Matériel :

5.1.1-La Djeffna (ou Guessâa) : récipient traditionnel en bois, de forme circulaire, d'environ 45cm de diamètre et 5 cm de profondeur. Elle est utilisée pour le pétrissage manuel et le roulage de la farine de blé.

5.1.2-Les tamis : quatre tamis de mailles différentes ont été utilisés pour le calibrage du couscous après roulage. Ces tamis permettent d'éliminer les agglomérats et de standardiser la taille des grains : Tamis de 2200 µm : pour éliminer les gros amas.

Tamis de 2000 µm : pour le calibrage initial.

Tamis de 1000 µm : pour affiner la texture.

Tamis de 500 µm : pour retirer les particules fines ou résidus après séchage.

5.1.3-Le couscoussier (cuiseur à vapeur) : appareil en acier inoxydable composé de deux parties. La partie inférieure sert à chauffer l'eau, produisant de la vapeur, tandis que la partie supérieure, perforée à sa base (diamètre du fond : 160 mm), accueille le couscous pour une cuisson à la vapeur douce.

5.1.4-Le broyeur (IKA A10 basic) : broyeur électrique de laboratoire utilisé pour réduire les feuilles de *Moringa oleifera* Lam séchées en une poudre fine.

Ce modèle est adapté au broyage de matières végétales sèches et permet d'obtenir une granulométrie uniforme.

5.2-Les ingrédients :

-La farine de blé dur (*Triticum durum*) de la variété Bousselem c'est une variété locale sa qualité, ce qui facilite le façonnage et la cuisson à la vapeur du couscous.

-La poudre des feuilles de *Moringa oleifera* Lam.

-L'eau utilisé eau de LALA KHEDIJA.

Tableau VI : La composition chimique de l'eau

Composant chimique	valeur
potassium	0,40
calcium	49
Sulfates	3
Magnésium	5
sodium	3,1
Chlorures	7
Nitrates	5,94
Fluor	0,11
Résidus secs	178
ph	7,42

-Le sel utilisé est un sel de cuisine iodé produit par l'entreprise national de sel (ENASEL).

5.3-Méthodes :

5.3.1-Tamisage initial : La farine de blé est d'abord tamisée pour séparer la grosse de la fine.

5.3.2- Première cuisson vapeur La grosse farine de blé est cuite à la vapeur pendant environ 7 minutes afin d'augmenter son volume et d'éviter la formation de grumeaux.

5.3.3- Humidification et incorporation du *Moringa oleifera* : La farine de blé est ensuite humidifiée avec environ 100 mL d'eau salée contenant entre 0,5 et 1 g de sel. C'est à ce stade qu'est incorporée

La poudre de *Moringa oleifera* selon les concentrations prévues pour chaque échantillon **(1 %, 5 %, et 10 %)**. Le mélange est soigneusement malaxé pour assurer une distribution homogène de la poudre dans toute la masse de farine de blé.

5.3.4-Roulage : Le roulage est réalisé manuellement, en ajoutant progressivement la semoule fine et un peu d'eau salée, jusqu'à obtention de grains de couscous bien formés par agglomération.

5.3.5-Tamisage final : Deux tamis sont utilisés : Un à perforations fines pour éliminer les particules trop petites. Un à perforations plus larges pour retirer les agglomérats indésirables (« fetla »).

5.3.6- Pré-cuisson vapeur : Les grains de couscous sont ensuite cuits à la vapeur pendant 10 minutes.

Ce traitement thermique est essentiel pour stabiliser la forme des grains et gélatiniser ’amidon, tout en assurant une bonne tenue lors de la cuisson finale.

5.3.7-Séchage : Le couscous est étalé sur un papier propre dans un endroit aéré, à température ambiante, jusqu’à atteindre un taux d’humidité résiduelle d’environ 12,5 %, garantissant ainsi une bonne conservation. **(Annexes 14)**

Les étapes de préparation du couscous enrichi en feuilles de *Moringa oleifera* sont indiquées dans le diagramme de la figure suivant

.

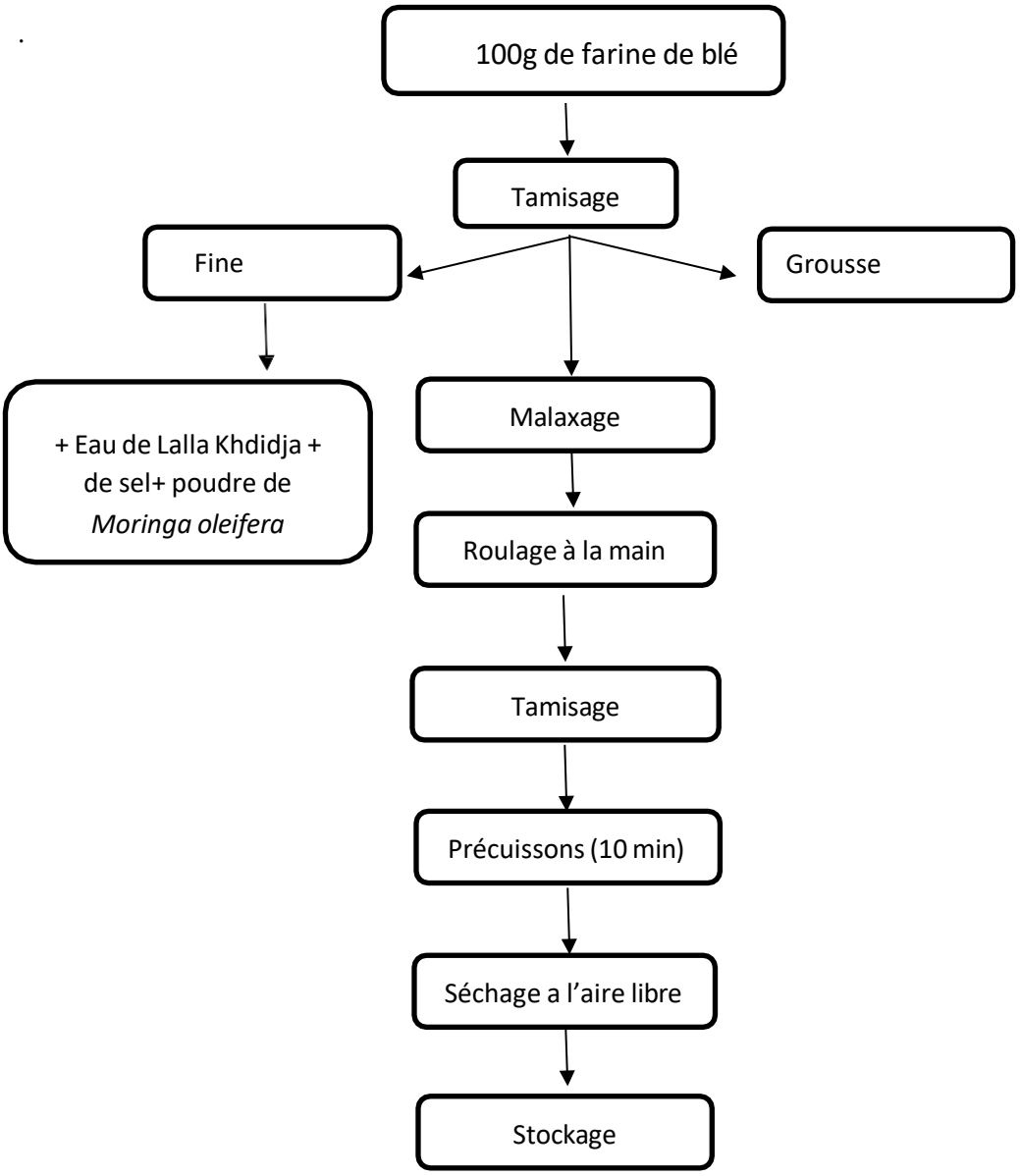


Figure 7 : Diagramme de préparation de couscous complet enrichie des feuilles de*Moringa oleifera* Lam

CHAPITRE

IV

1- Analyses physicochimiques des feuilles de *Moringa oleifera* Lam :

Tableau VII : Résultats des analyses physicochimiques :

Humidité (%)	Cendres (%)	Lipide (%)	Protéine (%)	Sucres Totaux (%)
4,66±0,57	5,99±0,49	1,54±0,15	20,24±0,2	12,9±0,2

1.1-Humidité :

Dans cette présente étude, la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. Contient 4,66 ± 0,57 % d'humidité. Ce taux est raisonnable et montre que la poudre est bien séchée, ce qui aide à la conserver plus longtemps. En comparaison, (HOUNDJI et *al.*, 2013) ont obtenu une valeur plus faible, soit 2,63 ± 0,09 %, ce qui peut être dû à une méthode de séchage plus efficace ou à des conditions environnementales différentes.

