



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de Master en Sciences Alimentaire

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème :

*Extraction et caractérisation
de la fraction lipidique de la
graine de Moringa oleifera.*

Réalisé par :

BOURENNANI Sihem

Et

TEMZI Mannal.

Soutenu le 09.07. 2023 devant le jury composé de :

Président : M.C. BENMALLEM REMANE Yakoute

Examineurs: M.C. CHENAH May

M.A.A LATEB Yacine

Encadrant : Pr. AMROUCHE Taher

Promotion : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, on remercie dieu tout puissant de nous avoir aidé et donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Nous remercions nos parents pour leurs sacrifices « merci d'être ce que vous êtes ».

Au terme de ce travail, on tient à adressé l'expression de nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé et collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements au Pr AMROUCHE pour avoir accepté de nous encadrer et nous orienté tout au long de ce travail.

On remercie aussi madame BERNALLEN REMANE Yakoute pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements à madame KENNARK May et à monsieur LAÏEB Yacine maitre-assistant pour avoir accepté de juger ce travail.

Nos remerciements vont aussi au personnel Du laboratoire de chimie appliquée et génie chimique UMMIO. Et l'industrie agroalimentaire de « Cevital » pour l'accueil chaleureux qu'ils nous ont réservé et pour l'aide qu'ils nous ont prêté pendant la période de réalisations de la partie expérimentale de ce travail, particulièrement Mr LAÏEB Yacine Pr. MOUSSAOUS Ramdhane

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tout puissant est enfin achevé ce travail

Je dédie ce modeste travail à mon très cher papa, pour son soutien,
son affection et la confiance qu'il m'a accordé

Ma chère maman, pour son amour, ses encouragements et ses
sacrifices

Mes chers frères Hafidh et Youcef

Mes chères sœurs Massila, Sondra, Katia

Ma chère belle-sœur Massicylia

Et pour ma bionomie Sissi

Tous mes amis (es) et à tous ceux qui m'aiment et que j'aime

À la promotion « Master 2 agroalimentaire et contrôle de qualité
2022-2023

Mannel

Dédicaces

En premier lieu je tiens à dédier ce travail pour mon très cher défunt grand-père car sans lui je ne serais pas où je suis aujourd'hui

Je tiens à remercier ma mère pour tous ses sacrifices son amour inconditionnel et ses nombrables encouragements

À mes deux grand-mères Aji et Mamma

À mon père

À mes oncles qui m'ont toujours épaulé Moustapha, Rezak et Khaled

À mes très chères tantes Farida, Samira, Saliha et Fayza merci pour tout ce que vous faites pour moi

À toutes mes cousines et cousins

Merci à mes amis Sarah, Takfa, Amine et Djaffar pour leurs soutiens

Et un énorme merci pour ma binôme Mananou

Sihem

Liste des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : description et intérêt de *Moringa Oleifera*

II.1	Origine et répartition géographique de <i>Moringa oleifera</i>	3
I.	La description botanique de <i>Moringa oleifera</i>	4
II.	Dénomination et taxonomie	8
1.	Classification systématique de <i>Moringa oleifera</i>	9
III.	Écologie (caractéristiques agro écologiques et climatiques nécessaire au développement de la plante)	9
IV.	Rendements	9
V.	Essais d'introduction en Algérie	10
VI.	Utilisation du <i>Moringa oleifera</i> 10	
VII.	Types d'usage de moringa	12
1.	Usages alimentaires	13
2.	Usages médicaux	13
3.	Usage industriels	13
VIII.	Tableau d'usage spécifique de <i>Moringa oleifera</i>	14

Chapitre II : Huile de *Moringa oleifera*

I.	Graine de <i>Moringa oleifera</i>	15
a.	Composition biochimique de la graine	15
b.	Propriété de la graine	16
1.	Propriétés antimicrobiennes	16
2.	Propriétés antiinflammatoires.....	17
3.	Propriétés antifongiques	17
c.	Utilisation de la graine	17
1.	Nourriture	17
1.1.	Consommation humaine	17

1.2.Consommation animale.....	17
2. Usage cosmétique	17
II. Huile de graine de Moringa	18
a. La composition de l’huile de Moringa oleifera	19
1. composition en acide gras	19
2. les stérols	19
3. l’huile de moringa et les antioxydants	20
3.1. Les composés phénoliques	20
3.2. Les flavonoïdes	20
b. Qualité de l’huile de Moringa	20
1. Critères organoleptiques	20
2. Critères physico-chimiques	21
3. Stabilité de l’huile	21
c. Utilisation de l’huile de Moringa	21
1. Alimentaire	21
2. Non alimentaire	21
d. Rendement de l’huile de Moringa	22
e. Critères de classification d’une huile de ben	23
1. Critères de qualité	23
1.1. L’acidité	23
1.2. L’indice de peroxyde	23
1.3. Absorbance UV à 232 nm et 270 nm	23
2. Critères de la pureté	23
f. huile de moringa dans la cuisine	27

Partie 2 : Partie expérimentale

Chapitre 01 : Matériels et méthodes

1. Matériels	28
1.1.Matériels végétaux	28
1.1.1. Provenance des échantillons	28
1.1.2. Préparation de l’échantillon	29
2. Méthodes	32
2.1.Extraction par la méthode Soxhlet	32
2.1.1. Principe de la méthode Soxhlet	33

2.2. Analyses physico-chimiques de l'huile de graines de Moringa oleifera	34
2.2.1. La densité	35
2.2.2. La viscosité	36
2.2.3. L'acidité	36
2.2.4. L'indice de peroxyde	37
2.2.5. Extinction spécifique dans l'ultra-violet	38
2.2.6. Teneur en eau et en matières volatiles	38
2.2.7. Indice d'iode	39
2.2.8. Indice de réfraction	39
2.3. Analyse de la composition chimique de l'huile	40
2.3.1. Composition en acides gras	40
2.3.2. Teneur en pigments	41
2.3.3. Teneur en phénols totaux	42
2.3.4. Stabilité oxydative	42

Chapitre 02 : Résultats et discussion

1. Extraction et rendement de l'huile de graines de Moringa oleifera	43
1.1. Indice de qualité de l'huile d'olive	43
1.1.1. La densité	44
1.1.2. La viscosité	44
1.1.3. Indice de réfraction	44
1.1.4. La couleur	45
1.1.5. L'acidité	45
1.1.6. Indice d'iode	45
1.1.7. Indice de peroxyde	46
1.1.8. Extinction spécifique dans l'UV	47
1.1.9. Teneur en eau et en matières volatiles	48
2. Analyse de la composition chimique de l'huile	48
2.1. Composition en acides gras	48
2.2. La teneur en pigments	55
2.2.1. La teneur en chlorophylle	55
2.2.2. La teneur en caroténoïdes	55
2.2.3. La teneur en polyphénols totaux	56
3. Teste de rancimat	56

Conclusion générale58

Références bibliographiques

Annexe

- **Solvant Polaire** : est un solvant constitué de molécules présentant un moment dipolaire, telles que l'eau
- **Solvant Apolaire** : est un *solvant* dont le moment dipolaire résultant est nul. Il peut donc s'agir d'une molécule ne comportant aucun groupement polaire.
- **Oxydation** : Combinaison (d'un corps) avec l'oxygène, donnant un oxyde ; réaction dans laquelle un atome ou un ion perd des électrons.
- **Absorbance** : grandeur physique qui traduit la capacité d'un milieu à absorber un rayonnement
- **La saponification** : Opération qui consiste à produire du savon par action d'un alcali caustique sur un corps gras.
- **Codex Alimentarius** : un programme commun de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et de l'Organisation mondiale de la santé consistant en un recueil de normes, codes.
- **ISO** : L'Organisation Internationale pour la Normalisation est une organisation non gouvernementale éditrice de normes internationales.
- **AFNOR** : L'Association française de normalisation est l'organisation française qui représente la France auprès de l'Organisation internationale de normalisation et du Comité européen de normalisation.
- **Cholestérol** : est un type de lipide (gras) fabriqué par le foie et présent dans les aliments que l'on consomme.
- **Hypocholestérolémiant** : Médicament capable de diminuer une hyperlipidémie (augmentation du taux des lipides dans le sang).
- **Maladies coronariennes** : regroupent les maladies qui se déclenchent lorsque l'approvisionnement en sang du muscle cardiaque (appelé myocarde) est interrompu ou bloqué
- **L'endothélium** : est une monocouche cellulaire qui tapisse l'ensemble des vaisseaux de l'organisme.
- **Cytotoxiques** : Se dit d'une substance toxique pour une espèce de cellule.
- **Athérogènes** : substances ou de facteurs susceptibles de produire un athérome, ou dépôt de plaques constituées de LDL-cholestérol, de cellules inflammatoires et d'une coque fibreuse
- **Artères pulmonaires** : Ce volumineux tronc artériel conduit le sang du cœur au poumon

- **Cellules endothéliales** : cellules spécialisées qui séparent les hépatocytes et les cellules étoilées hépatiques du sang en provenance de l'intestin et du tissu adipeux viscéral
- **Barrière hémato-encéphalique** : protectrice située entre les vaisseaux sanguins du cerveau et les tissus cérébraux qui permet la libre circulation du sang vers le cerveau mais empêche la plupart des substances sanguines d'atteindre les cellules cérébrales
- **L'hypertriglycéridémie** : augmentation des triglycérides dans le sang

Afnor : association française de normalisation.

ISO: organisation international de normalisation.

AGI: acide gras insaturé.

AGL: acide gras libre.

AGMI: acide gras mono insaturé.

AGPI: acide gras polyinsaturé.

COI : conseil oléicole international.

HDL : lipoprotéines de haute densité.

LDL : lipoprotéines de basse densité.

LI : indice d'iode.

K : constante de la viscosité.

KI : iodure de potassium.

UV : ultraviolet.

KOH : hydroxyde de potassium.

CEE : communauté économique européenne.

CPG : chromatographie à phase gazeuse.

Meq : milli équivalent.

A(%) : acidité.

mol : mole.

N : normalité.

IP : indice de peroxyde.

TEMV% : le pourcentage de la matière volatile.

AX : l'air de pique de l'acide gras.

OA : la somme des airs de tous les piques.

d : épaisseur de cuve en cm.

m² : mètre carré.

pH : potentiel hydrogène.

HTA : hypertension artérielle.

Figure1. Répartition géographique mondiale de Moringa	3
Figure2. Répartition géographique de Moringa oleifera en Algérie.....	4
Figure 3. Tronc d'arbre de Moringa oleifera	5
Figure 4. Feuilles de moringa oleifera.....	5
Figure 5. Fleurs de Moringa oleifera	6
Figure 6. Gousses vertes (A), gousses mûres(B)	6
Figure 7. Racine de moringa oleifera	7
Figure 8. Graines de Moringa oleifera.....	7
Figure 9. Secteur de l'utilisation des organes de Moringa oleifera.....	11
Figure 10. Graines de Moringa oleifera.....	16
Figure 11. Huile de Moringa.....	21
Figure 12. Localisation géographique de la willaya de Sétif	31
Figure 13. Graine de moringa (a) ; graine altéré (b)	32
Figure 14. Graine avant décorticage (c) ; graine après décorticage(d)	32
Figure 15. Graine de Moringa contaminés	33
Figure 16 : graine avant le séchage (e ; f) ; graine dans l'étuve 40° (g)	33
Figure 17 : Graine et broyeur (h) graine dans le broyeur (i) poudre de Moringa(j)	34
Figure 18. Stockage de la poudre de Moringa.....	35
Figure 19. Différent Equipment pour le montage de soxhlet	35
Figure 20. Cartouche cellulosique (k) ; cavité (i) ; huile dans le ballon (m).....	37
Figure 21. Montage du soxhlet pour extraction (n) ; montage du soxhlet pour la distillation(o)	37
Figure 22. Pycnomètre remplie d'eau (a) ; pycnomètre remplie d'huile (b).....	38
Figure 23. Viscosimètre.....	40
Figure 24. Rendement d'extraction en %.....	47
Figure 25. Acidité d'huile de Moringa	49
Figure 26. Indice de peroxyde dans huile de Moringa.....	51
Figure 27. Absorbance spécifique de l'huile de Moringa	52
Figure 28. Teneur en matières volatiles	53
Figure29. Courbe d'évaluation du teste de rancimat	62

Tableau 1 : Composition biochimique de la graine de Moringa oleifera	8
Tableau 2 : Conditions environnementales de Moringa oleifera.....	10
Tableau 3 : Teneur en éléments des feuilles de Moringa oleifera	12
Tableau 4 : La composition globale des graines de Moringa oleifera.....	13
Tableau 5 : Usage spécifique des organes de Moringa.....	15
Tableau 6 : Composition biochimique de la graine	17
Tableau 7 : Composition en minéraux dans les graines de Moringa oleifera.....	18
Tableau 8 : Composition en acides aminés dans les graines de Moringa.....	18
Tableau 9 : Composition de l'huile de Moringa et le degré d'insaturation en%.....	22
Tableau 10 : Différents rendements en huile selon la littérature	25
Tableau 11 : Composition en acides gras de l'huile graine de Moringa oleifera	27
Tableau 12 : Critères de pureté de l'huile.....	28
Tableau 13 : Composition en acides gras de l'huile de Moringa	54
Tableau 14 : Somme totale des acides gras saturés	55
Tableau 15 : Somme totale des acides gras mono insaturés.....	55
Tableau 16 : Somme totale des acides gras poly insaturés.....	55



Introduction

L'industrie agroalimentaire occupe une place très importante dans le monde par son rôle à répondre aux besoins en produits comestibles des consommateurs et en particulier à leurs besoins en produits alimentaires transformés.

Elle n'a d'autre choix que de se réinventer en permanence pour proposer des produits adaptés aux attentes des consommateurs de plus en plus exigeants en termes de qualité.

Son but majeur est d'assurer la sécurité alimentaire et de mettre fin à la famine.

Parmi les nombreux produits alimentaires, les lipides occupent une place très importante dans notre alimentation quotidienne ; c'est même la source d'énergie la plus importante pour notre organisme. Les graisses, animale ou végétale, peuvent être sous forme de beurre, d'huile et/ou de margarine.

Il existe une panoplie d'huiles végétales telles que l'huile de tournesol, de colza, de soja, de palme ou encore d'olive, autrement dit il y a pour tous les goûts et tous les budgets.

L'Algérie est l'un des plus gros importateurs d'huiles en raison de la non-disponibilité de la matière première (Boukella, 1992). Malgré les importations, la consommation de matières grasses, notamment d'huiles alimentaires, augmente de manière significative et la satisfaction de la demande devient de plus en plus difficile. Ainsi, l'aspect quantitatif des besoins en huiles alimentaires éclipsent l'aspect nutritionnel de ces produits.