À l'inverse, **(MAMY et *al.*, 2020)** ont rapporté une teneur plus élevée en humidité, soit **7,24 ± 0,29 %**, ce qui peut augmenter le risque de détérioration du produit si les conditions de stockage ne sont pas optimales.

1.2-Cendre :

La teneur en cendres obtenue dans cette étude est de **5,99 ± 0,49 %**, ce qui reflète la quantité globale de matières minérales présentes dans les feuilles de *Moringa oleifera* Lam.

Cette valeur confirme que cette plante possède un bon potentiel en éléments minéraux essentiels**.**

Lorsque l'on compare ce résultat à ceux d'autres auteurs, on constate une variabilité notable. En effet, (**Ouédraogo et *al.*, 2018)** ont rapporté une teneur plus élevée de **10,27 %**, tandis que (**Houndji et *al.*, 2020)** ont trouvé une valeur plus faible de **2,36 %**. De leur côté, (**Mamy et *al.*,2020)** ont obtenu une teneur intermédiaire de **4,35 ± 0,27 %**, relativement proche de celle obtenue dans notre étude. Ces différences peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique des échantillons, les pratiques culturales, le stade de maturité des feuilles, ainsi que les méthodes de séchage et d'analyse utilisées.

1.3-Dosage des lipides :

Dans notre étude, la teneur en lipides des feuilles de *Moringa oleifera* était de **1,54 ± 0,15 %**, ce qui montre une faible présence de matières grasses.

L'étude de **(MAMY et *al.*,2020)** a rapporté une teneur un peu plus élevée, à **3,01 ± 0,17 %**. Malgré cette différence, les deux résultats restent proches et confirment que les feuilles de *Moringa* contiennent peu de lipides.

Cela renforce l'intérêt de cette plante dans les régimes alimentaires faibles en graisses, tout en apportant d'autres nutriments importants.

1.4-Protéine :

Le dosage des protéines totales réalisé dans cette étude sur les feuilles de *Moringa oleifera* Lam a révélé une teneur de **20 g/100g** de matière sèche. Ce qui confirme que cette plante est très riche en protéines, en accord avec ses propriétés nutritionnelles et médicinales bien connues.

Nos résultats sont proches à ceux de (**Zongo et *al.*,2013)**, qui ont trouvé **21,8 g/100 g,** et de (**Owon et *al.*, 2021)** Qui ont rapporté **22,8 g/100 g**. Ces données confirment la fiabilité de nos résultats et la stabilité de la teneur en protéines du *Moringa oleifera* dans différentes études.

La composition nutritionnelle peut être influencée par le type de sol ainsi que par les conditions climatiques.

Le Moringa oleifera Lam est reconnu pour sa teneur en protéines de haute qualité, facilement digestibles, dont la valeur est liée à la qualité de ses acides aminés **(Foidl et *al.*, 2001).**

1.5-Glucides :

La teneur en glucides mesurée dans notre étude, soit **12,9 ± 0,2 %,** est nettement inférieure à celle rapportée par **(Masitiha et *al.*,2024),** qui a trouvé une valeur de **38,3 %** pour la même variété, *Moringa oleifera* Lam. Cette différence peut s'expliquer principalement par les conditions de culture, telles que le type de sol, le climat, la période et le mode de récolte, qui influencent la composition chimique des feuilles. De plus, les méthodes d'extraction et d'analyse utilisées peuvent également entraîner des variations dans les résultats.

2- Les analyses phytochimiques des feuilles de *Moringa oleifera*:

2.1-Rendement :

Histogramme ci-dessous présente les rendements d'extraction des feuilles de *Moringa oleifera* Lam à l'aide deux solvants :

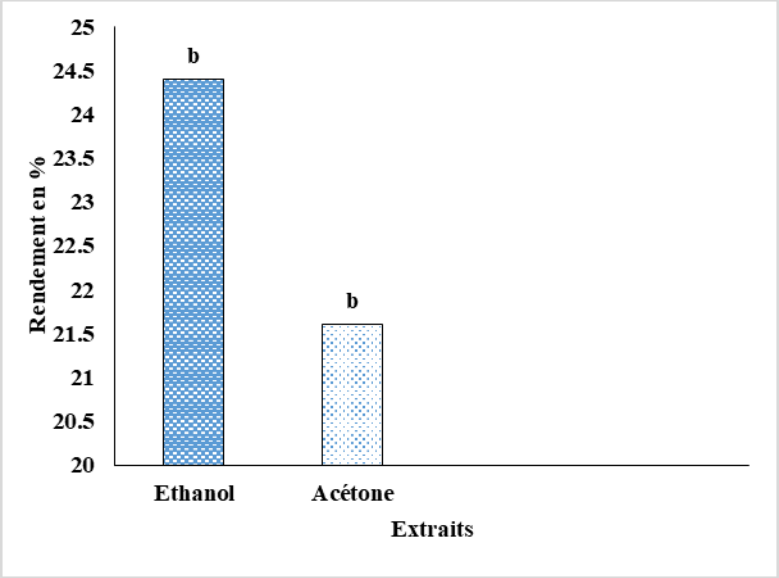


Figure 8 : Histogramme montrant le rendement d'extraction de feuilles de *Moringa oleifera*

Dans ce présent travail, nous avons obtenu un rendement de **24,4 %** avec l'éthanol et **21,6 %** avec l'acétone. L'éthanol a donc été plus efficace pour extraire les composés de l'échantillon. Cela peut s'expliquer par sa polarité, qui lui permet d'extraire plus de substances actives.

En comparaison, (**NaCo et *al.*, 2024)** ont obtenu un rendement de **25,72 %** en utilisant un mélange d'eau et de méthanol (hydro-méthanolique). Leur rendement est légèrement supérieur au nôtre, probablement grâce à l'effet combiné de l'eau et du méthanol, qui permet d'extraire un plus large éventail de composés.

2.2-Polyphénols :

Histogramme ci- dessous présente la teneur en polyphénols totaux des extraits différents de feuilles de *Moringa oleifera* Lam :

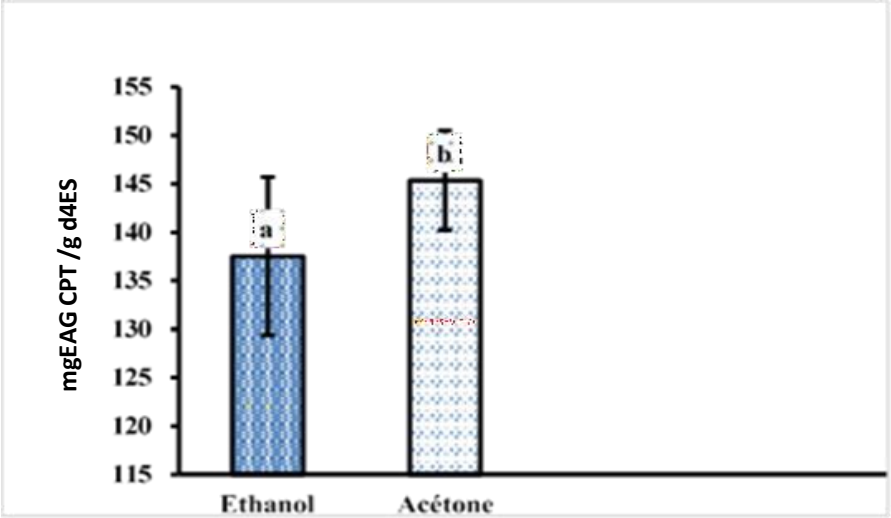


Figure 9 : Histogramme montrant les teneurs en polyphénols totaux de *Moringa oleifera*

Dans cette présente étude, la teneur en polyphénols totaux a été évaluée à **137,53 µg EAG/mg** d'extrait sec pour l'extrait éthanolique et à **145,36 µg EAG/mg** pour l'extrait acétonique. Ces résultats montrent une teneur légèrement plus élevée en polyphénols dans l'extrait acétonique, suggérant que l'acétone est un meilleur solvant pour l'extraction des composés phénoliques dans nos conditions expérimentales.

En comparaison, **(Naco et *al*.,2024)** ont obtenu des valeurs nettement plus faibles : **37,837 µg EAG/mg** pour l'extrait éthanolique, **50,541 µg EAG/mg** pour l'extrait méthanolique et **23,255 µg EAG/mg** pour l'extrait aqueux. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la méthode d'extraction utilisée, l'origine des feuilles de *Moringa oleifera*, les conditions de culture (sol, climat) ou encore le protocole de dosage. Ainsi, nos résultats indiquent une extraction plus efficace des polyphénols, particulièrement avec l'acétone, ce qui pourrait être lié à une meilleure solubilité des composés phénoliques dans ce solvant dans notre contexte expérimental.

2.3-Flavonoïdes :

Histogramme ci- dessous présente la teneur en flavonoïdes des extraits différents de feuilles de *Moringa oleifera* Lam.

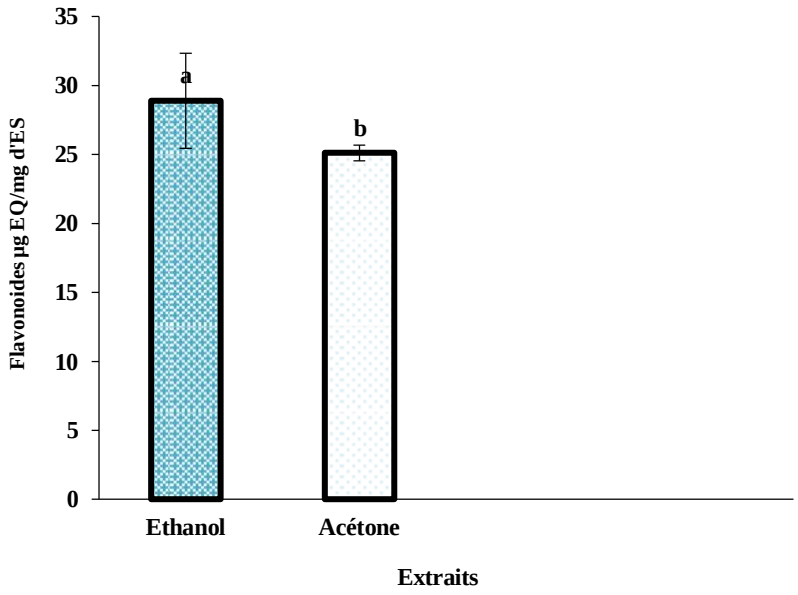


Figure 10 : Histogramme montrant les teneurs en flavonoïdes totaux des différents extraits des feuilles de *Moringa oleifera* Lam

La teneur en flavonoïdes mesurée dans notre étude est de **28,89 ± 3,45 mg CE/g** dans l'extrait éthanolique et de **25,12 ± 0,57 mg CE/g** dans l'extrait acétonique. Ces résultats sont comparables à ceux d'un (**Boumaza et *al.*,2023)** qui a rapporté des teneurs **38.59 mg CE/g** dans des extraits méthanoliques de feuilles de *Moringa oleifera* Lam à différents stades de maturité. Cette proximité suggère que nos méthodes d'extraction sont efficaces pour isoler les flavonoïdes. Les légères variations observées peuvent être dues aux différences de solvants employés ainsi qu'aux stades de maturité des feuilles utilisées, qui influencent la concentration en flavonoïdes. Ces données confirment que les feuilles de *Moringa oleifera* Lam constituent une source importante de flavonoïdes aux propriétés bénéfiques.

2.4-B-carotène :

Mo= 0.55 **B-carotène=**8.33µg EB-carotène /mg d'ES.

La teneur en β-carotène obtenue dans notre étude (8,33 ± 0,55 µg/mg d'extrait sec) montre que *Moringa oleifera* Lam est une bonne source de caroténoïdes. Ce résultat est cohérent avec celui rapporté par **(Haroen et *al,* 2022)**, qui ont trouvé 0,956 % de caroténoïdes dans la poudre de feuilles. Les différences entre les deux études peuvent être dues à la forme de l'échantillon, aux méthodes d'extraction ou aux conditions de culture. Globalement, ces résultats confirment le potentiel nutritionnel du *Moringa oleifera* Lam, notamment comme source de provitamine A.

2.5-Les tanins :

Histogramme ci- dessous présente la teneur en tanins des extraits différents de feuilles de *Moringa oleifera* Lam :

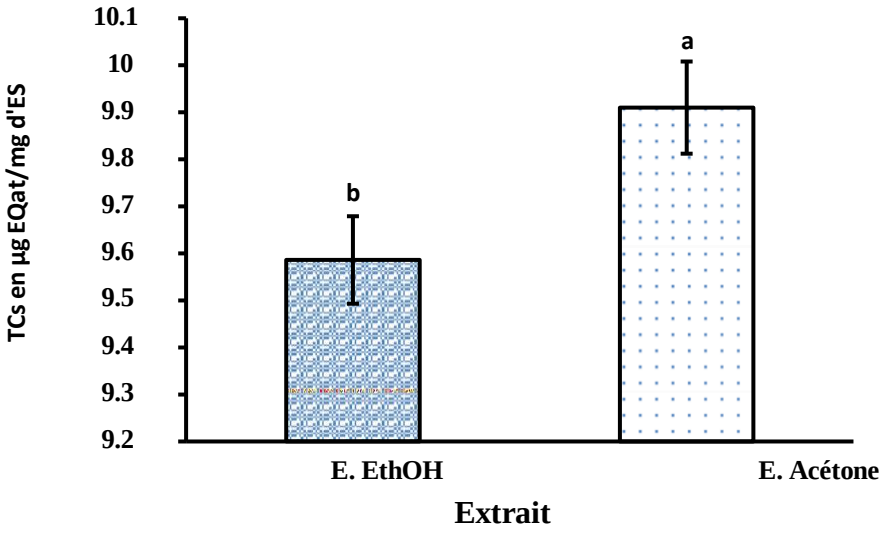


Figure 11 : Histogramme montrant les teneurs en tanins condensés des différents extraits

De **9,586 mg EQat/g d'extrait sec** pour l'extrait éthanolique et **9,913 mg EQat/g** pour l'extrait acétonique. Ces résultats montrent que l'acétone a permis une extraction légèrement plus efficace que l'éthanol, ce qui suggère une meilleure affinité de ce solvant pour les tanins condensés présents dans les feuilles de *Moringa oleifera* Lam.

Ces données ont été comparées à celles rapportées par (**HOUNDJI et *al.*,2024)**, qui ont obtenu des teneurs variables selon le solvant utilisé : **5,493 ± 0,049 mg/g** pour l'extrait aqueux, **9,893 ± 0,023 mg/g** pour l'éthanolique, et une teneur plus élevée de **12,617 ± 0,056 mg/g** pour l'extrait méthanolique. Les valeurs éthanoliques dans les deux études sont très proches, ce qui renforce l'idée que l'éthanol est un solvant efficace pour l'extraction des tanins dans les feuilles de *Moringa oleifera* Lam. Cependant, la teneur plus élevée obtenue avec le méthanol dans

l'étude de HOUNDJI indique que ce solvant pourrait être encore plus performant pour extraire les tanins, probablement en raison de sa polarité intermédiaire et de sa capacité à solubiliser une large gamme de composés phénoliques.

2.6- Activité scavenger à l'égard du radical libre DPPH :

Histogramme ci- dessous présente l'activité scavenger des différents extraits de feuilles de *Moringa* oleifera Lam l'égard du radical DPPH **:**

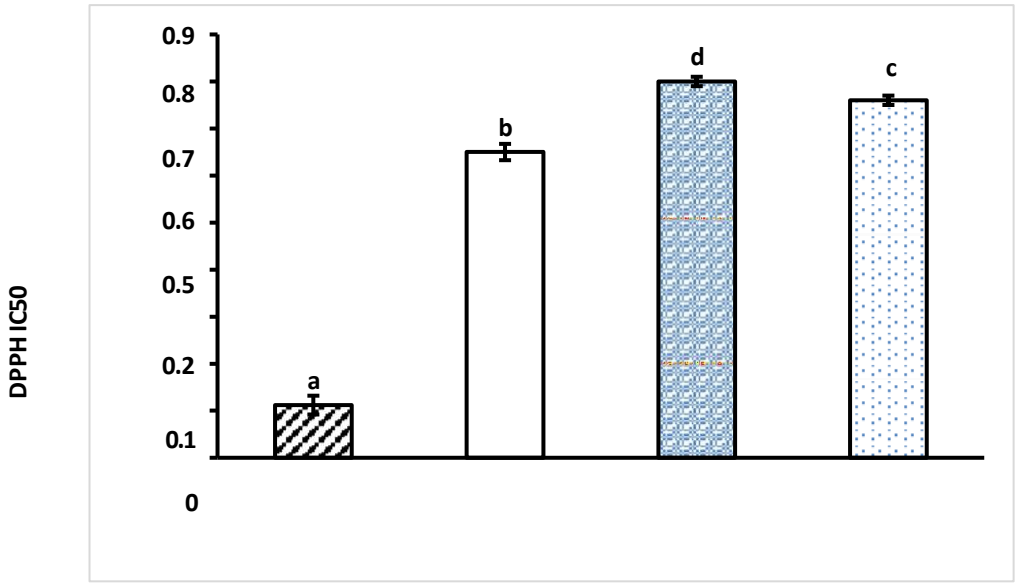


Figure 12 : Histogramme montrant l'activité antioxydant des différents extraits de feuilles de *Moringa oleifera* l'égard du radical DPPH.