Pour y remédier l'Algérie doit trouver une alternative pour réduire son importation en lipides et surtout travailler sur son propre territoire en essayant d'exploiter ses richesses.

En 2001, les premières graines de *Moringa oleifera* ont étéensemencées dans plusieurs régions d'Algérie comme Adrar, Mostaganem, Jijel, Biskra,... etc. Cet arbre, appelé arbre de vie, est connu pour ses diverses propriétés thérapeutiques et nutritives (Makkar & Becker, 1997a). Le *Moringa oleifera* est considéré comme un légume dont les racines, les feuilles les fleurs et le fruit sont comestibles (**Morton ; 1991, Ramachadran et al. 1980, Sengupta et Gupta 1970**). Mais le vrai trésor de cet arbre se cache dans les gousses qui renferment des graines qui sont très riches en matières grasses. Les graines de *Moringa* contenues dans une gousse sont riches en huile. Le rendement d'extraction (40%) est meilleur que celui des grains de Colza (36%).

De plus, les importations rendent notre pays sous la dépendance totale de l'étranger, ceci amène à dire qu'une grande partie des ressources en devises est mobilisée chaque année.

Dans ce cas, l'huile de *Moringa oleifera* peut-elle être une nouvelle matière première dans le domaine alimentaire en Algérie ?

L'objectif de ce travail est l'extraction et la caractérisation de la fraction lipidique des grains de *Moringa oleifera*.

Ce manuscrit se compose en deux parties. La première est une synthèse bibliographique. Elle est subdivisée en deux chapitres :

- Description et intérêt de *Moringa Oleifera*
- Huile de graine de *Moringa*.

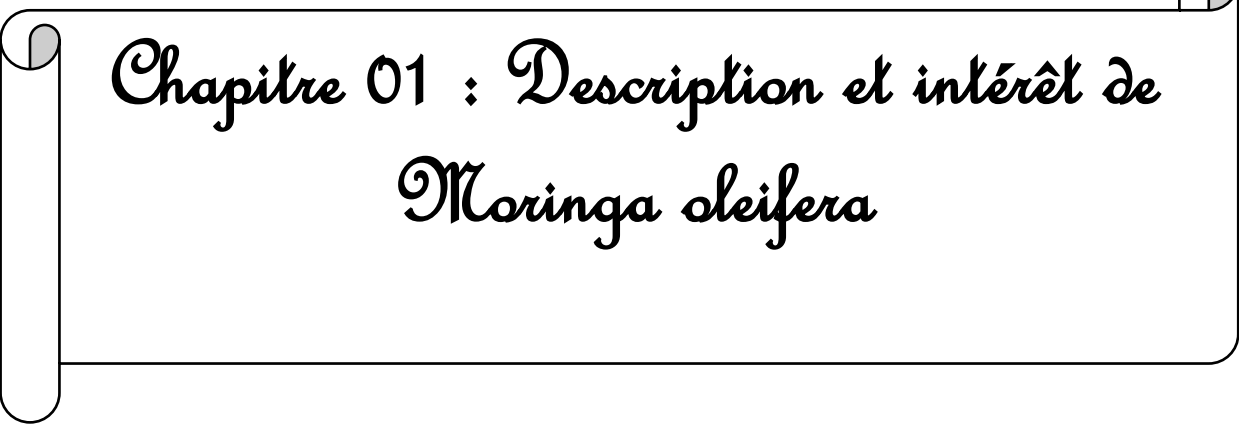
La deuxième partie est également composée en deux chapitres :

- Matériels et méthodes nous présenterons les différents protocoles
- Résultats et discussion. Les principaux résultats obtenus sont discutés

Enfin, une conclusion générale récapitulations.



Partie 01 : Synthèse bibliographique



*Chapitre 01 : Description et intérêt de
Moringa oleifera*

I. Origine et répartition géographique de *Moringa*

Le *moringa* remonte à 150 av. J.-C., et des preuves historiques suggèrent que les anciens rois et reines utilisaient des feuilles et des fruits de *Moringa* dans leur alimentation pour maintenir la vigilance mentale et une peau saine (Khawaja et al., 2010). Le *moringa*, un arbre originaire de l'Inde, était également utilisé par les anciens Romains, Grecs et Égyptiens dans les vallées méridionales de l'Himalaya (Fahey, 2005). Aujourd'hui largement distribué dans le monde, les régions tropicales du sud et du centre et les Amériques, l'Afrique, l'Asie, les îles du Pacifique et les Caraïbes (Messaoudene & Zaidi, 2018), tels que : le Pakistan, le Bangladesh, l'Afghanistan et le Sri Lanka ainsi que la Malaisie, les Philippines, Singapour, Thaïlande, Mexique, Pérou, Paraguay et Brésil (Zaidi et al., 2015)

Elle a été introduite en Afrique de l'Est au début du 20ème siècle, par le biais du commerce et des échanges maritimes (Foild, 2001). Aujourd'hui cette plante est largement répandue sur le continent africain (Fahey, 2005) (Figure 01).

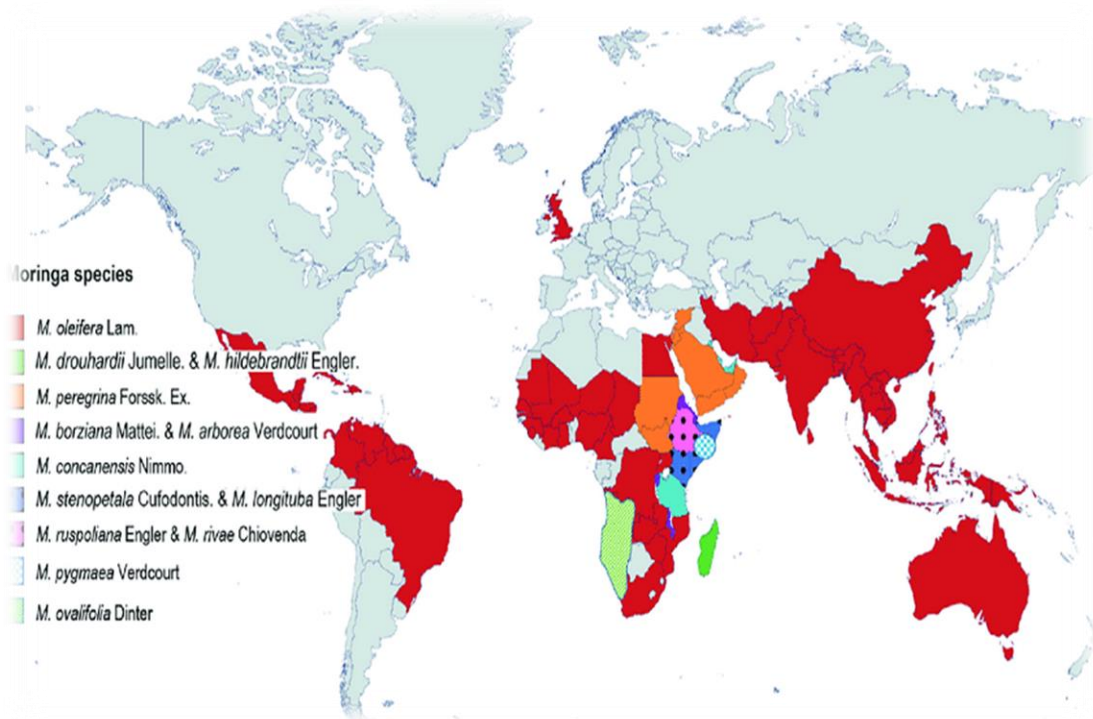


Figure 1 : Répartition géographique mondiale de *Moringa* (Anonyme1)

Moringa oleifera est un arbre peu connu en Algérie, actuellement son introduction est réussie dans plusieurs régions à savoir : Ouargla, Bechar, Oran, Alger, Blida, Adrar, etc. (kaki m, & mimoni, 2018)

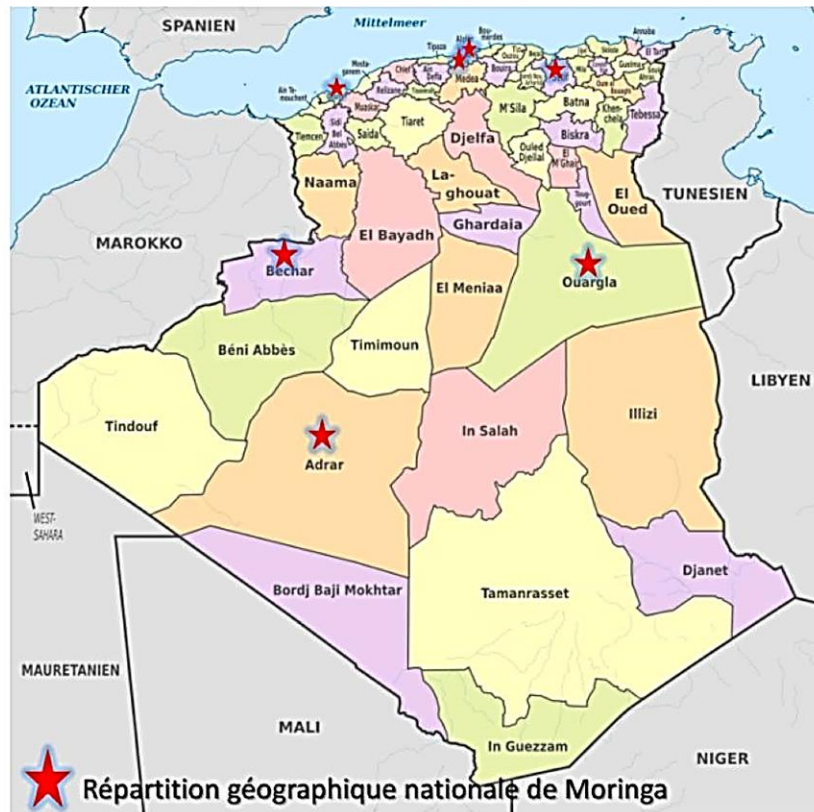


Figure 2 Répartition géographique de *Moringa oleifera* en Algérie. (Louni, 2009)

II. Description botanique de la plante

1. Tronc

Le tronc de la plante est généralement droit, bien qu'il puisse parfois être sous-développé. Normalement, il atteint une hauteur de 1,5 à 2 mètres avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre 3 mètres (Louni, 2009).



Figure 3 : Tronc de l'arbre de *Moringa oleifera* (Annonyme2)

2. Les feuilles

Duveteuses, alternes, bi ou tripennées les feuilles de *Moringa oleifera* se développent principalement dans la partie terminale des branches (Foidl et al. 2001). Elles comptent 2 à 6 paires de pinnules comprenant chacune 2 à 5 paires de pinnules secondaires, divisées elles-mêmes en une à deux paires de folioles plus une foliole terminale plus grande que les autres (Anwar et al., 2007) .



Figure 4 : Feuilles de *Moringa oleifera*(Anonyme, 2020)

3. Fleurs

Sous forme de panicules auxiliaires les fleurs de *Moringa oleifera* mesurent 2,5 cm de large et tombants de 10 à 25 cm. Elles sont généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Minces et spatulés les cinq pétales, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines. (Louni, 2009)



Figure 5 : fleur de *Moringa oleifera* (Anonyme3)

4. Fruits

Les fruits forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long, qui pendent des branches. Lorsqu'elles sont sèches, elles s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines. (Louni, 2009)



Figure 6 : Gousses vertes (A)(Annonyme, 2018), gousses mûres(B)(Annonyme, 2023)

5. Racine

Les arbres cultivés à partir de graines de *Moringa* développent une profonde racine pivotante robuste avec un système à large diffusion composée d'épaisses racines latérales tubéreuses ; Les graines de *Moringa*, une fois en terre, développent une racine blanche gonflée, tubéreuse qui a une odeur piquante caractéristique dotée de racines latérales plutôt clairsemée. (kaki m, & mimouni ,2018)



Figure 7 : racine de *Moringa oleifera* (Annonyme, 2019)

6. Graine

Les graines de *Moringa* se trouvent à l'intérieur des gousses. Elles sont rondes avec une coque marron semi-perméable avant décortilage ; après décortilage on trouve une graine de couleur blanche. Un arbre peut produire de 15000 à 25000 graines par an (**Louni, 2009**). Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (**Makkar & Becker, 1997a**). Elles sont utilisées généralement pour extraire l'huile ou pour purifier l'eau (**Louni, 2009**). Selon Leone et al. (2015), les graines germent en deux semaines, à une profondeur maximale de 2 cm. Lorsque les semis sont prévus en pépinière, les semis peuvent être transportés lorsqu'elles atteignent environ 30 cm (3 à 6 semaines après la germination).



Figure 8 : Graine de *Moringa oliefera*

Le nombre de graines par kilogramme varie de 3000 à 9000, selon la variété, avec un taux de germination de 80%-90% pour des conditions de stockage idéales (3°C, 5%-8% d'humidité). Cependant, la viabilité diminue si les graines restent à une température ambiante et à une humidité relativement élevée, leur taux de germination tombe à 7,5% après 3 mois.

Les graines n'ont pas de période de dormance et peuvent être semées après être séparées des gousses matures. Elles sont orthodoxes et restent viables pendant environ 3-4 mois dans les conditions ambiantes (**Dhakad et al., 2019**). Les graines sont une source riche en huile. Elles produisent environ 38-40% d'huile qui est destinée pour la consommation humaine (Tableau. 1).

Le rendement des graines en huile dépend de la nature du solvant et température d'extraction, taille des particules de la graine, temps de contact entre le solvant et la graine et les conditions de prétraitement (**Mani et al., 2007**)

Tableau 1 Composition biochimique de la graine de *Moringa oleifera* (**Louni, 2009**).

Composition biochimique de la graine	Duke et Atchley, (1984)	Makkar et Backer, (1997)	Anwar et Bangher, (2003)	Abdulkarim et al., (2005)
Humidité (%)	4,1	–	5,7	7,9
Cendre (%)	3,2	3,8	6,6	6,5
Protéine (%)	38,4	36,7	29,36	38,3
Matière grasse (%)	34,7	41,7	40,39	30,8
Fibre (%)	34,7	4,8	7,20	4,5
Sucres totaux (%)	17,1	17,8	-	16,5

III. Dénomination et taxonomie

Moringa oleifera appartient à une famille d'arbres et d'arbustes : cette famille est dite mono générique car elle ne possède qu'un seul genre : *Moringa* (**Hêdji et al. 2014**). Elle comprend environ 14 espèces, dont la plus connue et répandue de ces espèces est la *Moringa oleifera* (**Ngandjui Tchanguou et al., 2019**). Le terme *Moringa* vient de Muringa en Malayalam une langue Indienne, elle est connue sous diverses appellations selon les régions. En Afrique francophone le nom le plus répandu est nébéday, nom dérivé de l'Anglais "Never die" (immortel) (Fuglie, 2002). Aux Philippines on l'appelle "Mothers best friend" et "Malunggay" (**Price, 2007**).