L'activité antioxydant des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* Lam mesurée par la méthode DPPH est de 0,8 ± 0,01 dans notre étude, supérieure à la valeur de 0,435 rapportée par **(Segwatibe et *al.*,2023).** Cette différence peut s'expliquer par la nature et la concentration des composés antioxydants, les méthodes d'extraction utilisées, ainsi que les conditions de culture et de récolte des feuilles. Ces résultats confirment que les feuilles de *Moringa oleifera* Lam ont un fort potentiel antioxydant, bien que les variations entre études soulignent l'importance de standardiser les protocoles pour des comparaisons plus fiables.

2.7-Pouvoir réducteur :

Histogramme ci- dessous présente le pouvoir réducteur des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* Lam **:**

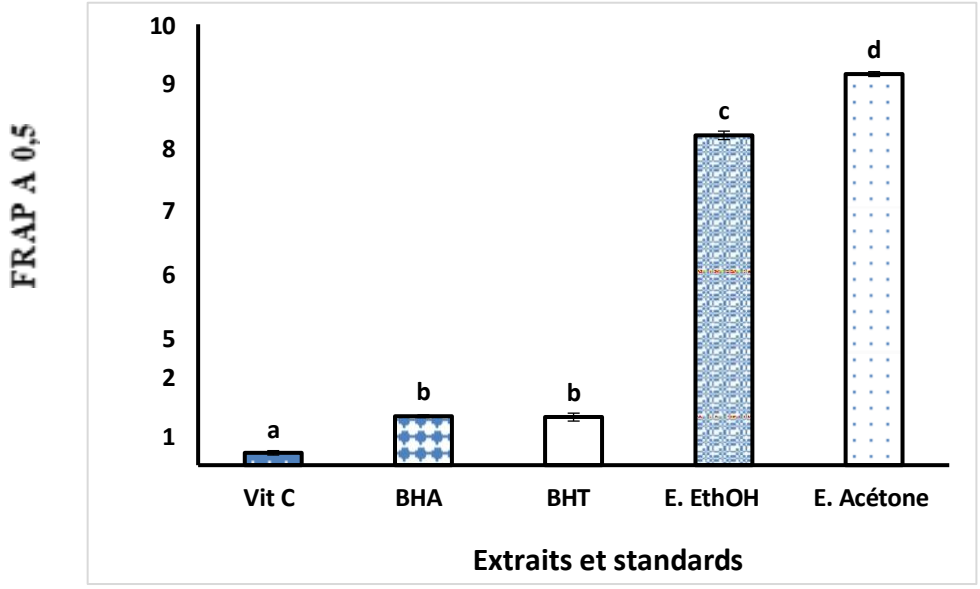


Figure 13 : Histogramme montrant le pouvoir réducteur des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* Lam

L'activité antioxydant mesurée par la méthode FRAP dans notre étude est de 7,48 ± 0,09 mg/ml pour l'extrait éthanolique et de 8,87 ± 0,05 mg/ml pour l'extrait acétonique, des valeurs bien supérieures à celle de 0,249 mg/ml rapportée par **(segwatibe et *al.*,2023)**. Cette différence peut être due aux solvants utilisés, aux conditions de culture, au stade de maturité des feuilles, ou aux variations méthodologiques. Ces résultats confirment que les extraits de *Moringa oleifera* Lam ont une activité antioxydant élevée.

3- L'analyse sensorielle :

Cette étude visait à évaluer l'impact de l'enrichissement du couscous en poudre de feuilles de *Moringa oleifera* Lam sur ses propriétés organoleptiques, à travers une analyse sensorielle réalisée sur quatre échantillons : un échantillon témoin (0%) et trois échantillons enrichis à 1%, 5% et 10% **(Annexes 15).**

Le graphique compare les scores sensoriels obtenus pour le couscous avec 0%, 1%, 5% et 10% de poudre de feuilles de *Moringa.oleifera* Lam

Les critères sensoriels évalués sont : Couleur Odeur, Texture, Goût, Acceptabilité global

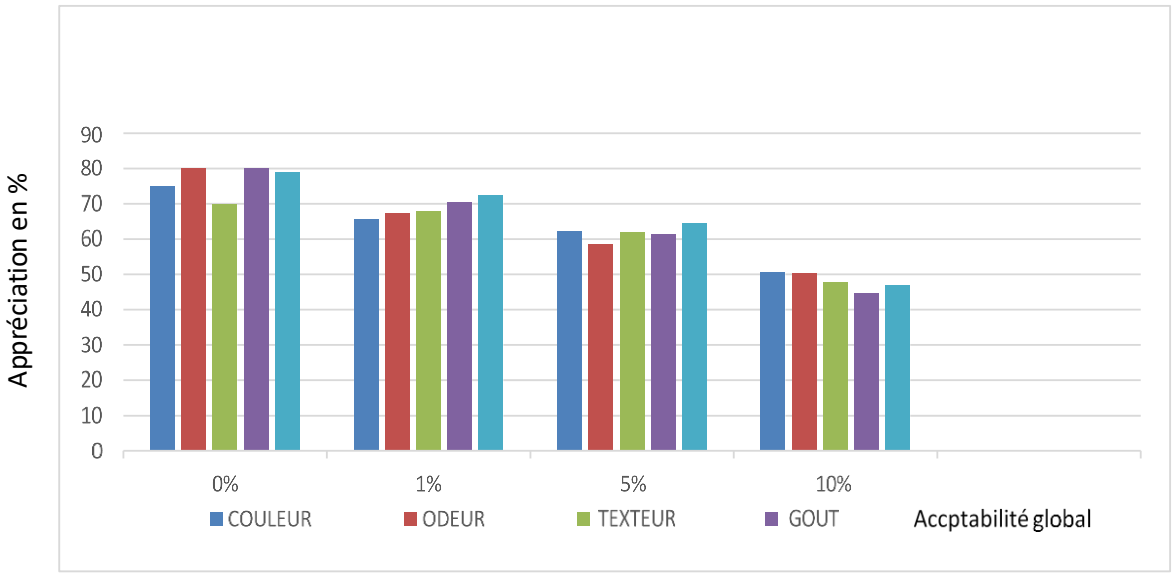


Figure 14 : Evaluations sensorielles de couscous enrichie des feuilles de *Moringa oleifera.* Lam

1-Couleur : Le couscous complet témoin (0%) a obtenu les meilleures notes (~75), traduisant une couleur traditionnelle et bien acceptée.

Avec l'ajout de 1% de poudre de *Moringa oleifera* Lam, une légère baisse a été observée (~65), mais la couleur reste globalement acceptable.

En revanche, les échantillons enrichis à 5% et 10% ont enregistré des notes nettement inférieures (~55 et ~45), en raison de l'assombrissement de la couleur vers un vert foncé.

Comparés au témoin, ces changements visuels rendent le produit moins attrayant pour les consommateurs habitués à l'aspect classique du couscous.

2-Goût : Le goût du couscous complet témoin a été le plus apprécié (~75), représentant le profil gustatif attendu.

À 1% de *Moringa oleifera* Lam, le goût reste acceptable (~65), malgré une légère amertume. À 5%, l'amertume devient plus marquée (~55), ce qui entraîne une baisse de l'acceptabilité. À 10%, la note chute davantage (~45), révélant une saturation du goût végétal.

En comparaison avec le témoin, chaque augmentation de la poudre de *Moringa oleifera* Lam dégrade progressivement l'appréciation gustative.

3-Odeur : L'odeur du couscous complet témoin (~70) a été jugée plaisante et familière.

Avec 1% de poudre, un léger changement olfactif est noté (~63), mais sans altérer l'acceptabilité. Aux niveaux de 5% et 10%, les scores diminuent sensiblement (~55 et ~45), en raison de l'intensité croissante de l'odeur végétale du *Moringa oleifera* Lam.

Par rapport au témoin, ces arômes deviennent moins agréables et peuvent perturber les consommateurs non habitués.

4-Texture : La texture du couscous complet témoin a été la mieux notée (~75), grâce à sa finesse et homogénéité.

À 1%, la texture reste relativement similaire (~66), sans effet notable.

À 5%, une légère rugosité apparaît (~60), probablement liée à l'enrichissement en fibres. 10%, la texture devient moins agréable (~50), avec une cohésion réduite.

Comparée à celle du témoin, la texture des échantillons enrichis se dégrade graduellement avec l'augmentation du taux de *Moringa oleifera.* Lam

5-Acceptabilité globale : L'échantillon témoin a obtenu la meilleure note globale (~75), reflétant un bon équilibre sensoriel.

L'échantillon à 1% reste bien noté (~70), indiquant une bonne tolérance à cette légère modification.

À 5%, l'acceptabilité diminue (~60), et chute encore à 10% (~43), révélant un rejet notable. Comparativement au témoin, l'appréciation globale diminue avec l'augmentation du *Moringa oleifera* Lam, en raison des effets cumulatifs sur le goût, la couleur, l'odeur et la texture

CONCLUSION

Conclusion :

Cette présente étude a permis de démontrer que les feuilles de *Moringa oleifera* Lam constituent une excellente source de nutriments et de composés antioxydants, justifiant leur intérêt dans le cadre d'une stratégie de lutte contre la malnutrition.

La valorisation de cette plante, notamment par son intégration dans un produit alimentaire courant tel que le couscous complet, permet non seulement d'améliorer la valeur nutritionnelle de l'aliment, mais aussi de proposer une approche durable, économique et culturellement acceptable. Les analyses ont montré que l'extrait acétonique était légèrement plus efficace dans l'extraction des composés phénoliques, tandis que l'incorporation de 1 % de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* Lam dans le couscous complet constituait un bon compromis entre qualité nutritionnelle et acceptabilité sensorielle. En somme, ce travail met en évidence le potentiel du *Moringa oleifera* Lam comme complément alimentaire local et fonctionnel, adapté aux réalités des populations en zones à ressources limitées. Il ouvre ainsi la voie à des recherches complémentaires pour étendre son usage dans d'autres formulations alimentaires et pour soutenir des politiques de nutrition basées sur les ressources naturelles locale.

RÉFÉRENCÉES

Références :

-Amadou I., Lawali S. (2022) Smart Management of Malnutrition Using Local Foods : A Sustainable Initiative for Developing Countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, Article 725536.

-Abd El-Hack M. E., Alqhtani A. H., Swelum A. A., El-Saadony M. T., Salem H. M., Babaglaiti A. O., Taha A. E., Ahmed O., Abdo M., El-Tarabily K. A. (2022). Pharmacological, nutritional and antimicrobial uses of Moringa oleifera Lam. leaves in Poultry nutrition: an updated knowledge. Poultry Science, 101(1), 102031.

-Ayandiran SK, Odeyinka SM, Odedire JA. (2019) Performance de croissance et digestibilité des nutriments chez les chèvres naines d'Afrique de l'Ouest (WAD) nourries avec des déchets de pain et des feuilles de Moringa oleifera. Revue Internationale des Sciences Animales, 3(2) : 1047.

-Alliance Bioversity International-CIAT. (2022). Fiche sur la Moringa. Programme DeSIRA Development Smart Innovation through Research in Agriculture. https://eu.docs.wps.com

-Abdoun, K. ; Alsagan, A.; Altahir, O.; Suliman, G.; Al-Haidary, A.; Alsaiday, M. (2023). Cultivation and Uses of Moringa oleifera as Non-Conventional Feed Stuff in Livestock Production : A Review. Life, 13(1), 63. https://doi.org/10.3390/life13010063

-Armelle Saint Sauveur, A. ; Broin, M. (2010). Growing and processing moringa leaves. Moringanews / Moringa Association of Ghana page 19.

-AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (13thedn). Association of Official AnalyticalChemist: Washington, DC. Agron. Fr (1), p12.

-Boukhari, R. (2024, mars 23). Production de blé en 2024 : Une récolte de 40 million de quintaux attendue. L'indépendant. https://independant.net

-BIPEA. (1976). Bureau interprofessionnel d'études analytique, Recueil des Méthodes d'Analyse des Communautés Européennes. BIPEA : Genevilliers; 51-52.

-Burits M., Bucar F. (2000). Antioxidant Activity of NigellaSativa Essential Oil, Phytotheraphy.Res., 5(14), 323-328. http:// doi.org/ 10.1002/1099-

-Boumaza-Hamladj, S., Benahbyes, N., Touab, S., El Haddad, I., Bouchenak, O., Belemlil, N., Berrichi, D., & Meziani, I. (2023). Flavonoic content and antibacterial evaluation of Moringa oleifera Lam. leaves grow in Algeria. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology Research, 14(3), 191–195.

Boudouma, D. (2009). Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. Livestock Research for Rural Development, 33(10)

-Chene Christian. (2020). Fleurs de Moringa du jardin [Photographie]. Flickr. https://www.flickr.com/photos/chenec/-Chis Adina., Noubissi Paul Aimé., Pop Oana. Lelia., Mureșan Carmen Ioana., Michel Archange Fokam Tagne, Kamgang René, Fodor Adriana, Sitar- Tăut Adela - Viviana

Cozma, A., Orășan, O. H., Hegheș, S. C., Vulturar, R. ; Suharoschi, R. (2024). Bioactive Compounds in Moringa oleifera : Mechanisms of Action, Focus on Their Anti-Inflammatory Properties. Plants, 12(23), 4246

-DOUKAN, K., TABAK, S., GOURCHALA, F., MIHOUB, F., OUNES, M ;

HENNIAGUABA, M. (2013). Caractérisation physico-chimique du blé fermenté par stockage souterrain (Matmora). Revue d'Écologie-Environnement, 9, 1–9

-Dubois M.K.A., Gilli Y.K., Hamilton P.A. (1956). Colorimetricmethod for determination of sugars and related substances Anal And chem, 28 :350-356.

-El-Mohamedy R.S.R., Abdalla A.M. (2014) Évaluation de l;activité antifongique des extraits de Moringa oleifera en tant que fongicide naturel contre certains champignons phytopathogènes in vitro. Journal of Agricultural Technology, 10(4) : 963–982.

-El-Mohamedy R.S.R., Abdallah A.M., Ghoname A.A. (2016). Application sur le terrain du chitosane et des extraits de Moringa oleifera comme alternatives aux fongicides pour contrôler la brûlure précoce et améliorer la croissance ainsi que la qualité du rendement de la pomme de terre. Plant Pathology Journal, 15, 135–143.

-Ebeid HM, Aboamer AA, Elella AAA, Khattab IM, Matloup OH, Hadhoud FI. (2022). quot;Evaluation of ruminal degradation characteristics of dehulled moringa seed cake and its influence on performance of lactating Damascus Goats." Journal of Animal Health and Production, 10(4) :466–7

-Frank60. (2017). Graines et fruits de Moringa Oleifera. Les herbes asiatiques ont des propriétés médicinales [Photographie]. Consulté sur Shutterstock : https://www.shutterstock.com/image-photo/moringa-oleifera-seeds-fruit-asian-herbs-598447418.

-FAO, FIDA, UNICEF, PAM, OMS. (2023). L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc3017en

-Fardous, M. A., Abdelaty, H. S; Saleh, S. A. (2024). Exploring the multifaceted uses of Moringa oleifera: Nutritional, industrial and agricultural innovations in Egypt. Discover Food, 4(146)

-FAO (1982). Espèces fruitières forestières: fiches techniques. Étude FAO : Forêts n° 34, Organisation des Nations Unies pour;alimentation et ;agriculture, Rome,p132- 133.1-

Denieulle Jérémy, 2023, « Géopolitique du blé : une céréale dans la mondialisation », Géoconfluences, ENS Lyon, publié le 16 novembre 2023, consulté le 30 mai 2025, URL : https://geoconfluences.ens-lyon.fr/articles/geopolitique-du-ble

-FAO (2004). Perspectives alimentaires – Utilisation mondiale de céréales : Situation en 2003/04. Département économique et social, Rome, avril 2004. Disponible sur : https://www.fao.org

-Foidl Nikolaus, Makkar Harinder P.S., Becker Klaus (2001). Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie. In Potentiel de développement des produits du Moringa, Dar es Salaam, Tanzanie. 29 octobre – 2 novembre 2001, p. 1.