1. Classification systématique de *Moringa oleifera* Selon Laleye (et al., 2015)

Règne	Végétale
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dillenida
Ordre	Capparidale
Famille	<i>Moringa</i>
Genre	<i>Moringa</i>
Espèces	<i>Moringa oleifera</i>

IV. Ecologie (Caractéristiques agro écologiques et climatiques nécessaires au développement de la plante)

Le *Moringa* peut être cultivé par ensemencement et/ou repiquage, plantation au champ ou bouturage. Il peut être cultivé largement pour la production de graines (production de graines ou d'huile) ou irrigué intensivement pour une production optimale de feuillage, récolté toutes les six semaines (**Lounis 2009**). C'est un arbre peu exigeant en eau et en matières minérales. Ainsi, son introduction dans un environnement riche en biodiversité est bénéfique à la fois pour l'exploitant et pour l'écosystème environnant (**Foidl et al. 2001**). Le *Moringa oleifera* s'adapte à des milieux différents ; il se plaît en milieu aride ou semi- aride mais il peut se trouver aussi dans les zones très arides comme le Sahara (**Millogo-Koné et al.2008**). Il peut tolérer des températures jusqu'à 48°C pendant de courtes périodes et supporter 6mois de sécheresse.

L'environnement venteux peut assécher les feuilles de *Moringa*. Les forts vents peuvent casser les branches et même le tronc de l'arbre (**Price, 2007**). Le tableau 02 résume les principales exigences écologiques de *Moringa oleifera*.

Tableau 2 : Conditions environnementales de *Moringa oleifera* (Saint Sauveur & Broin, 2010)

Paramètre	Valeur /fourchette
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000m
Température	25-35°C
Pluviométrie	250mm- 2000mm.irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie <800mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH de sol	Légèrement acide à alcalin (pH : 5 à 9)

V. Productions

Au Niger, la production de feuilles est particulièrement élevée pendant la saison des pluies car une parcelle de 1000 m² donne 13-14 sacs par récolte, soit l'équivalent d'environ 278 sacs de 600kg par mois. Pendant la saison sèche, la production mensuelle tombe à 2-4 sacs durant les mois les plus froids, s'ils sont arrosés, ils peuvent faire pousser 10 à 15 sacs pendant les mois les plus chauds. Cela équivaut à une production annuelle de feuilles fraîches qui est de 27 tonnes/ha. En Tanzanie, la production de semences ; un arbre de 4 ans pèse environ 3,3 kg. En Inde, un bon arbre porte 1000 fruits par an (Louni, 2009).

VI. Utilisations du *Moringa oleifera* :

L'utilisation des organes de *Moringa oleifera* est de 95% pour les feuilles, 3% pour les tiges, 1% pour les graines et 1% pour les racines.

a. Feuille

La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux et phénomène assez rare pour une plante, elle possède les 10 acides aminés

et les acides gras essentiels des traces d'alcaloïde (**Sujatha et Patel, 2017**). Teneurs élevées en calcium et potassium (**Price, 2007**).

Tableau 3 : Teneur en éléments des feuilles de *Moringa oleifera* (**Broin 2005**).

Données pour 100grammes de matière sèche	
Acide gras	
C 16 :0	530
C 18 :0	70
C 18 :1	60
C 18 :2	170
C 18 :3	1440
Vitamine	
Vitamine A (UI)	14300
Vitamine C (mg)	850

Les feuilles contiennent aussi des antioxydants connus tels que le β -carotène, l'acide ascorbique et les flavonoïdes (**Mbikay 2012**). La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa* et celui d'autres aliments montrent que les feuilles séchées de *Moringa* contiennent par gramme : 3 fois plus de potassium que la banane, 2 fois plus de protéine et 4 fois plus de calcium que le lait, 4 fois plus de vitamines A que les carottes, 7 fois plus de vitamines C que les oranges, 3 fois plus de vitamines E que l'épinard et 3 fois plus de fer que l'amandes (**Ramachandran, 1980**). La grande teneur en fer, protéines, cuivre et diverses vitamines et acides aminés essentiels font donc des feuilles de *Moringa* un complément nutritionnel idéal.

Ainsi, la consommation de 100 grammes de feuilles de *Moringa oleifera* fraîches peut fournir : Entre 30 et 100% des apports journaliers recommandés en calcium (30% à 50% pour les adolescents, 40% à 60% pour les adultes, les enfants, les femmes enceintes ou allaitantes, 80 à 100% pour les enfants en dessous de 3 ans). Entre 25 et 80% des apports journaliers recommandés en fer (25% pour les femmes enceintes, 40 à 60% pour les adolescents et les femmes, 50 à 100% pour les hommes et les enfants), des apports journaliers recommandent l'utilisation des feuilles de 100% (**Saint Sauveur & Broin, 2010**).

b. Fruits

Sont introduit dans des plats traditionnels et utilisés dans la médecine traditionnelle, suite à leurs richesses en fibre, lipides, glucides, protéines, acides gras comme : acide oléique, acides linéiques, palmitique (Sujatha et Patel, 2017)

Les racines

L'action des racines est principalement antiseptique, anti inflammatoire (Sashidhara, 2009), sédative, cardiotonique, potentialisateur de certains médicaments analgésiques et antidépresseurs (Gupta et al, 1999). Ces actions sont dues principalement à la présence d'alcaloïdes comme la Moringine, la Moringinine, ainsi qu'un puissant fongicide et bactéricide la Ptérygospermine ou encore l'Antonine et la Spirochine. (Louni, 2009).

c. La graine

Les graines de *Moringa Oleifera* contiennent des éléments nutritionnels importants, y compris les protéines, les huiles, les fibres, les Carbohydrates.

Tableaux 04 composition globale des graines de *Moringa oleifera* (g /100 g de poids sec) (Leone, 2016)

Les composés	Intervalle
Graisses	(24,7-30,4)
Protéines	(29,4-33,3)
Huiles	(34,7-40,4)
Fibres	(6,8-8,0)
Carbohydate	(16,5-19,8)

Les graines de *Moringa* contiennent également d'importants composés bioactifs, notamment les alcaloïdes, les glucosinolates, les isothiocyanates et les thiocarbonates, ces composés peuvent être responsables des propriétés médicinales des graines de *Moringa oleifera* (Louni, 2009).

VII. Types d'usages de *Moringa oleifera*

Dans une enquête sur l'utilisation des populations de *Moringa oleifera*, 89,29% des répondants ont confirmé que cette espèce était incluse dans leur alimentation, tandis que 12% l'utilisaient sous une forme thérapeutique. Il convient également de noter que seulement 4,57%

des villageois l'utilisent pour l'assainissement des sols et la purification de l'air. 0,57% des répondants l'utilisaient comme bois de chauffage et pour des considérations spirituelles (**Louni, 2009**).

1. Usages alimentaires

Des enquêtes montrent que l'alimentation humaine utilise plus d'olives (89,29%). Pour cette raison, le seul cas signalé concernait la préparation de sauces. On dit que les feuilles ont une valeur nutritionnelle extrêmement importante pour les personnes de tous âges. Elle contient des protéines très riches, des vitamines et des sels minéraux. Ses feuilles sont de plus en plus utilisées pour lutter contre la malnutrition. Sous cette forme, les propriétés nutritionnelles du *Moringa* sont concentrées. Quelques grammes par jour peuvent aider à lutter contre les carences en vitamines, minéraux et protéines (**Louni, 2009**).

2. Usages médicaux

Que ce soit pour le paludisme, l'hypertension artérielle (HTA), le diabète ou encore la sinusite... etc. On compte un totale de 27 indications médicinales pour le *Moringa*. Les différentes indications sont regroupées en 5 catégories d'affections. Les catégories de maladies dans lesquelles on utilise le plus souvent *Moringa oleifera* sont les maladies liées aux affections digestives (28,57 %), viennent ensuite les hématologies (23,81 %) (**Louni, 2009**).

3. Usage industriel

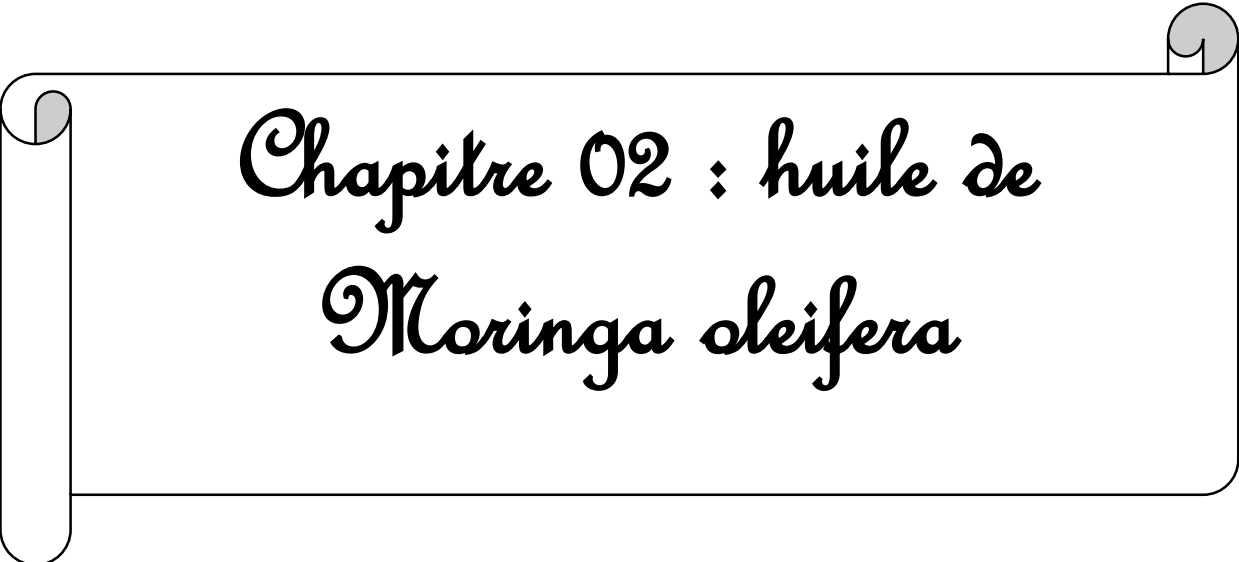
Après l'extraction de l'huile qui se trouve dans la graine de moringa de 20 à 30% qui est comestible et riche en vertus dans un but de la commercialiser ; le tourteau obtenu comme sous-produit lors de l'extraction est très riche en protéines ; et certaines (environ 1%) peuvent être utilisées comme source de flocculant pour la clarification et traitement des eaux (**Louni, 2009**)

VIII. Les usages spécifiques des organes de *Moringa oleifera*

Les différents usages des organes de moringa sont répartis dans le tableau suivant

Tableau 5 usages spécifiques des organes de *Moringa*(Atakpama wouyo,al 2023)

Organe	Usage spécifique	Mode de préparation	Mode d'administration	Posologie
Feuille	Antibiotique, constipation, diabète, maux de cœur, douleur articulaire, hémorroïdes, migraine, paludisme, HTA, ulcère	Décoction	Orale	3 verres de bière par jour
Feuille	Conjonctivite	Jus pur	Goute	15grammes
Feuille	Diabète	Poudre	Orale	15g par jour
Feuille	Plaie cutanées	Jus	Cutané	Appliqué une quantité raisonnable une fois par jour sur la plaie
Feuille	Paludisme	Poudre	Orale	15g par jour
Feuille	Rhumatisme	Décoction	Orale	2 verres de bière par jour
Feuille	HTA, ulcère	Poudre	Orale	15g par jour
Feuille	Vers intestinaux	Décoction	Orale	3 verres de bière par jour
Feuille	Anémie	Macération	Orale	3 verres par jour
Feuille	Obésité	Poudre	Orale	Mélange de 25g de poudre avec de l'eau tiède à prendre chaque jour le matin avant de manger pendant un mois
Feuille	Hémiplégie	Poudre	Orale	200g de poudre mélangée avec du jus de coco (1L /jour pendant 3jours).
Gousse	Fatigue musculaire	Teinture mère	Orale	Un petit verre par jour
Graine	Indigestion	Fruit de bouche	Orale	8 graines par jour
Graine	Fatigue musculaire, règles douloureuses	Fruit de bouche	Orale	6 graines par jour
Racine	Abcès	Pommade	Cutané	Massage deux fois par jour
Racine	Morsure de serpent, panaris	Pate de l'écore	Cutané	Appliquer la pâte sur la partie ciblée
Racine	Règles douloureuses, rhumatisme, sinusite, maux de ventre, hernie, faiblesse sexuelle, antibiotique	Teinture mère	Orale	Un petit verre par jour
Tige	Ulcère	Teinture mère	Orale	Un petit verre par jour



Chapitre 02 : huile de
Moringa oleifera

I. Graine de *Moringa oleifera*

a. Composition biochimique de la graine

Selon Leone (et al., 2015) la composition de graine de *Moringa* est liée non seulement aux conditions climatiques mais aussi au niveau de maturité . La poudre de graine de *Moringa* est utilisée comme complément alimentaire suite à sa haute teneur en protéine mais aussi en sucre, vitamine, minéraux, fibre, matières grasses.

1. Les minéraux

Les minéraux occupent une part importante dans les graines de *Moringa oleifera*. Des analyses réalisées par Abiodun (2012) et James (2017) ont montré que les minéraux contenus dans ces graines sont indiqués dans le tableau 7 :

Tableau 7 composition en minéraux dans les graines de *Moringa oleifera* (Abiodun, 2012 ; James et Zikankuba 2017).

Les minéraux	La quantité en mg / kg
Sodium	155
Potassium	479
Magnésium	220,10
Calcium	203,85
Fer	31,03
Zinc	8,08
Manganèse	3

2. Les Protéines

Les graines de *Moringa oleifera* représentent une source importante de protéines en moyenne de 31,4% (Leone 2016). La qualité nutritionnelle dépend des teneurs en acides aminés essentiels et de sa biodisponibilité après digestion et absorption. Le profil protéique de ces graines a révélé des taux de 3,1% d'albumine, 0,3% de globulines, 2,2% de prolamine, 3,5% de glutéline et 70,1% de protéines insolubles (Foidl et Makkar 2001).