-Gandji K., Chadare F. J., Idohou R., Salako V. K., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakaï R. L. (2018). Status and utilisation of Moringa oleifera Lam: A review. African Crop Science Journal, Vol. 26, No. 1, pp. 137–156.page consultée : 139.

-Houndji Bidossessi Victor Saturnin, Ouetchehou Romaric, Londji Serge Bruno Marius, Eamouzou Kou'Santa Sabbia, Yehouenou Boniface, Ahouendo Cohovi Bonaventure (2013). Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la poudre de feuilles de Moringa oleifera (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 7(1), 75–85.

-Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), (2019). Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. https://www.itgc.dz/wp-content/uploads/2019/04/Guide-des-principales-varietes.pdf

-Jean, Charlotte. (2023). Moringa, l'arbre de vie. Darwin Nutrition, à partir de https://www.darwin-nutrition.fr/aliments-benefiques/moringa-arbre-de-vie

-Jain D.P., PancholiS.S ., Rakesh Patel R. (2011). Synergisticantioxidantactivity of green teawithsomeherbs. J.Adv. Pharm. Technol. Res. 2, 177–183.

-Kanyegere There John. (2024). Évaluation de l'impact des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la résistance du blé tendre (Triticum aestivum) au stress hydrique dans les Conditions édapho-climatiques de Lubumbashi. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques.

-Kou, X., Li, B., Olayanju, J. B., Drake, J. M.; Chen, N. (2018). Nutraceutical or Pharmacological Potential of Moringa oleifera Lam. Nutrients, 10(3), 343.

-Kashyap, P., Kumar, S., Riar, C. S., Jindal, N., Baniwal, P., Guiné, R. P. F., Correia, P. M. R., Mehra, R., & Kumar, H. (2022). Recent Advances in Drumstick (Moringa oleifera) Leaves Bioactive Compounds : Composition, Health Benefits, Bioaccessibility, and

Dietary Applications. Antioxidants, 11(11), 2101

-Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., & Laleye, A. (2015).Étude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise : Khaya senegalensis (Desr) A. Juss (Meliaceae), Momordica charantia Linn (Cucurbitaceae) et Moringa oleifera Lam (Moringaceae). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(5), 2682–2700.

-Mahmoud A.E.M. (2013). Effet de l'alimentation à base de tiges de Moringa oleifera sur les performances productives des agneaux en croissance. Revue Égyptienne de Nutrition et d'Alimentation, 16(2) : 281–292.

-Masitha, E. P., Seifu, E., Teketay, D. (2024). Nutritional composition and mineral profile of leaves of Moringa oleifera provenances grown in Gaborone, Botswana. Food Production, Processing and Nutrition, 6(3

-McClements D.J., Grossmann L., Pingret D., Chemat F., Barba F.J., Decker E.A., Joye I.J., Portmann R., Keenan D.F., Nolden A.A., Lallès J.P., Scholz-Ahrens K.E., Raikos V., Wilde

P.J. (2021) Future foods : Designing novel foods, biomaterials, and nutraceuticals based on nature's design. Food Chemistry, 341, 128103.

-Monika SINGH, SINGH Shilpi, VERMA Digvijay.(2020) Morphological and Pharmacognostical Evaluation of Moringa oleifera Lam. Pharmacognosy Reviews, Vol. 14, No. 28, 2020, pp. 140.

-Moremane, M. M., Abrahams, B; Tiloke, C. (2023). Moringa oleifera: A Review on the Antiproliferative Potential in Breast Cancer Cells. Current Issues in Molecular Biology, 45, 6880–6902.

-Mamy D., Diallo A. O. S., Sylla K. M., Sangaré A., Sidimé Y. (2020). Fortification de la farine infantile de Colocasia esculenta (Lam) avec la feuille de Moringa oleifera (Lam) à l'Institut de Nutrition et de Santé de l'Enfant (INSE) – Conakry (République de Guinée). Cahiers Vétérinaires, Cah. vet. Semestriel Scientifique, N° 005, novembre 2020.

-Naco Mohamed El Béchir, Coulibaly Dalane Bernadette, Tirera Harouna, Mariko Madani, Koumare Benoît Yaranga, Ndiaye Bara, Sarr Serigne Omar, Sanogo Rokia, Diop Amadou (2024) Etude de la composition phytochimique et activités antioxydante des feuilles du Moringa oleifera Lam (Moringaceae) dans les régions de Kita (Mali) et de Thiès (Sénégal). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 18(4), 1554-1568.

-Office of the Gene Technology Regulator. (2021). La biologie de Triticum aestivum L. (Blé Tendre), Version 3.2, Département de la Santé, Gouvernement australien.

-Owon Mostafa, Osman Mohamed, Ibrahim Awatif, Salama Mohamed Abdelbaset (2021). Characterisation of different parts from Moringa oleifera regarding protein, lipid

composition and extractable phenolic compounds. OCL, 28, 45, 12 pages.

-Ouédraogo S., Traoré S., Sombié B. C., Traoré T. K., Nitiéma M., Belemnaba L., Ouédraogo N., Tiendrébéogo A., Lompo M., Ouédraogo S., Semdé R., Guissou I. P. (2018). Contrôle qualité et étude de comprimabilité des poudres de feuille de Moringa oleifera (lam) et de pulpe du fruit de Adansonia digitata. Science et technique, Sciences de la santé, Vol. 41, n° 2, p. 93.

-Oyaizu M. (1986). Studies on products of browning reaction:antioxidativeactivities of products of browningreactionpreparedfrom glucosamine. Jpn. J. Nutr. 44, 307–315.

-PRICE, M. L (.2007) Le moringa. Note technique. ECHO, 1985. Révisé en 2000, 2002 et 2007 par le personnel d'ECHO. Disponible sur : http://www.echonet.org

-Pareek, A., Pant, M., Gupta, M. M., Kashania, P., Ratan, Y., Jain, V., Pareek, A. ; Chuturgoon, A. A. (2023). Moringa oleifera : An Updated Comprehensive Review of Its Pharmacological Activities, Ethnomedicinal, Phytopharmaceutical Formulation, Clinical, Phytochemical, and Toxicological Aspects. International Journal of Molecular Sciences, 24(3), 2098. https://doi.org/10.3390/ijms24032098.

-Price, Martin, (1985). Le Moringa. ECHO Note Technique, révision 2000, 2002 et 2007, pp.7.

-Prieto P., Pineda M., Aguilar M.M. (1999). Spectrophotometricquantitation of Antioxidantcapacitythrough theformation of a phoshomolybdenumcomplex:specific application to the determination of vitamin E. Anal Biochem,269: 337-341.

-Ramaroson, Vonimihaingo (2014). Study of practices and food beliefs to understand malnutrition in Madagascar: benefits of introducing Moringa oleifera leaves. ResearchGate p40. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/282580742

-Ramaroson, V. (2014). Study of practices and food beliefs to understand malnutrition in Madagascar : benefits of introducing Moringa oleifera leaves. ResearchGate, octobre 2014, p. 54

-STOHS, S.J. et HARTMAN, M.J. (2015). Review of the Safety and Efficacy of Moringa oleifera. Phytotherapy Research, vol. 29, n°6, p. 796–804. Disponible sur : https://doi.org/10.1002/ptr.53257-

-Singleton V.L., Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolicswhithphosphomolibdicphosphotungsticacidsreagents.Am. J. Enol. Vitic. 16, 144–158

-Sun B., Ricardo-da-Silva J. M., Spranger I. (1998). Criticalbfactors of vanillinassay for catechinsandproanthocyanidins. Journal of agricultural and foodchemistry, 46(10), 4267- 4274.

-Sass-Kiss A., Kiss j., Milotay P., Kerek M. M., Toth-Markus M. (2005). Differences in anthocyanin andcarotenoid content of fruit and végetebales. Food reseach international, 20

:1023-1029.

-United States Department of Agriculture (USDA). (2025). Production - Wheat, à partir de : https://www.usda.gov

-Zongo U., Savadogo A., Zoungrana S.L, Sékoné P.L, Traoré A.S. (2013) Intérêt nutritionnel de Moringa oleifera Lam. (Syn. Moringa pterygosperma C.F. Gaertn). Ethnopharmacologia, n°50, Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles, UFR- SVT, Université de Ouagadougo, Burkina Faso, page 32

-ZAMANI Nur Irlia Sofea Mohammad, JAM Faidruz Azura, ROHANI Emelda Rosseleena, (2025), quot;Advancing Alzheimer's Therapy with Moringa oleifera : Bioactive Insights, Mechanistic Pathways, and Strategies for Efficacy and Standardization quot;, The Open

Medicinal Chemistry Journal, [en ligne], Publié le 18 février 2025. Disponible sur : https://doi.org/10.2174/0118741045371834022111122 15

-Zongo Urbain, Savadogo Aly, Zoungrana Steve Leonce, Sékoné P.L., **Traoré Alfred (2013)** Intérêt nutritionnel de Moringa oleifera Lam. (Syn. Moringa pterygosperma C.F. Gaertn.). Intérêt nutritionnel du moringa, février 2013, p. 31.