Tableau 8 : La composition en acides aminés dans les graines de *Moringa oleifera* (James & Zikankuba, 2017)

Acide aminés	mg/100g
Lysine*	312
Histidine*	1930
Valine*	1080
Leucine	3830
Isoleucine*	4230
Thréonine*	3020
Alanine	5160
Aspartique acide	1570
Serine	3060
Proline	2180
Acide glutamique	17870
Glycine	2370
Arginine*	8280
Cystéine	1680
Tyrosine	1970
Méthionine*	310
Phénylalanine*	3270

* : acides essentiels

b. Propriété de la graine

1. Propriétés antibactériennes

Les graines de *Moringa* peuvent fournir un traitement alternatif pour les maladies causées par des bactéries multi résistantes. Une étude (Sousa et al., 2017), visant à évaluer la bio activité in vitro de l'extrait de graines de *Moringa oleifera* contre les bactéries *Vibrio* isolées de la crevette marine *Litopenaeus vannamei*. Les bactéries *Vibrio* sont omniprésentes dans le milieu marin et font partie du microbiote des invertébrés marins. Certaines espèces sont considérées comme des agents pathogènes humains, sont très virulents et multi résistantes et sont souvent associées à des maladies telles que le choléra et la gastro-entérite aiguë. L'extrait de graines de *Moringa oleifera* est bioactif contre 92 % des souches.

2. Propriétés anti-inflammatoires

Selon (Jaja-Chimedza et al., 2017), les graines de *Moringa* ont été décrites comme ayant des propriétés anti-inflammatoires, et les composés photochimiques dérivés des graines associées à ces activités biologiques comprennent les glucosinolates (GL), les isothiocyanates (ITC), les nitriles, les carbamates et le formiate de thioamino. Le GL stocké dans les graines est converti enzymatiquement par la myrosinase, une β -thioglucosidase, pour former des ITC connus pour leurs effets anti-inflammatoires.

3. Propriétés antifongiques

Moringa oleifera-Chiting Bending Protein 3 (Mo-CBP3), une protéine produite par les graines de *Moringa oleifera*, se lie à la chitine et inhibe la germination et la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes. Cette protéine est hautement thermostable et résistante aux changements de pH, et peut donc être utile dans le développement de nouveaux médicaments antifongiques (Freire et al., 2015). Une autre protéine de flexion Moringa-chitine supplémentaire, appelée Mo-CBP2, a présenté une activité antifongique contre *Candida* grâce à sa capacité à augmenter la perméabilité de la membrane cellulaire et à induire la production d'espèces endogènes réactives de l'oxygène chez *C. albicans*.

c. Utilisation de la graine de *Moringa*

1. Nourriture

1.1. consommation humaine

La plante *Moringa* a été consommée par les humains et presque toutes les parties de la plante sont utilisées comme légumes (Iqbal et al., 2006). On peut même parler d'un alicament.

1.2. consommation animale

les agriculteurs ajoutent des feuilles de *Moringa* à l'alimentation animale pour maintenir la santé du bétail (Fahey, 2005).

2. Usage cosmétique

L'extrait de tourteau de graines de *Moringa* contient deux ingrédients actifs constitués de peptides et d'un composant protéique aux propriétés spécifiques pour la peau et les cheveux. Cette partie va protéger la peau des agressions environnementales et prévenir le vieillissement prématuré de la peau (Manayi et al., 2015).

II. Huile de graine de *Moringa oleifera*

Les matières grasses désignent diverses substances liquides ou solides plus ou moins colorées, grasses, inflammables, peu solubles ou insolubles dans l'eau et l'alcool mais solubles dans des solvants tels que l'hexane, l'éther, le chloroforme et le benzène. Les corps gras naturels sont principalement composés de glycérides, d'acides gras et de glycérol, et contiennent également une petite quantité de phospholipides, de stérols, alcools, vitamines, colorants et hydrocarbures spécifiés intégrés au nom d'ingrédients non glycéridiques ou d'ingrédients mineurs. L'huile extraite des graines de *Moringa* est connue sous le nom d'huile de Ben" riche en acide palmitique, stéarique et essentiellement en acide oléique tableau 9. Il est considéré comme équivalent à l'huile d'olive, de par sa nature chimique, elle contient une grande quantité de tocophérols (Coxam et al., 2014). Ce dernier a une teneur très élevée en acide oléique plus de (70%), a une agréable odeur d'arachide et est faible en acides gras Polyinsaturé (<1%), lui conférant une excellente stabilité à l'oxydation. L'huile des graines de *Moringa* sont sucrées, sinodores et transparentes.

Elle a été utilisée dans la médecine traditionnelle africaine et sud-asiatique. Elle a également été utilisée dans le traitement des troubles inflammatoires, infectieux, cardiovasculaires, gastro-intestinaux, sanguins, hépatiques et rénaux (Melo et al., 2013).

Les propriétés de l'huile de graines de *Moringa oleifera* sont hautement souhaitables, en particulier à la lumière de la tendance actuelle à remplacer les huiles végétales polyinsaturées par des huiles végétales riches en acides mono insaturés (Abdulkarim, 2005).



Figure 11 : Huile de *Moringa* (LES BIENFAITS DU MORINGA, .)

a. La composition de l'huile de *Moringa oleifera*

L'huile est riche en vitamines A et C et a également des propriétés antioxydants, en plus de contenir des propriétés antimicrobiennes, antiseptiques et anti-inflammatoires qui sont bien connues pour traiter les maladies de la peau.

1. Composition en acides gras, et degrés de saturation et d'insaturation, de l'huile des graines de *Moringa oleifera*

Selon **Ghazili et al (2011)** l'huile de *Moringa* est également riche en acide gras saturé et insaturé comme le montre le tableau suivant (Tableau 9) :

Tableau 9 : Composition de huile de *Moringa* et le degré d'insaturation, pourcentage

Type d'acide gras	Degré de saturation et d'insaturation	Pourcentage
Acide myristique	C14:0	0.2
Acide Palmitique	C16 :0	6.8
Acide Stéarique	C18 :0	6.5
Acide oléique	C18 :1	70.0
Acide linoléique	C18 :2	0.9
Acide linoléique	C18 :3	-
Acide arachidique	C20 :0	4.2
Acide gondoléique	C20 :1	1.4
Acide behénique	C22 :0	5.8
Acide lignocérique	C24 :0	1.3

2. Les stérols

Un certain nombre de stérols ont été identifiés dans l'huile de *Moringa*. Selon les recherches, les taux de stérols retrouvés sont variables. Le stigmastérol, le campestérol et le β -sitostérol sont les trois principaux composés (**Anwar & Rashid, 2007**).

3. Huile de graines *Moringa oleifera* et les antioxydants (Abdulkarim, 2005)

3.1 Les composés phénoliques

4. Les acides phénoliques sont les principaux composés phénoliques de l'extrait de feuille de *Moringa oleifera* contiennent de l'acide caféique, de l'acide p-coumarique et de l'acide férulique, l'acide 5-caféoylquinique et l'acide 3-caféoylquinique sont distribués dans toute la plante à l'exception des racines, des fruits et des graines. Les niveaux les plus élevés se trouvent dans les feuilles des arbres en fleurs (Gripon, 2011). Les acides gallique, ellagique et vanillique sont également présents dans des extraits de feuilles, de fruits ou de graines (Abdulkarim, 2005)

4.1 flavonoïdes

Le kaempférol et la quercétine sont des aglycones présents dans le *Moringa*. Il existe également des flavonoïdes glycosides dérivés des deux molécules ci-dessus. Les principaux flavonoïdes glycosides présents dans cette plante sont :

- Kaempférol 3-O-rutinoside
- Kaempférol 3-O-glucoside
- Kaempférol 3-O-(6-malonylglucoside)
- Quercétine 3-O-rutinoside
- Quercétine 3-O-glucoside
- Quercétine 3-O-(6-malonylglucoside)

b. Qualité d'huile de *Moringa*

Il existe plusieurs critères de qualité d'huile on distingue :

1. Critères organoleptiques

- Aspect : liquide à la température ambiante
- Couleur : jaune doré translucide
- Odeur : caractéristique
- Goût : caractéristique

5. Critères physico-chimique (Abdulkarim, 2005)

- Densité à 20°C : 0.841 à 0.962
- Indice de peroxyde : 15
- Indice d'acide : 4
- Indice de réfraction à 20°C : 1,455 à 1,475
- Indice d'iode : 67 à 73

2. Stabilité d'huile :

- Stabilité à l'oxydation : excellente
- Stabilité aux hautes températures : excellente

c. Utilisation de l'huile de Moringa

La composition biochimique de l'huile de Moringa permet sont utilisation dans divers domaine alimentaire non alimentaire (cosmétique) :

1) Alimentaire

Cette huile végétale est très riche en vitamines A et E, en antioxydants et acides gras insaturés. Elle sert donc dans la cuisine.

2) Non alimentaire

- 6.** Ses ingrédients en font la cosmétique naturelle de choix pour les cheveux, le visage et le corps contre le vieillissement et les problèmes de peau (eczéma, psoriasis, acné, irritations, sécheresse...)(Abdulkarim, 2005)

• Agent protecteur cardiovasculaire

L'acide oléique est un acide gras mono insaturé (oméga 9), riche en cet acide oléique dans l'huile de Moringa, qui peut prévenir la survenue de maladies cardiovasculaires.

• Cicatrisante, régénérant

Cette huile végétale est appréciée pour ses pouvoirs régénérant dus aux nombreux phyto stérols qu'elle contient. Elle limite la desquamation de l'épiderme et renforce la barrière cutanée protectrice.

• **Analgésique cutané** : l'huile de Moringa est connue pour soulager les démangeaisons et les dommages cutanés.

- **Adoucissante et émolliente** : L'huile de Moringa est douce et pénètre rapidement dans l'épiderme. Elle convient particulièrement aux peaux sèches.
- **Antioxydants** : L'huile de Moringa contient de la vitamine E et du bêta-carotène. La vitamine E est l'une des vitamines les plus antioxydantes. Le bêta-carotène, une forme de provitamine A, est également connue pour ses propriétés antioxydantes.
- **Anti-infectieux** : L'huile de Moringa réduit la prolifération des micro-organismes.
- **Anti-âge** : Riche en antioxydants, combat la perte de mémoire, stimule l'activité cérébrale, améliore la cognition : actuellement testé pour la maladie d'Alzheimer et accélère le renouvellement cellulaire.

d. Rendement de l'huile de Moringa

L'huile de *Moringa* est connue dans le monde entier sous le nom d'huile de Ben. Le rendement en huile des graines est de 40 % et le rendement en huile des graines de Moringa est indiqué dans le tableau 10. Rendement d'extraction est en fonction de plusieurs paramètres et méthode d'extraction, solvant et durée d'extraction.

De toute évidence, les principaux coûts de ce processus sont liés à la production des semences. Les coûts de production de semences pour les arbres bisannuels de Moringa (avec un rendement moyen de 1000 kg/ha) sont estimés à environ 0,3 US\$/kg. Pour les arbres matures (à partir de quatre ans), le rendement est d'environ 3000 kg/ha, Le coût de production devrait pouvoir être réduit à 0,15 à 0,08 \$/kg (Louni, 2009).

Tableau 10 : Différent rendements en huile selon la littérature.

Type d'extraction	Soxhlet					Enzymatique			Presse			
Solvant	Hexane					Chloroforme /Méthanol						
Littérature	Tsaknis et al (1998)	Tsaknis et al (1999)	Lalas et Tsaknis (2002)	Anwar et Rashid (2007)	Etude bourenanni et	Tsaknis et al (1999)	Tsaknis et al (1999)	Lalas et tsaknis (2002)	Abulkrim et al (2005)	Tsaknis et al (1998)	Tsaknis et al (1999)	Lalas et Tsaknis – (2002)
Rendement en huile %	36.3	35.7	38.3	34.80	40	39.5	31.2	41.4	32.6	26.3	25.8	25.1

e. Critères de classification d'une huile de ben

La qualité et le classement de l'huile de graine de *Moringa* résultent de la comparaison entre les résultats des analyses chimique et sensorielle effectuées sur le produit.

Les critères de classification de l'huile sont classés en deux catégories :

- Les critères de qualité.
- Les critères de la pureté.

1. Critères de qualité

La qualité est la somme d'un certain nombre de caractéristique ou d'attributs qui sont importants pour mesure le degré d'acceptation d'un produit par le consommateur.

1.1. Acidité

L'acidité est un critère important pour les destinations des huiles caractéristiques de base de la consommation et de la qualité des aliments (Kalua et al., 2006). Le résultat de l'hydrolyse

de ce dernier sous l'influence d'enzymes hydrolytiques "Lipase" ou les différents microbes qui se développent dans les fruits conditions de température et d'humidité favorables (**Psyllakis et al. 1980**).

1.2. Indice de peroxyde

L'oxydation est une série de changements qui se produit dans l'huile lors de l'exposition à l'oxygène, un phénomène qui entraîne la dégradation de l'huile (**Psyllakis et al. 1980**). L'indice de peroxyde est le test le plus couramment utilisé pour évaluer le degré d'oxydation d'une huile et représente ainsi une mesure du degré de vieillissement de l'huile (**Benhayoum et Lazzeri, 2007**).

1.3. Absorbance UV à 232 nm et 270 nm

La mesure de l'absorbance dans l'UV est une mesure de l'oxydation et les valeurs d'extinction retenues sont celles à 232 nm et 270 nm (**Roehly, 2007**).

Au début de l'oxydation, divers composés commencent à se former, tout d'abord des peroxydes ou produits primaires d'oxydation, qui sont évalués au moyen d'indices de peroxyde, qui peuvent également être quantifiés par leur absorption lumineuse dans la région UV du spectre autour de 232 nm (**Gutierrez et Izquierdo, 1994**), en termes d'absorbance UV à 270 nm, elle résulte de la présence de composés d'oxydation secondaire (aldéhydes, cétones, etc.) (**Mordret, 1999**)

2. Critères de la pureté

Les caractéristiques d'identification constituent les critères de puretés applicables aux huiles sont :

- Composition en acides gras par CPG.
- Composition en stérols et dialcools.
- Teneur en cires
- Teneur en 2-glycérol mono palmitate.
- Teneur en insaponifiable.

Tableau 11 : composition en acides gras de l'huile de graines de *Moringa Oleifera*

Type d'extraction	Soxhlet avec Hexane				
Littérature	Tsaknis et al (1998)	Tsaknis et al (1999)	Lalas et Tsaknis (2002)	Anwar et Bangher (2003)	Tsaknis et al (2007)
Campestérol	23.83	15.13	15.29	16.00	17.95
Stigmastérol	17.03	16.87	23.06	19.00	18.80
B-Sitostérol	47.07	50.07	43.65	46.65	46.16
Avénastérol	2.94	8.84	11.61	10.70	9.26

Tableau 12 : Critères de pureté de l'huile

Solvant	Hexane				
Littérature	Anwar et al (1998)	Tsaknis et al (1999)	Lalas et Tsaknis (2002)	Anwar et Bangher (2003)	Anwar et Rashid (2007)
Acide caprylique (C8 :0)	0.02	0.03	0.03	–	–
Acide myristique (C14 :0)	0.10	0.11	0.13	–	–
Acide palmitique (C16 :0)	5.51	6.04	6.46	6.50	6.45
Acide palmitoléique (C16 :1)	1.21	1.57	1.45	1.00	0.97

Acide margarique (C17 :0)	0.04	0.09	0.08	–	–
Acide stéarique (C18 :0)	5.86	4.14	5.88	5.67	5.50
Acide oléique (C18 :1)	67.79	73.60	71.21	76.00	73.22
Acide linoléique (C18 :2)	0.71	0.73	0.65	1.29	1.27
Acide linoléique (C18 :3)	0.21	0.22	0.18	–	0.30
Acide arachidique (C20 :0)	3.78	2.76	3.62	3.00	4.08
Acide gondoïque (C 20 :1)	2.60	2.40	2.22	1.20	1.68
Acide behénique (C22 :0)	6.81	6.73	6.41	5.00	6.16
Acide érucique (C22 :1)	0.11	0.14	0.12	–	–
Acide oérotique (C26 :0)	0.98	1.08	1.18	–	–

f. Huile de *Moringa* dans la cuisine

L'huile de *Moringa* peut être utilisée en cuisine comme alternative saine et économique à d'autres huiles plus chères. Voici quelques façons d'utiliser l'huile de moringa en cuisine .

Huile de cuisson : L'huile de *Moringa* est riche en protéines et en acides gras mono-insaturés, ce qui en fait une alternative nutritive à d'autres huiles de cuisson. Elle peut être utilisée pour la friture et la cuisson au four. Pour la cuisson, il est recommandé d'utiliser l'huile de *Moringa* pressée à froid, biologique et étiquetée pour cet usage (**Mira, 2020**)

Vinaigrette : L'huile de *Moringa* peut être utilisée pour préparer des vinaigrettes saines et savoureuses (« auteur Huile de moringa », 2023) . Elle peut être mélangée avec du vinaigre balsamique, du miel, de la moutarde et des herbes pour créer une vinaigrette délicieuse et nutritive.

Pesto : L'huile de *Moringa* peut être utilisée pour préparer un pesto sain et savoureux (**Mira & 2023**). Elle peut être mélangée avec du basilic, de l'ail, des noix et du fromage pour créer une sauce pesto délicieuse et nutritive.

Smoothies : L'huile de *Moringa* peut être ajoutée aux smoothies pour ajouter des nutriments supplémentaires (« auteur Huile de *Moringa* », 2023) . Elle peut être mélangée avec des fruits, des légumes et du lait pour créer un smoothie nutritif et délicieux.

Il est important de noter que l'huile de *Moringa* doit être utilisée avec modération en raison de sa teneur élevée en acides gras. Il est recommandé de ne pas consommer plus de deux cuillères à soupe d'huile de moringa par jour (**Mira & 2023**)



Partie02 : Expérimentale



Chapitre 01 : Matériels et méthodes

L'objectif de cette étude consiste en l'extraction et la caractérisation de la fraction lipidique de l'huile de graine de *Moringa oleifera* produite dans le laboratoire de chimie appliquée et génie chimique université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

Les analyses physico chimiques des échantillons réalisés au niveau du service Agro-alimentaire « Cevital » du Laboratoire Central des corps gras. 25 jours après l'extraction.

1 Matériel

1.1 Matériel végétal

1.1.1 Provenance des échantillons

Le matériel végétal (la graine de *Moringa oleifera*) utilisé pour notre recherche a été acheté chez un herboriste « Mellaz » qui provient de la région Sétif située au sud de la Kabylie, à 252 km à -est d'Alger, à 70 km à l'est-nord-est de Bordj Bou Arreridj, à 283 km à l'ouest-sud-ouest de Annaba et à 127 km à l'ouest de Constantine, la ville culmine à 1 100 m d'altitude .(Anonyme)

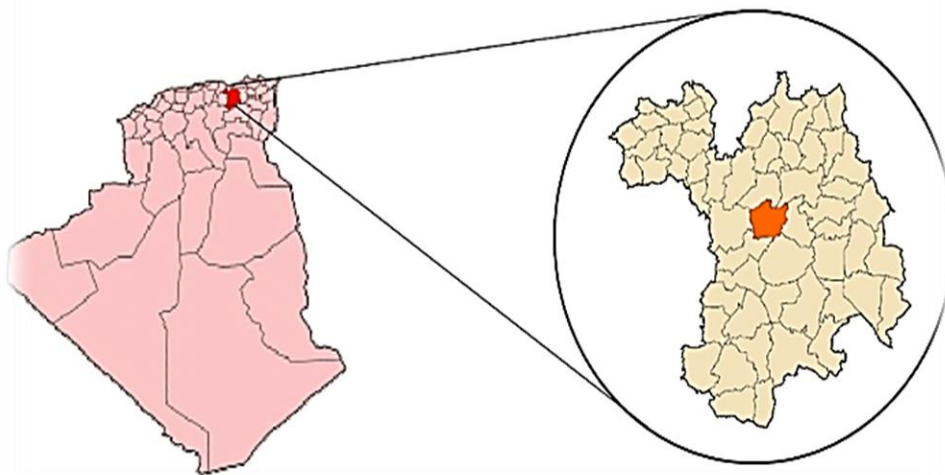


Figure 12 : localisation géographique de la wilaya de Sétif. (anonyme, 2017)

1.1.2 Préparation de l'échantillon

➤ Triage 1

Un triage manuel est réalisé pour éliminer toutes les graines qui présentent des altérations ou des moisissures sur la surface de la coque (figure13) préalablement dû au mauvais stockage.



Figure 13 (a, b) : graine de moringa (a) ; graine altéré (b).

➤ Décorticage 2

Les graines de Moringa sont constituées d'une coque brune, qui s'enlève facilement à la main ou avec un pilon, à partir de laquelle on prélève un kilogramme de graines de Moringa.



Figure 14 (c ; d) : graine avant décorticage (c) ; graine après décorticage.

➤ Triage 2

Un deuxième triage est réalisé pour éliminer toutes sortes de graines décortiquées contaminée (microorganisme, ver).



8

Figure 15: graine de Moringa contaminée.

➤ **Séchage**

. Les graines décortiquées sont séchées dans une étuve à une température moyenne de 40°C pour éviter toute modification des lipides jusqu'à ce qu'elles aient un poids stable. Cette étape nous a permis d'éliminer toute l'humidité pour réduire les niveaux d'humidité, les graines ont été ensuite stockées dans un dessiccateur.

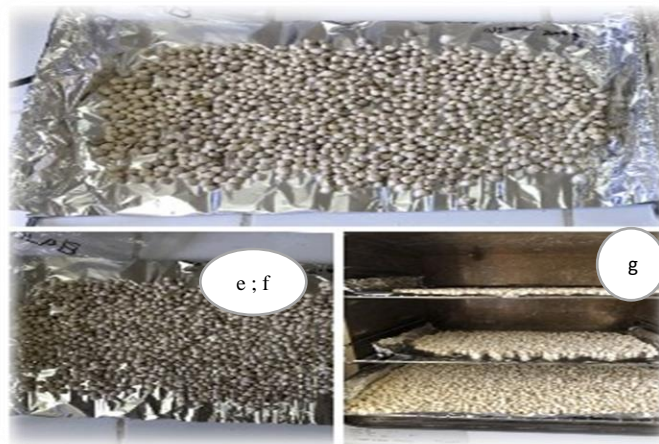


Figure 16 :(e ; f ; g) : graine avant le séchage (e ; f) ; graine dans l'étuve 40° (g)

Les graines de *Moringa* sont refroidies puis stockées dans des bocaux en verre dans un dessiccateur.

➤ **Broyage**

Les graines sont broyées dans un broyeur à grains électrique (**Annexe 1**) afin d'obtenir une poudre fine.



Figure 17 (h ; i ; j) : graine et broyeur (h) ; graine dans le broyeur (i) ; poudre de Moringa(j).

➤ **Tamisage**

Les fines particules récupérées sont ensuite tamisées à l'aide d'un tamis de taille et d'ouverture de maille 500 μm .

Le résidu de poudre après tamisage est passé plusieurs fois au tamis pour éviter les pertes. Après tamisage, la poudre est stockée figure18 dans des bocaux en verre, à l'abri de la lumière dans un dessiccateur, en attendant son extraction.



Figure 18 : stockage de la poudre de Moringa

2. Méthodes

2.1 Extraction par la méthode Soxhlet

L'extraction par Soxhlet est une technique standard depuis plus d'un siècle et les méthodes qui en sont dérivées restent notre principale référence pour mesurer les performances des nouvelles méthodes de lixiviation (Castro & Priego-Capote, 2009).

- Le solvant utilisé dans notre expérimentation nommé Hexane, est un solvant organique non polaire, est un hydrocarbure saturé de la famille des alcanes de formule brute C_6H_{14} .

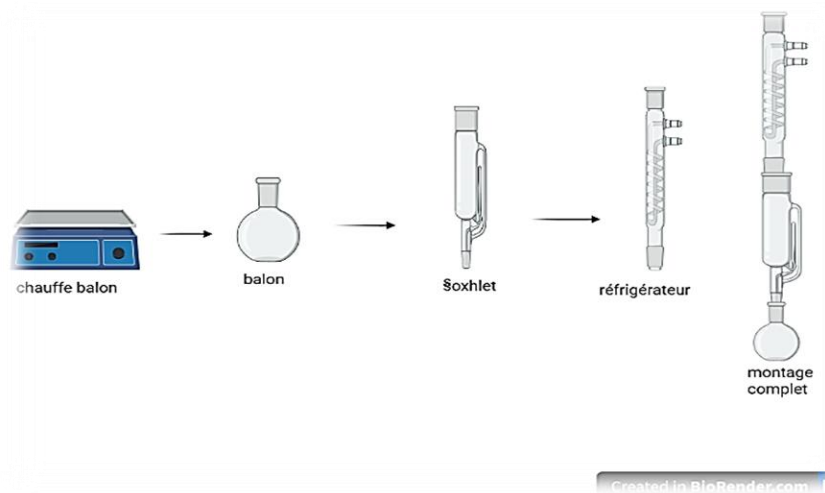


Figure 19 : Différent équipement pour le montage de soxhlet.

1.1.1 Principe de la méthode d'extraction Soxhlet

La poudre est encapsulée dans une cartouche de cellulose figure (k) qui est placée dans la cavité du moule d'un extracteur Soxhlet figure (i), le solvant d'extraction est versé dans un ballon à fond rond et chauffé à l'aide d'une source de chaleur, ce dernier est ensuite égoutté dans un condenseur dans la boîte à échantillons, lorsque le contenu liquide atteint le bras du siphon, il se vide à nouveau dans la flacon inférieure chaque 12 minutes. Cette opération est répétée pendant une durée de 4h. Une fois le processus terminé. Le solvant est récupéré par une distillation de la solution à l'aide du soxhlet sans cartouche figure (o). Le solvant est récupéré dans le soxhlet, et l'huile reste dans le ballon avec des petites traces de solvant figure (m).

Une fois l'huile est récupérée, on passe à un séchage répété dans l'étuve pendant 20 minute à 80° jusqu'à stabilisation du poids. Chaque séchage est suivi par un refroidissement dans un dessiccateur et un pesage dans le but d'éliminer tous résidus d'hexane dans l'huile.



Figure 20 cartouche cellulosique (k) ; cavité (i) ; huile dans le ballon (m).

Figure 21 montage du soxhlet pour extraction (n) ; montage du soxhlet pour la distillation (o).

1.2. Analyses physico-chimiques de l'huile des graines de Moringa Oleifera

Pour chaque analyse on effectue trois répétitions et le résultat final sera la moyenne arithmétique et l'écart type.

2.2.1 Densité

La densité est une grandeur physique qui mesure la quantité de matière contenue dans un espace donné. Elle est exprimée en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3) ou en grammes par centimètre cube (g/cm^3). La densité est une propriété importante pour de nombreux domaines, tels que la physique, la chimie, la métallurgie, la géologie, la biologie, etc. Elle permet de caractériser la masse volumique d'un matériel, c'est-à-dire la masse d'un matériel par unité de volume. La densité est également utilisée pour déterminer la flottabilité d'un objet dans un fluide.

- **Principe**

La densité consiste à peser, à l'aide d'un pycnomètre figure 20, un volume connu de l'huile homogène par rapport à la masse de même volume en eau distillée.

La densité est exprimée par la relation suivante :

$$\text{la densité} = \frac{\text{poid de l'huile}}{\text{poid d'eau distillé}}$$

La norme : 0.910-0.916

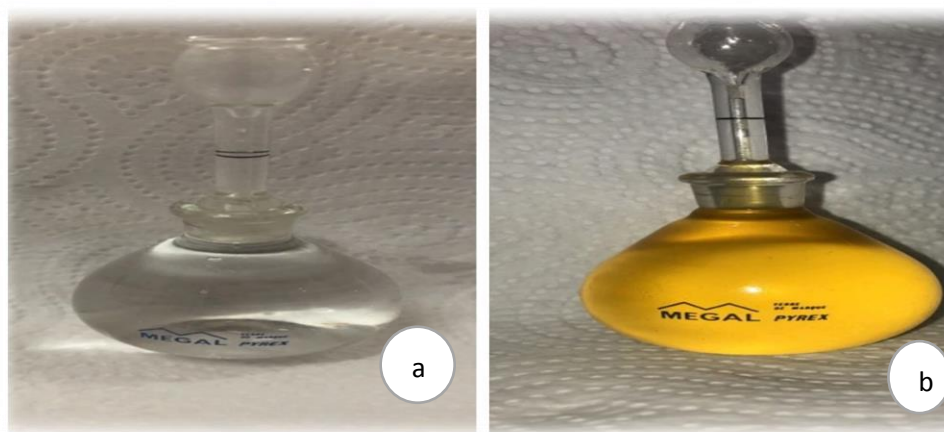


Figure 22 (a ; b) pycnomètre remplie d'eau (a) ; pycnomètre remplie d'huile (b).

2.2.2 La viscosité

La viscosité est une propriété physique qui mesure la résistance d'un fluide à l'écoulement. Elle est influencée par un certain nombre de facteurs, tels que la température, la pression, la composition chimique et la structure moléculaire du fluide. La viscosité est une mesure de la friction interne d'un fluide en mouvement, qui dépend de la composition moléculaire du fluide et de la force de cisaillement appliquée. Les fluides visqueux ont une viscosité élevée et résistent au mouvement, tandis que les fluides moins visqueux ont une viscosité plus faible et s'écoulent plus facilement.

- **Principe**

Selon (ISO 662 ,1196) c'est la mesure du temps que nécessite une bille en métal pour s'écouler dans un capillaire d'un viscosimètre rempli d'huile.