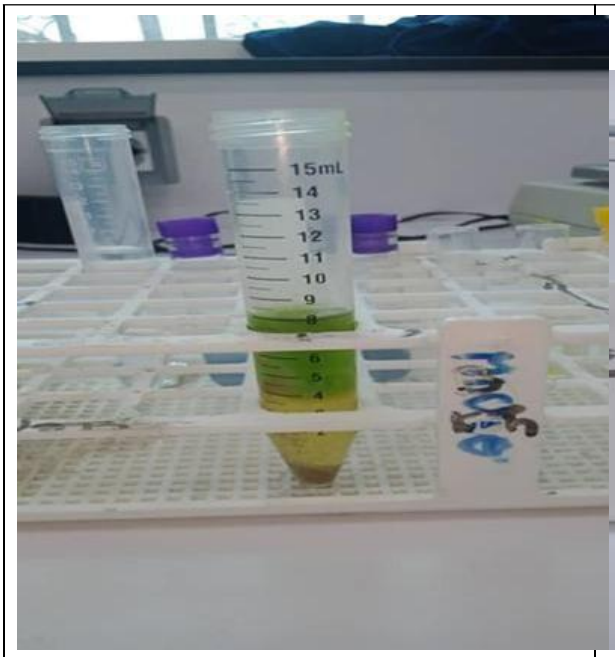
ANNEXES

Annexes :

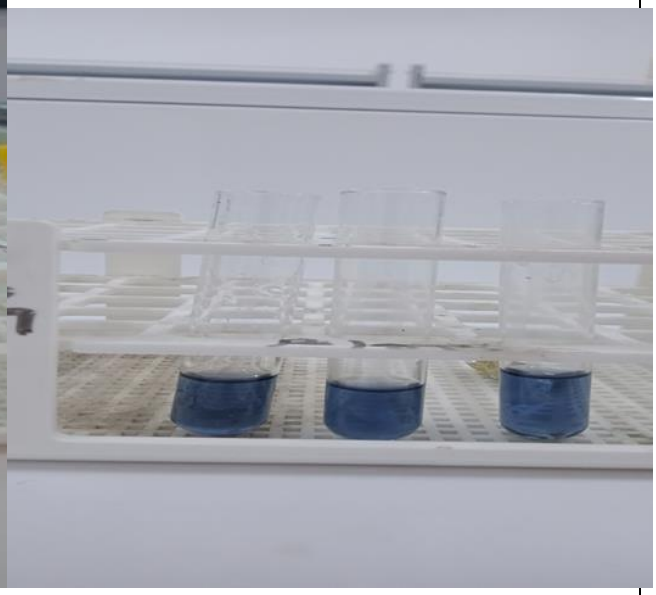
Annexes 1: Les opérations de broyage et tamisage des feuilles de *Moringa oleifera* Lam

Annexes 2:Séchage des échantillons dans l'étuve

Annexes 3:Mesure les creusets ar balance analytique

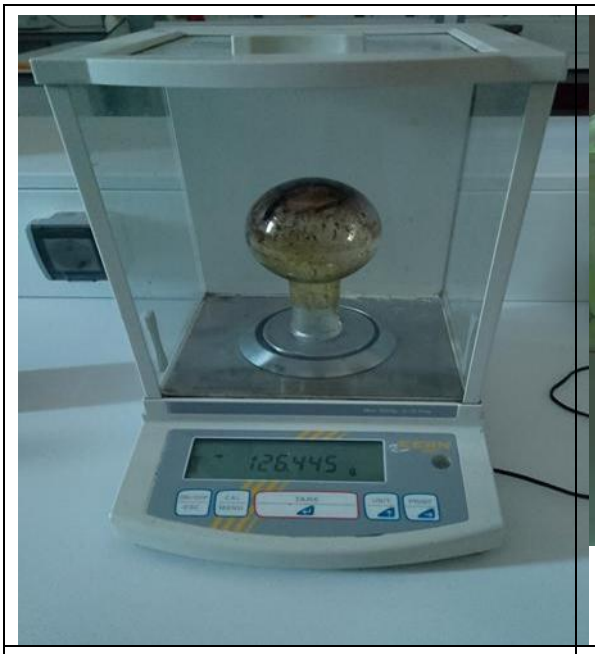


Annexes 4: Extraction des caroténoïdes

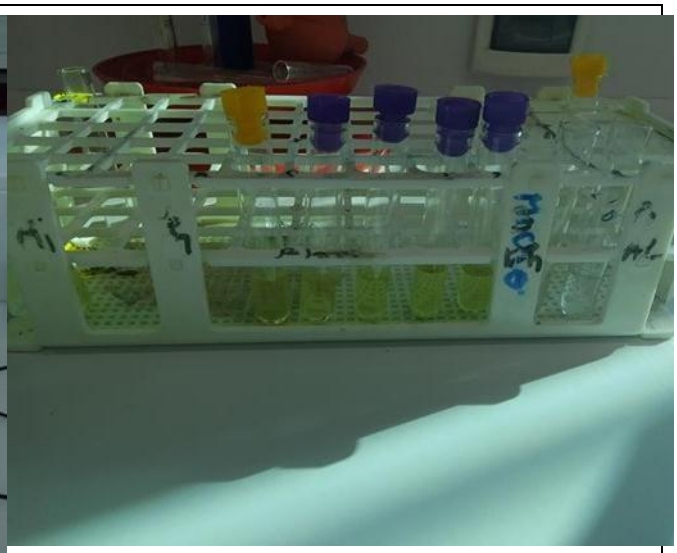


Annexes 5:Des tubes de dosage des polyphénols

Annexes 6:Mesure la masse de l'extrait avant et après séchage

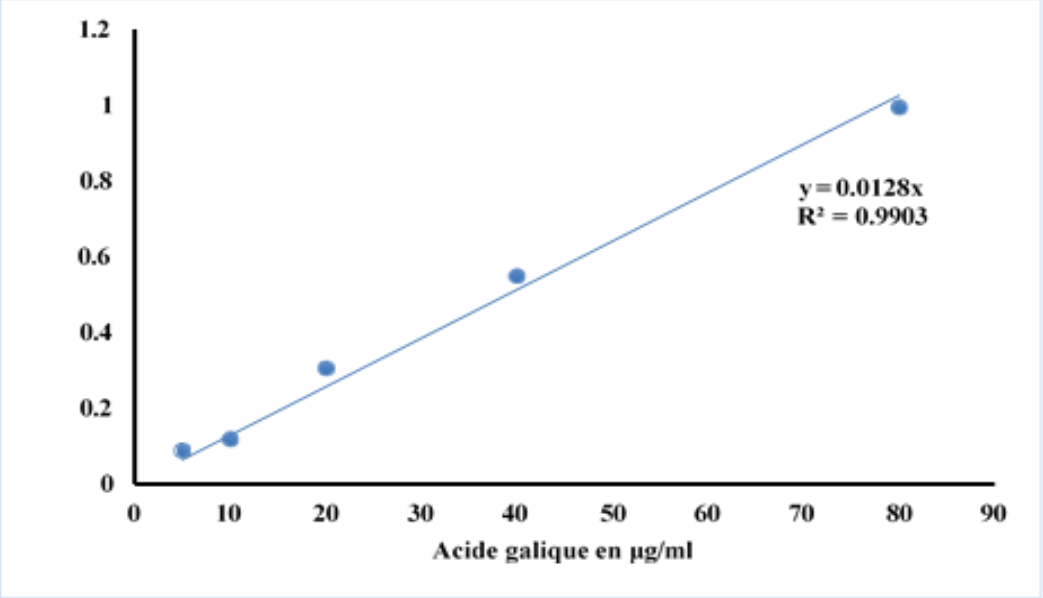


Annexes 7: Mesure des lipides après extraction Soxhlet'