- **Matériels :**

- Viscosimètre (figure 21)
- Huile.

- **Mode opératoire :**

- Remplir le tube du viscosimètre d'huile de ben.
- Mettre le tube en position horizontale.
- Redresser le viscosimètre en position verticale.
- Déclencher le chronométré une fois la bille atteint le trait supérieur dans le viscosimètre.
- Suivre la chute de la bille et arrêter le chronomètre dès qu'elle atteint le trait inférieur du viscosimètre.
- Enregistrer le temps en seconde.

La viscosité est exprimée par la relation suivante :

$$\mu = K (p - P) . t$$

Avec :

μ : la viscosité en centpoise

p : la densité de la bille de métal qui est égale à 8 ,02 g/ml

P : densité de l'huile (g /ml)



Figure 23 : viscosimètre.

2.2.3 .Acidité

L'indice d'acide est le nombre de mg de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres de 1 g de corps gras.

- **Principe : Norme AFNOR (NFT60 décembre 1985)**

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide d'une solution éthanoïque d'hydroxyde de potassium

L'acidité est exprimée par la relation suivante :

$$A(\%) = \frac{v.c.M}{10.m}$$

Avec :

V: volume, en millilitres, de la solution titrée d'hydroxyde de potassium.

C: concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée de KOH (0,1 mol/l).

M: poids molaire, en grammes par mole, de l'acide oléique = 282g/mol.

m: poids en grammes, de la prise d'essai.

2.2.4. Indice de Peroxyde :

L'indice de peroxyde d'un corps gras est le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenu dans un gramme de produit capable d'oxyder l'iodure de potassium dans les conditions de travail décrites avec libération d'iode.

L'indice de peroxyde renseigne sur le degré de l'oxydation de l'huile. Il est déterminé selon le règlement (CEE n°2568, 1991), exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de l'huile et/ou matière grasse.

2

- **Principe**

La prise d'essai en solution dans un mélange acide acétique et chloroforme est traitée par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est titré avec une solution de thiosulfate de sodium. Expression des résultats l'indice de peroxyde (IP), exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme, est fourni par la formule :

$$IP = (V - V_0) \cdot 1000 \cdot T / m$$

Avec :

V : est le volume, en millilitres, de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai

V₀ : est le volume, en millilitres, de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc;

m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

T : est la normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,001N).

2.2.4 teste de couleur

Le test de couleur est souvent utilisé pour évaluer la qualité des l'huiles. Cependant, la couleur de l'huile ne reflète pas nécessairement sa qualité ou sa valeur biologique. La couleur de l'huile peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la variété de la graine, et les conditions de production. Par conséquent, il est important de ne pas se fier uniquement à la couleur de l'huile pour évaluer sa qualité. D'autres facteurs tels que le goût, l'odeur et la texture peuvent également être utilisés pour évaluer la qualité de l'huile. En résumé, le test de couleur

peut être utilisé pour évaluer la qualité de l'huile, mais il ne doit pas être utilisé comme seul critère pour déterminer la qualité ou la valeur biologique de l'huile

2.2.5 Extinction spécifique dans l'ultra-violet

L'examen spectrophotométrie UV peut fournir des informations sur la qualité de l'huile, son état de conservation et les modifications dues aux procédés techniques. L'absorbance aux longueurs d'onde fournies dans les procédés est due à la présence de diéniques et triéniques conjugués dans le système. Ces valeurs d'absorbance sont exprimées en extinction spécifique $E_{1\% 1\text{ cm}}$ (l'extinction d'une solution grasse à 1% dans un solvant défini, d'une épaisseur de 1 cm) généralement exprimée en K (aussi appelé coefficient).

Les méthodes UV reposent sur la détermination des coefficients d'extinctions spécifiques dans l'ultraviolet à 232 nm (K232) ; 270nm (K270) et ont été déterminés avec un spectrophotomètre de type thermo UV/Vis. Elles correspondent à l'absorption maximale des diènes et triènes conjuguées qui résultent de la décomposition de l'huile.

- **Principe**

L'huile est dissoute dans l'hexane, puis l'extinction de la solution est déterminée aux longueurs d'onde prescrites.

Expression des résultats les extinctions spécifiques aux différentes longueurs d'onde, sont exprimées avec deux décimales et déterminées par lecture directe.

2.2.6. Teneur en eau et en matières volatiles

C'est la perte en masse par l'échantillon après chauffage à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ exprimée en pourcentage de masse. Il consiste à provoquer le départ d'eau par chauffage d'une quantité connue d'huile jusqu'à élimination complète de l'eau. Elle renseigne sur la pureté de l'huile. La détermination de la teneur en eau et en matières volatiles a été réalisée selon la norme (ISO 662).

- **Principe**

Dessiccation du produit à une température de $103^\circ\text{C} \pm 2$ dans une étuve à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Expression des résultats est la teneur en eau et en matières volatiles, en pourcentage en masse de l'échantillon est donnée par la formule suivante:

$$\text{TEMV \%} = (m1 - m2) / (m1 - m0) \times 100$$

TEMV : Taux en matières volatiles en pourcentage.

m0 : masse, en gramme, de la capsule vide et séchée.

m1 : masse, en gramme, de la capsule avec la prise d'essai, avant chauffage.

m2 : masse, en gramme, de la capsule avec la prise d'essai, après chauffage.

2.2.7 Indice d'iode :

L'indice d'iode est utilisé pour déterminer la quantité d'insaturation dans les huiles, les graisses et les cires. Les acides gras insaturés contiennent des molécules avec des doubles ou triples liaisons, qui sont très réactives envers l'iode. Plus l'iode est attaché, plus la valeur indice d'iode est élevée, et plus l'huile, la graisse ou la cire est réactive, moins stable, plus douce et plus susceptible à l'oxydation. Dans de nombreuses graisses, la proportion d'acides constitutifs est relativement constante et leur indice d'iode ne varie pas beaucoup. Dans ce cas, l'indice d'iode estimé fournit un moyen simple et rapide de déterminer l'identité et la pureté des échantillons de matières grasses.

Expression des résultats d'indice d'iode est déterminée en multipliant le pourcentage de chaque acide gras par sa constante donnée par la formule suivante :

$$\text{Indice diode} = \% \text{ C 16:1} \times 0,9525 + \% \text{ C 18:1} \times 0,8620 + \% \text{ C18:2} \times 1,7358 + \% \text{ C 18:3} \times 2,6216 + \% \text{ C 20:1} \times 0,7872$$

2.2.8 Indice de réfraction

L'indice de réfraction est une mesure de la capacité d'une substance à dévier la lumière. Dans le domaine de l'huile, l'indice de réfraction est utilisé pour déterminer la quantité d'insaturation dans les acides gras d'une huile ou d'une graisse. La mesure de l'indice de réfraction est effectuée à l'aide de réfractomètres, de type Abbe, thermostatés. La technique la plus rapide et la plus précise consiste à utiliser un butyro-réfractomètre numérique doté d'un contrôle automatique de la température. Les analyses visant à déterminer l'indice de réfraction

des huiles sont effectuées dans le cadre d'analyses physiques effectuées par des laboratoires agréés.

Principe

L'indice de réfraction des huiles varie en fonction de leur insaturation. Il est mesuré à l'aide de réfractomètres, de type Abbe, thermostatés. La mesure de l'indice de réfraction est effectuée à 20°C pour les huiles fluides et à 40°C pour les graisses.

Méthode

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer l'indice de réfraction de l'huile. La technique la plus rapide et la plus précise consiste à utiliser un butyro-réfractomètre numérique doté d'un contrôle automatique de la température. Le réfractomètre butyro est un exemple de modèle qui requiert un échantillon de moins de 2 ml et fournit les résultats en quelques secondes seulement. Les analyses visant à déterminer l'indice de réfraction des huiles sont effectuées dans le cadre d'analyses physiques.

2.3 Analyse de la composition chimique de l'huile

Analyse de la composition chimique de l'huile de ben. Les paramètres étudiés et les méthodes utilisés sont :

- La composition de l'huile en acide gras par CPG (CEE n° 2568/91).
- La teneur en pigments chlorophylliens et caroténoïdes (Méthode décrite par Minguez-Mosquera et al. 1991)
- La teneur en composés phénoliques (Méthode décrite par Gutfinger, 1981).

2.3.1 Composition en acide gras

• Principe

Les esters méthyliques se forment par trans estérification dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification (point 5 de la méthode ISO 5509:2000, point 5 de la méthode IUPAC 2.301).

- **Evaluation quantitative**

Le pourcentage de chaque acide gras est calculé automatiquement par l'intégrateur, ou basé sur le rapport entre l'aire du pic correspondant et la somme des aires de tous les pics présents selon la formule suivante :

$$100 \times A_x / OA$$

Avec :

A_x : aire du pic de l'acide gras

OA : somme des aires de tous les pics.

Le résultat est exprimé avec deux décimales. Un logiciel Chemstation HP 3365 est utilisé pour le traitement des données.

2.3.2 Teneur en pigments

- **Principe**

Le principe consiste en la mesure de l'absorbance à 670 nm pour les chlorophylles et 470 nm pour les caroténoïdes, d'un échantillon d'huile en solution dans le cyclohexane.

Expression des résultats les teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes sont exprimées en mg/kg, sont données par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Chlorophylle en (mg/kg)} &= A_{670} \times 106 / 613 \times 100 \times d \\ \text{Caroténoïdes en (mg/kg)} &= A_{470} \times 106 / 2000 \times 100 \times d \end{aligned}$$

Avec :

A : Absorbance à la longueur d'onde indiquée.

D : épaisseur de la cuve en cm.

2.3.3 Teneur en phénols totaux

- **Principe**

Les teneurs en polyphénols totaux des huiles ont été quantifiées par la méthode décrite par **Gutfinger (1981)**.

La concentration en composés phénoliques est déterminée en utilisant le réactif Folin-ciocalteu. Ce dernier est réduit par les composés phénoliques pour donner une coloration bleue. L'intensité de la coloration est directement proportionnelle à la concentration des polyphénols dans la solution.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont calculés en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**annexe**). Ils sont exprimés en mg d'acide gallique par kg d'huile.

2.3.4 Stabilité oxydative :

La stabilité oxydative (rancimat) se définit comme étant le temps nécessaire pour l'huile quand elle commence à présenter des symptômes de rancissement suite à l'oxydation accélérée des acides gras insaturés. La méthode utilisée est celle décrite par **Gutierrez et al. (1989)**.

- **Principe**

La stabilité oxydative est déterminée par le test rancimat , qui consiste à faire passer un courant d'air purifié à travers une prise d'essai, portée à une température de $118\pm 2^{\circ}\text{C}$, mesurée par l'appareil Rancimat

- **Condition expérimentale :**

L'huile a subi une filtration puis une sonication pendant une heure, dans un bain ultrasonique avec chauffage à 55°C .

- **Conditions du rancimat :**

$$T^{\circ}=118\pm 2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Débit d'air} = 10\text{L/H}$$

Expression des résultats les résultats sont exprimés par le temps d'induction à l'oxydation (heures).



Chapitre 02 : Résultats et discussions

1. Extractions et rendements en huile des graines de Moringa Oleifera

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 24 :

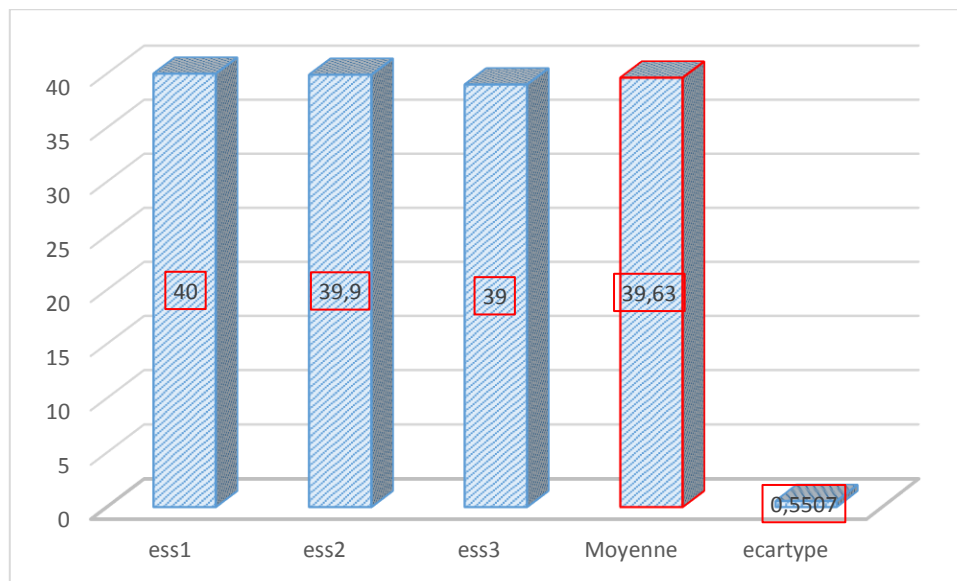


Figure 24 : rendement d'extraction en %

La forte teneur en matières grasses des graines de Moringa fait de ces dernières un grand potentiel dans l'industrie agroalimentaire. Ce pourcentage dépasse les graines oléagineuses traditionnelles : soja (17- 21%), tournesol (25- 40%)

L'extraction par Soxhlet avec les solvants apolaires donne un rendement relativement élevé qui peut être amélioré par l'addition d'isopropanol (**Louni, 2009**) . Ce dernier favorisant l'obtention des constituants moyennement polaires.

1.1.Indices de qualité de l'huile :

Les indices de qualité renseignent sur les processus hydrolytique et oxydatifs de l'huile. Le cultivar et la région de la culture n'ont pas d'influence significative sur les indices de qualité de l'huile, les quels sont cependant et principalement, des techniques de récoltes, le transport et le stockage.

1.1.1. Densité :

C'est l'un des critères de pureté qui indique la présence de corps étrangers dans l'huile. Selon la littérature la densité de l'huile de *Moringa Oleifera* varie légèrement avec la méthode d'extraction mais aussi le type du solvant utilisé. La valeur obtenue est 0,910. Ces résultats sont proches de ceux de l'huile d'olive dont la norme donnée par le codex alimentarius est de 0.910-0.916. Selon la norme (ISO 6320, s. d.) Spécifie que la densité des huiles doit être mesurée à 20 °C.

Il est noté aussi que la densité de l'huile peut varier en fonction de la température, de la pression et de la composition de l'huile.

En résumé, la densité de l'huile de Moringa est similaire à celle de l'huile d'olive et est conforme à la norme (ISO 6320, s. d.). La densité est une mesure importante pour déterminer la qualité de l'huile, car elle peut affecter la stabilité à l'oxydation et la durée de conservation.

1.1.2 Viscosité :

La viscosité de l'huile de Moringa est de 91,5. Cette viscosité relativement faible indique que l'huile de Moringa est fluide et légère, ce qui peut être un avantage pour son utilisation en cosmétique, car elle peut être facilement absorbée par la peau et les cheveux, sans laisser de résidus gras. (Nwokocha & Aremu, 2017)

1.1.3. Indice de réfraction :

Les résultats de notre étude montrent que l'indice de réfraction de l'huile de Moringa est de 1,4562. Voici comment il se compare à l'huile d'olive. Une étude a révélé qu'il n'y avait pas de différence significative dans l'indice de réfraction des huiles de Moringa par rapport à celui de l'huile d'olive vierge (Nwokocha & Aremu, 2017). Une autre étude a également montré que la densité et l'indice de réfraction de l'huile de Moringa étaient similaires à ceux de l'huile d'olive (anonyme). Les résultats de cette étude ont permis de classer l'huile de Moringa parmi les huiles non siccatives.

En résumé, l'indice de réfraction de l'huile de Moringa est similaire à celui de l'huile d'olive. Les deux huiles ont des propriétés similaires en termes de teneur en acides gras mono-insaturés et de densité. Cependant, il est important de noter que la qualité de l'huile dépend de nombreux autres facteurs tels que la teneur en antioxydants et la stabilité à l'oxydation.

1.1.4. Colleur :

L'appareil de mesure de colleur (lavibanide) a révélé que la couleur de l'huile de *Moringa* est rouge 1.1/jaune 23 .0

1.1.5. Acidité :

L'acidité est un facteur de l'huile, il renseigne sur l'altération par hydrolyse et dégradation de la matière grasse, qui est constituée de triglycérides. L'huile dégradée contient de plus en plus d'acides libres ce qui fait croître son acidité.

Les huiles étudiées présentent une valeur d'acidité en moyenne 3,5 .

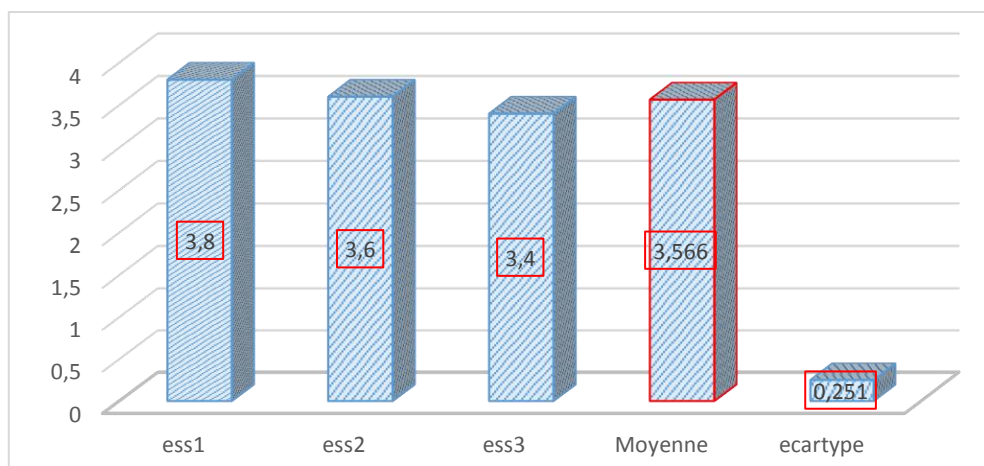


Figure25 : Acidité De l'huile de Moringa.

L'indice d'acide définit la qualité de l'huile. Il caractérise la pureté et la stabilité des huiles à la température ambiante. Les huiles de *Moringa oleifera* présentent un taux élevé acidité , selon(Louni, 2009) tous les huile extraite par des solvant apolaire tel que l'hexane ont un indice acide relativement élevé . Il existe d'autres facteurs d'altération comme les moisissures (Tsimidou et al. 2005) ainsi que des conditions pédoclimatiques.

1.1.6. Indice iode :

L'indice d'iode est une mesure du degré d'insaturation des huiles, et il est exprimé en grammes d'iode absorbé pour 100 grammes d'huile. Selon les résultats de la recherche, l'indice d'iode de l'huile de *Moringa* est de 65, ce qui indique qu'il s'agit d'une huile modérément insaturée. La valeur trouvée est inférieures à celle de l'huile d'olive qui est entre d'huile. L'indice d'iode de l'huile de *Moringa* est relativement faible par rapport à l'indice

d'iode de l'huile d'olive qui est 75 et 94 g /100g .En conclue que l'huile de Moringa oleifera est moins insaturée que l'huile d'olive .

1.1.7. Indice de peroxyde :

L'indice de peroxyde est lié aux conditions de conservation et aux méthodes d'extractions. C'est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative. L'indice de peroxyde donne une estimation de l'état auto-oxydant de l'huile, c'est un mécanisme lent mais inévitable. En effet, les corps gras s'oxydent en présence d'oxygène et de certains facteurs favorables (température élevée, eau, enzymes, métaux traces cuivre, fer, etc.). Cette auto-oxydation ou rancissement des aldéhydes se traduit initialement par la décomposition ultérieure des peroxydes en dérivés carbonylés, aldéhydes et hydro cétones (responsable de l'odeur de rance) et divers produits oxygénés (alcools, acides).

L'oxydation est le principal facteur de détérioration de la qualité dès l'huile. En effet, il affecte sa valeur nutritionnelle et organoleptique (Frankel, 1985 ; Morales et al. 1997)

L'indice de peroxyde des huiles extraites varie selon la méthode d'extraction (tableau 15). Les valeurs obtenues est 2.3 meq O₂/ Kg d'huile. Sachant que analyse était réalisé 17 jour après extraction, huile conservé a labri de la lumière. Cette valeurs basse de l'IP montent que l'huile a été stockée dans de bonnes conditions. .

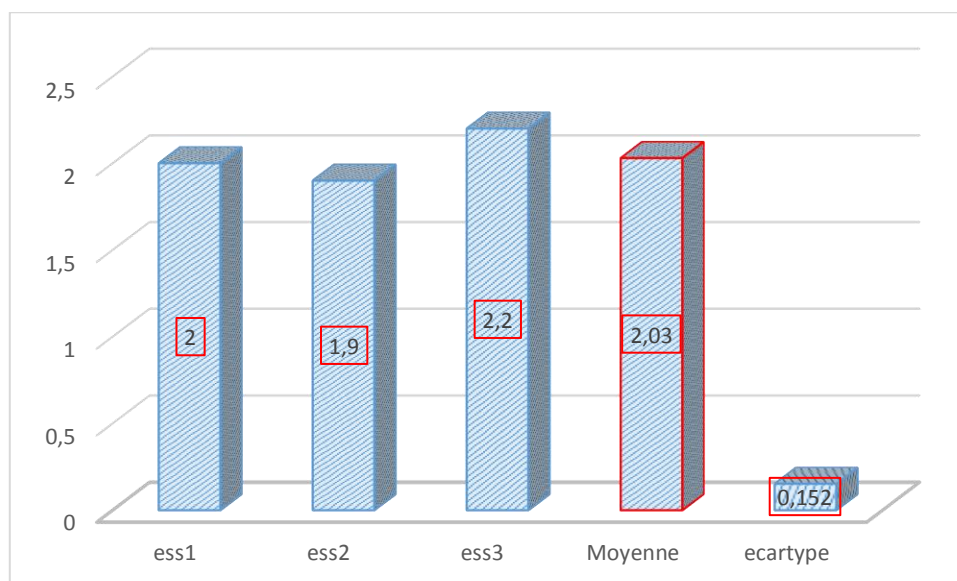


Figure 26: indice de peroxyde dans l'huile de Moringa.

1.1.8. Extinction spécifique dans (UV) :

Les valeurs K232 et K270 sont utilisées pour mesurer la qualité et la fraîcheur des huiles, dont l'huile de *Moringa*. La valeur K232 est une mesure de la quantité de diènes conjugués dans l'huile, qui se forment lors de l'oxydation des acides gras insaturés. La valeur K270 est une mesure de la quantité de triènes conjugués dans l'huile, qui se forment au cours de l'étape secondaire d'oxydation. Les valeurs de K232 et K270 sont exprimées en unités d'absorbance à des longueurs d'onde spécifiques et sont liées à l'état oxydatif de l'huile. Plus les valeurs de K232 et K270 sont basses, plus l'huile est fraîche et stable. La valeur K232 de l'huile de *Moringa* est de 1,6 et la valeur K270 est de 0,9. Ces valeurs indiquent que l'huile de *Moringa* est relativement fraîche et stable, avec de faibles niveaux de diènes et de triènes conjugués. Par conséquent, les résultats donnés suggèrent que la qualité de l'huile de *Moringa* est bonne et qu'elle convient à diverses applications, notamment la cuisine et les soins de la peau.

Les valeurs des extinctions spécifiques dans l'UV à 232 nm et 270 nm des huiles étudiées sont représentées par les figures

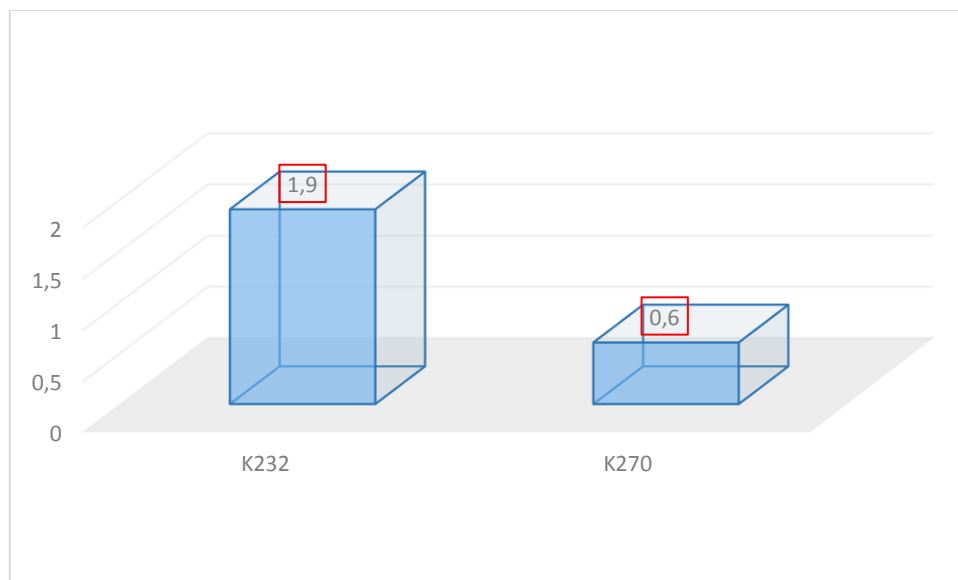


Figure27 : absorbance spécifique de l'huile de *Moringa*

1.1.9. Teneur en eau et en matières volatiles :

La teneur en matière volatile dans l'huile de *Moringa* est de 1,9. Cela signifie que l'huile de *Moringa* contient une faible quantité de composés volatils, qui sont des composés organiques qui ont une faible température d'ébullition et qui peuvent s'évaporer facilement à température ambiante. Les composés volatils peuvent contribuer à l'arôme et à la saveur de l'huile, mais leur présence peut également affecter la stabilité de l'huile et sa durée de conservation. Cependant, il est important de noter que la teneur en matière volatile peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la méthode d'extraction de l'huile et les conditions de stockage de l'huile.

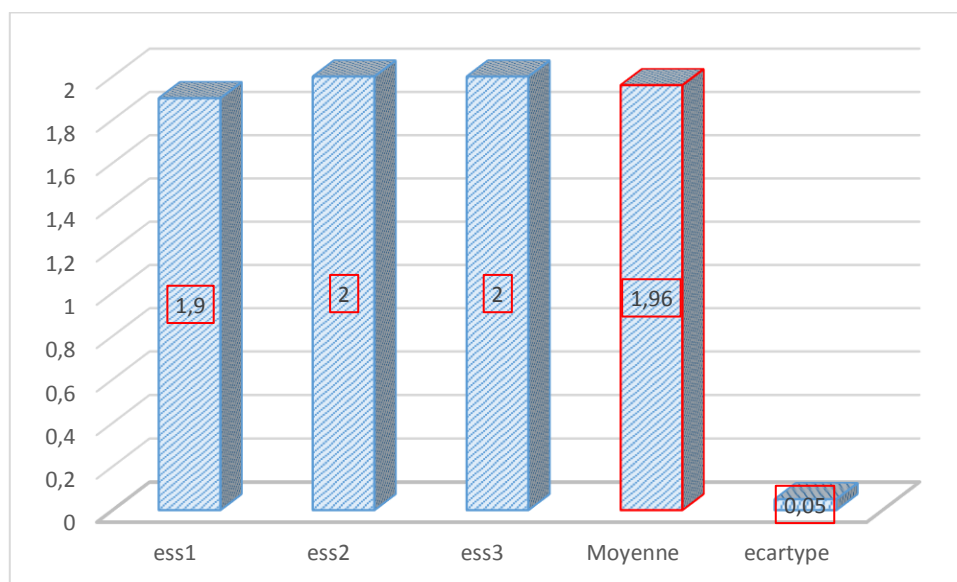


Figure28 : teneur en matière volatile

2. Analyse de la composition chimique de l'huile :

2.1. Composition en acides gras :

La composition en acide gras totaux est un paramètre de qualité et d'authenticité des huiles, elle joue un rôle important pour sa qualité nutritionnelle et organoleptique.

L'acide oléique est l'acide gras le plus dominant dans l'huile de *Moringa* d'une valeur 70,83% suivi par l'acide palmitique d'une valeur 6,37% ce qui rapproche beaucoup l'huile de *Moringa* à l'huile d'olive qui est connue par la dominance de sa composition par l'acide oléique.

Les résultats du profil en acides gras de l'huile de *Moringa* (Tableau). Le tableau représente la composition moyenne en acides gras dans l'échantillon analysé.

Tableau 13 : Composition en Acide Gras de l'huile de *Moringa*

Composition en Acide Gras de l'huile de <i>Moringa</i>		
Acide gras	Dénomination	Echant
C12 :0	Acide L'aurique	Trace
C14 :0	Acide Myristique	0,10%
C16 :0	Acide Palmitique	6,37%
C17 :0	Acide Margarique	0,08%
C18 :0	Acide Stérique	5,80%
C20 :0	Acide Arachidonique	3,62%
C22 :0	Acide Béhénique	6,35%
C24 :0	Acide Lignocérique	1,00%
C16 :1ω7	Acide Palmitoléique	1,44%
C18 :1ω9	Acide Oléique	70 ,83%
C20 :1ω9	Acide Gandoléique	2,30%
C22 :1	Acide Erucique	0,16%
C18 :2ω 6	Acide Linoléique	0,72 %
C18 :3	Acide alpha linoléique	0,15 %

La somme totale en AGS trouvée dans l'huile de *Moringa* est de 23,35% qui sont supérieures à celle de l'huile d'olive qui est estimée (15,3 %) selon (Dubois et al, 2007).