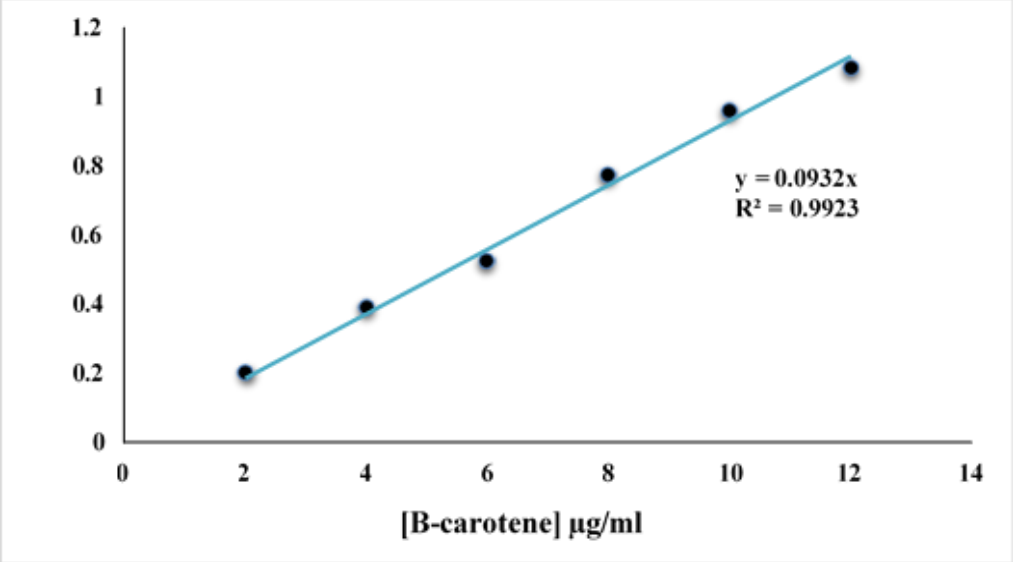


Annexes 8 : Des tubes de dosage des flavonoïdes

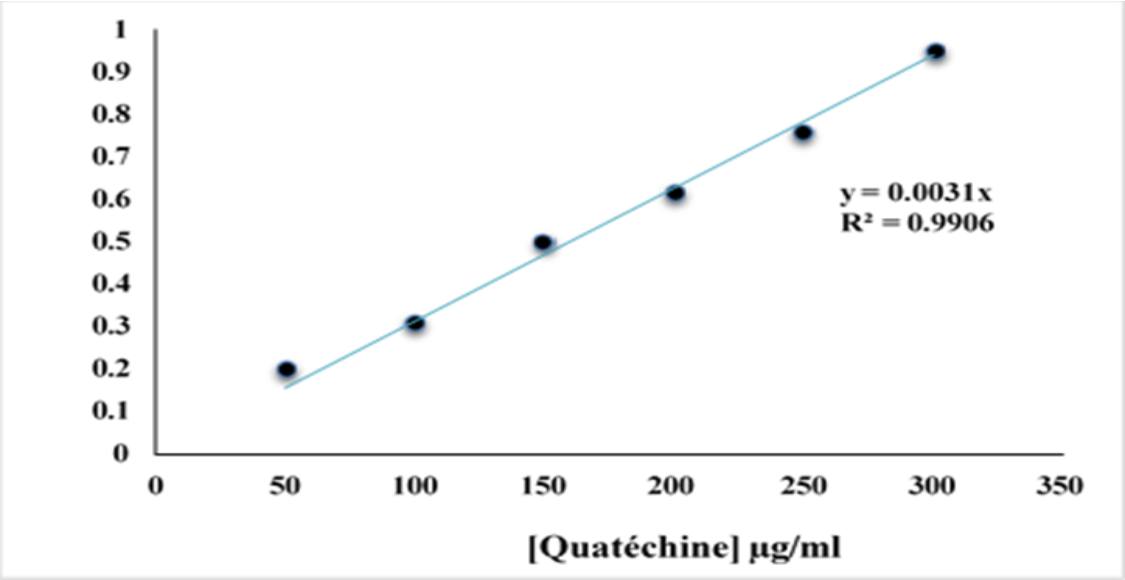
Annexes 9 : Changement de couleur lors de la titration (méthode de kjeldahl)



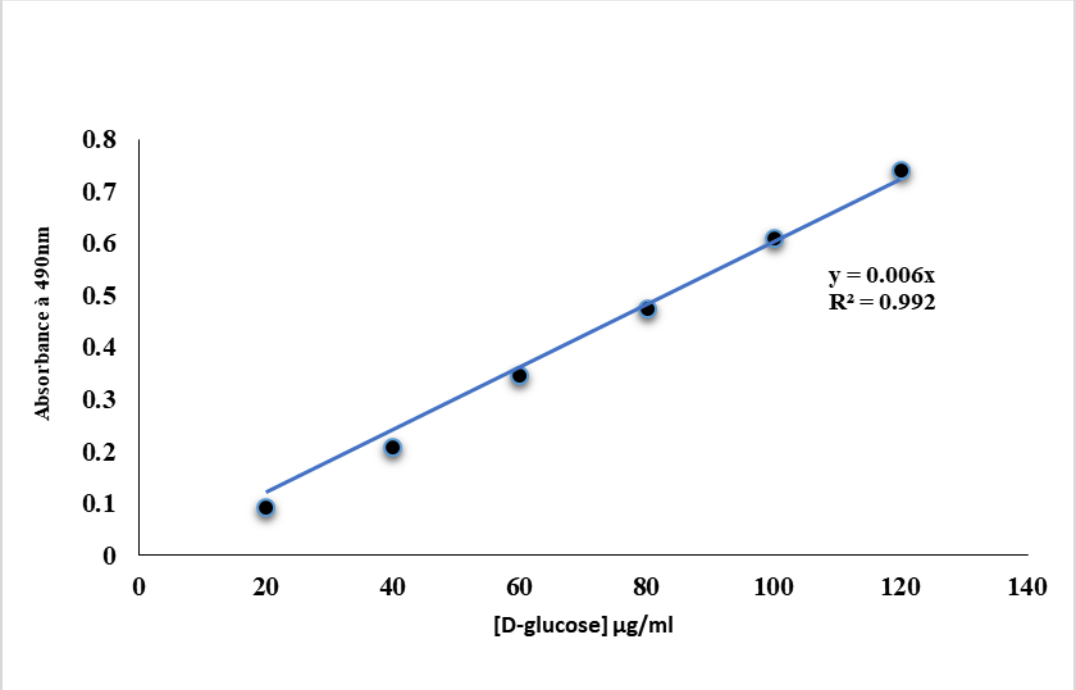
Annexes 10 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



Annexes 11 : Courbe d'étalonnage du β- carotène



Annexes 12 : Courbe d'étalonnage de la quatéchine



Annexes 13 : Courbe étalonnage de la glucose

Annexes 14 : La préparation de couscous complet enrichie

Fiche d'évaluation sensorielle (analyse hédonique)

Couscous de blé enrichi en *Moringa oleifera Lam.*

1- Information générales :

Fumeur : oui ☐ non ☐

Sexe : Femme ☐ homme ☐

Niveau d'études: ☐primaire ☐Secondaire ☐Universitaire ☐ autre

Age :.....

1. Aspect visuel (couleur, homogénéité, apparence générale)

- Très agréable [ ]
- Agréable [ ]
- Neutre [ ]
- Désagréable [ ]
- Très désagréable [ ]

Observations :.....

2. Arôme / Odeur (intensité, qualité, notes herbacées, etc.)

- Très agréable [ ]
- Agréable [ ]
- Neutre [ ]
- Désagréable [ ]
- Très désagréable [ ]

Observations :.....

3. Texture en bouche (fermeté, moelleux, granulométrie, collant/non-collant)

- Très satisfaisante [ ]
- Satisfaisante [ ]
- Moyenne [ ]
- Peu satisfaisante [ ]
- Insatisfaisante [ ]

Observations :.....

4. Goût (équilibre, intensité, amertume, goût de moringa, etc.)

- Excellent [ ]
- Bon [ ]
- Acceptable [ ]
- Médiocre [ ]
- Mauvais [ ]

Observations :.....

5. Arrière-goût (présence, durée, caractère plaisant ou non)

- Très plaisant [ ]
- Plaisant [ ]
- Neutre [ ]
- Désagréable [ ]
- Très désagréable [ ]

Observations :.....

6. Acceptabilité globale

- Très acceptable [ ]
- Acceptable [ ]
- Moyennement acceptable [ ]
- Peu acceptable [ ]
- Inacceptable [ ]

Commentaires généraux :

.....

.....

.....

Annexes 15 : Fiche d'évaluation sesoriellecouscous de blé enriche en feuilles de Moringa oleifera