Tableau 14 : Somme totale des acides gras saturés

Somme totale des acides gras saturés		
C12 :0	Acide l'aurique	Trace
C14 :0	Acide Myristique	0,10%
C16 :0	Acide palmitique	6,37%
C17 :0	Acide margarique	0,08%
C18 :0	Acide stérique	5 ,80%
C20 :0	Acide Arachidonique	3,35%
C24 :0	Acide lignocérique	1,00 %
		Somme AGS 23,35%

La somme totale en AGMS trouvée dans huile de Moringa est de 75%. D'après des résultats obtenus permet de classer l'huile dans la catégorie de l'huile oléique.

Tableau 15 : Somme totale des acides gras mono insaturés

Somme totale des acides gras mono insatu		
C16 :1ω7	Acide Palmitoléique	1 ,44%
C18 :1ω9	Acide oléique	70,83%
C20 :1ω9	Acide gandoléique	2,30%
C22 :1	Erucique	0 ,16%
		Somme AGMIS 75 %

Tableau 16 : Somme totale des acides gras poly insaturés

Somme totale des acides gras poly insaturés		
C18 :2 ω6	Acide linoléique	0,72%
C18 :3	Acide linoléique	0,15%
		Somme AGPIS 0,87 %

Selon cette étude l'huile de *Moringa* est une très bonne source d'AGI (acides gras insaturés) avec une teneur de l'ordre de 75. 87% dont l'acide oléique (C18:1) ω 9 prédominant. Si on compare la somme totale en AGI de l'huile d'olive et l'huile de *Moringa*, huile de

Moringa est inférieure à celle d'huile d'olive qui est estimée selon Dubois (et al, 2007). D'une valeur de 83,8%.

Selon Iouni (2009) l'huile de *Moringa* peut aussi contenir l'acide heptadécénoïque C17 :1 due à une contamination de microorganisme sachant que cet acide gras est le prédominant chez les levures.

Nous notons aussi l'absence des acides gras trans dans notre huile, une étude aux USA et en Europe du nord montre que la consommation des AGT présente un souci cardiovasculaire (Iouni, 2009).

Plusieurs études ont confirmé que l'acide oléique, qui est un acide gras mono-insaturé, présente des propriétés thérapeutiques dans la prévention des maladies cardiovasculaires en intervenant au niveau du contrôle des concentrations sériques des lipoprotéines. Les études d'observation ont montré que les acides gras mono-insaturés, tels que l'acide oléique, ont un effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire en réduisant les taux de cholestérol LDL et en augmentant les taux de cholestérol HDL. (Genot et al. 2004).

Cependant, il est important de noter que la relation entre l'acide oléique et les maladies cardiovasculaires est complexe et dépend de plusieurs facteurs, tels que la quantité consommée, la source alimentaire et les autres composants de l'alimentation. En général, il est recommandé de consommer des aliments riches en acides gras mono-insaturés, tels que l'huile d'olive, en remplacement des graisses saturées pour réduire le risque de maladies cardiovasculaires (Lecerf, 2008)

L'effet hypocholestérolémiant de l'acide oléique est discuté, car il est surtout lié à la réduction des acides gras saturés en partie, remplacés par l'augmentation des acides gras insaturés. Plusieurs études ont montré que les acides gras mono-insaturés, tels que l'acide oléique, ont un effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire en réduisant les taux de cholestérol LDL et en augmentant les taux de cholestérol HDL (Czernichow et al., 2011a) Cependant, il est important de noter que la relation entre l'acide oléique et les maladies cardiovasculaires est complexe et dépend de plusieurs facteurs, tels que la quantité consommée, la source alimentaire et les autres composants de l'alimentation, l'acide oléique puisse avoir des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, il est important de maintenir un équilibre entre les différents types d'acides gras dans l'alimentation pour maintenir une bonne santé. (Czernichow et al. 2011b)

Les acides gras mono-insaturés présentent un effet presque identique aux acides gras polyinsaturés sur les niveaux de cholestérol total, mais surtout leur consommation est associée à un effet protecteur sur la mortalité coronarienne. Plusieurs études d'observation ont montré que les acides gras mono-insaturés, tels que l'acide oléique, ont un effet bénéfique sur la santé cardiovasculaire en réduisant les taux de cholestérol LDL et en augmentant les taux de cholestérol HDL(**Lecerf, 2008**) . Une étude a conclu que le remplacement de 5 % de l'énergie des acides gras saturés par de l'énergie provenant d'acides gras mono-insaturés et polyinsaturés non hydrogénés réduirait le risque de maladies coronariennes de 42 %. Cependant, il est important de noter que la relation entre les acides gras mono-insaturés et les maladies cardiovasculaires est complexe et dépend de plusieurs facteurs, tels que la quantité consommée, la source alimentaire et les autres composants de l'alimentation(**Sébastien et al., 2011**). En somme, il est recommandé de consommer des aliments riches en acides gras mono-insaturés, tels que l'huile d'olive, en remplacement des graisses saturées pour réduire le risque de maladies cardiovasculaires.

Les acides gras polyinsaturés peuvent faire l'objet de la formation de radicaux libres et réagir avec l'oxygène pour donner lieu à des radicaux libres peroxydés. Les radicaux libres sont des molécules instables qui peuvent endommager les cellules et les tissus du corps, contribuant ainsi au vieillissement et à l'apparition de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires. Les acides gras polyinsaturés, tels que les acides gras oméga-3, sont particulièrement vulnérables à l'oxydation en raison de leur structure chimique(**Genot et al., 2004**).

Cependant, il est important de noter que les acides gras polyinsaturés ont également des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, notamment en réduisant les taux de cholestérol LDL et en augmentant les taux de cholestérol HDL . Pour protéger les acides gras polyinsaturés contre l'oxydation, il est recommandé de consommer des aliments riches en antioxydants, tels que les fruits et légumes, en association avec les acides gras polyinsaturés(**Genot et al., 2004**). En somme, bien que les acides gras polyinsaturés présentent des avantages pour la santé cardiovasculaire, il est important de les consommer avec modération et de les protéger contre l'oxydation en consommant des aliments riches en antioxydants.

Les acides gras polyinsaturés ont une action rapide et efficace sur la santé cardiovasculaire, mais ils peuvent également faire l'objet de la formation de radicaux libres et réagir avec l'oxygène pour donner lieu à des radicaux libres peroxydés. Ce processus radicalaire peut

provoquer, au niveau vasculaire, une altération de l'endothélium des vaisseaux, une augmentation de l'agrégabilité plaquettaire et la formation de LDL modifiées, cytotoxiques et athérogènes. Pour protéger les acides gras polyinsaturés contre l'oxydation, il est recommandé de consommer des aliments riches en antioxydants, tels que les fruits et légumes, en association avec les acides gras polyinsaturés. Les acides gras mono-insaturés, tels que l'acide oléique, ont également des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire, mais leur consommation doit être équilibrée avec les autres types d'acides gras pour maintenir une bonne santé. **(Genot et al., 2004).**

L'acide oléique, réduit la prise de LDL oxydées par les macrophages, diminuant ainsi la susceptibilité des lipoprotéines à subir la lipo peroxydation. Cette propriété de l'acide oléique est importante car la lipo peroxydation peut provoquer une altération de l'endothélium des vaisseaux, une augmentation de l'agrégabilité plaquettaire et la formation de LDL modifiées, cytotoxiques et athérogènes, qui sont des facteurs de risque majeurs de l'athérosclérose et des maladies cardiovasculaires.**(Czernichow et al., 2011)**

C'est pourquoi il est recommandé de considérer le rapport M/S (mono insaturés/saturés) en plus du rapport P/S (polyinsaturés/saturés). En effet, l'apport en acides gras mono insaturés apparaît comme un facteur protecteur de la mortalité coronarienne.

D'autre part, l'acide oléique a d'autres avantages pour la santé qui peuvent être résumés comme suit :

Réédition les artères pulmonaires et le stress oxydant dans les cellules endothéliales.

Les effets bénéfiques de l'acide oléique sur la formation de métastases pulmonaires pourraient être liés à l'inhibition de la gélatinase. L'infusion d'acide oléique dans l'artère carotide ouvre de manière réversible la barrière hémato-encéphalique **(Micronutrition, 2019).**

L'acide oléique intervient également dans la régulation de la pression sanguine et de la viscosité, et enfin dans le transport des cations dans les globules rouges**(Genot et al., 2004).**

L'acide oléique contribue au bon contrôle de l'hypertriglycéridémie chez le rat diabétique. Il favorise la perte de poids et réduit le risque cardiovasculaire patient obèse et diabétique.

Pour conclure, l'oléamide dérivé de l'acide oléique régule le sommeil et atténue l'apoptose neuronale cérébelleuse.

L'huile de *Moringa oleifera* est riche en acide oléique, ce qui lui confère une meilleure stabilité à la cuisson et à la friture par rapport aux autres huiles riches en acides gras polyinsaturés, telles que l'huile de soja, l'huile d'arachide et l'huile de tournesol. En effet, les huiles riches en acides gras polyinsaturés ont tendance à s'oxyder plus rapidement lorsqu'elles sont chauffées, ce qui peut entraîner la formation de composés toxiques. L'huile de *Moringa oleifera* peut donc être utilisée comme alternative aux huiles végétales partiellement hydrogénées, qui sont riches en acides gras trans et qui ont été associées à un risque accru des maladies cardiovasculaires. Voici quelques utilisations de l'huile de *Moringa* en cuisine :

Comme huile de cuisson : l'huile de *Moringa* peut être utilisée pour la cuisson à haute température, car elle est plus stable que les huiles riches en acides gras polyinsaturés. Elle a une saveur légèrement noisette qui convient bien pour la cuisson. **(ANONYME, 2023)**

Comme huile de friture : Selon Mezui(2023) l'huile de *Moringa* est également adaptée pour la friture, car elle a une haute résistance à l'oxydation et ne produit pas de composés toxiques lorsqu'elle est chauffée .

Comme ingrédient dans les salades : l'huile de *Moringa* peut être utilisée comme ingrédient dans les vinaigrettes et les sauces pour salades, car elle a une saveur légère et agréable .**(Mira - Any Talent &2023)**

Comme ingrédient dans les plats cuisinés : l'huile de *Moringa* peut être utilisée comme ingrédient dans les plats cuisinés pour ajouter de la saveur et des nutriments essentiel **(Mira - Any Talent&2023)**. Huile de *Moringa oleifera* contient une teneur élevée en acide béhénique, qui est utilisé dans l'industrie des chocolats en raison de ses propriétés physiques. L'acide béhénique reste solide à la température ambiante et fond à la température buccale sans laisser de goût gras. De plus, il est très faiblement absorbé par l'organisme, ce qui permet de l'utiliser dans les aliments hypocaloriques sans augmenter la concentration des lipides sériques.

L'acide béhénique, présent dans l'huile de *Moringa oleifera*, a des utilisations non alimentaires, notamment comme détergent, surfactant, additif plastique, cosmétique et photographie.

Dans les graines de certaines légumineuses, telles que les haricots ailés et l'arachide, on retrouve de grandes quantités d'acide béhénique (environ 11,2 %). Cependant, la présence de telles quantités est indésirable car l'acide béhénique est considéré comme un facteur antinutritionnel(Pasquet, 1984).L'acide Béhénique est également présent dans d'autres huiles et

plantes oléagineuses, notamment l'huile et les peaux de colza (canola) et d'arachide. En revanche, l'huile de *Moringa oleifera* contient environ 4 % d'acide béhénique, ce qui est considéré comme une quantité raisonnable et ne présente pas de risque pour la santé.

2.2. Teneur en pigments :

2.2.1. Chlorophylles :

Les chlorophylles sont des pigments responsables de la couleur de quelque catégorie des huiles telle que l'huile d'olive, elles sont impliquées dans les mécanismes d'auto-oxydation.

Le résultat obtenu montre que les teneurs chlorophylles est de 0 dans notre étude. Cela signifie qu'il n'y a pas de chlorophylle dans l'huile de *Moringa* testée. Cependant, il est important de noter que la présence de chlorophylle dans l'huile de *Moringa* peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la variété, les conditions de croissance, la méthode d'extraction de l'huile, etc. Il est donc possible que d'autres huiles de *Moringa* contiennent des quantités variables de chlorophylle

2.2.2. Caroténoïdes :

Selon Gandul-Rojas(2012) les caroténoïdes sont des inhibiteurs très efficaces de la photo-oxydation (lumière) mais aussi responsable de la couleur jaune de l'huile. Les caroténoïdes ont beaucoup d'intérêts pour la santé humaine mais aussi une propriété antioxydants.

Les teneurs en caroténoïdes de l'huile étudiée 0,25 mg/kg. Bien que cela puisse sembler être une petite quantité, les caroténoïdes sont des composés bénéfiques pour la santé et la beauté. Les caroténoïdes sont des pigments naturels qui donnent aux fruits et légumes leur couleur vive, et ils ont des propriétés antioxydants qui aident à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Les caroténoïdes sont également importants pour la santé des yeux et peuvent aider à prévenir les maladies oculaires. En outre, les caroténoïdes peuvent aider à maintenir une peau saine et à prévenir les dommages causés par les rayons UV.

En résumé, bien que la teneur en caroténoïdes dans l'huile de moringa soit relativement faible, elle peut encore avoir des avantages pour la santé et la beauté.

Selon louni(2009) aucune donnée sur les carotènes de l'huile de graine *Moringa oleifera* n'a été rapportée. Des teneurs en carotènes particulièrement élevées sont rencontrées dans l'huile de palme avec des teneurs de 500 à 800 mg/kg.

2.2.3. Teneur en polyphénols totaux :

Les polyphénols contribuent à la saveur globale complexe pour les huiles et lui fournissent des effets antioxydants et sont en grande partie responsables de sa durée de conservation. Les huiles d'olives ont une teneur élevée en composé phénoliques.

La valeur des teneurs en polyphénols totaux dans huile de Moringa étudiée est de 0,29mg / 2g huile. Les polyphénols sont des composés naturels présents dans les plantes, qui ont des propriétés antioxydants et anti-inflammatoires bénéfiques pour la santé. Les polyphénols totaux comprennent une variété de composés, tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les tannins. Bien que la teneur en polyphénols totaux dans l'huile de *Moringa* qu'on a étudiée soit relativement faible, il est important de noter que la teneur en polyphénols peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la variété de la plante, les conditions de croissance, la méthode d'extraction de l'huile.

1. teste de Rancimat :

Le résultat obtenu du teste de rancimat est représenté dans la courbe suivante :

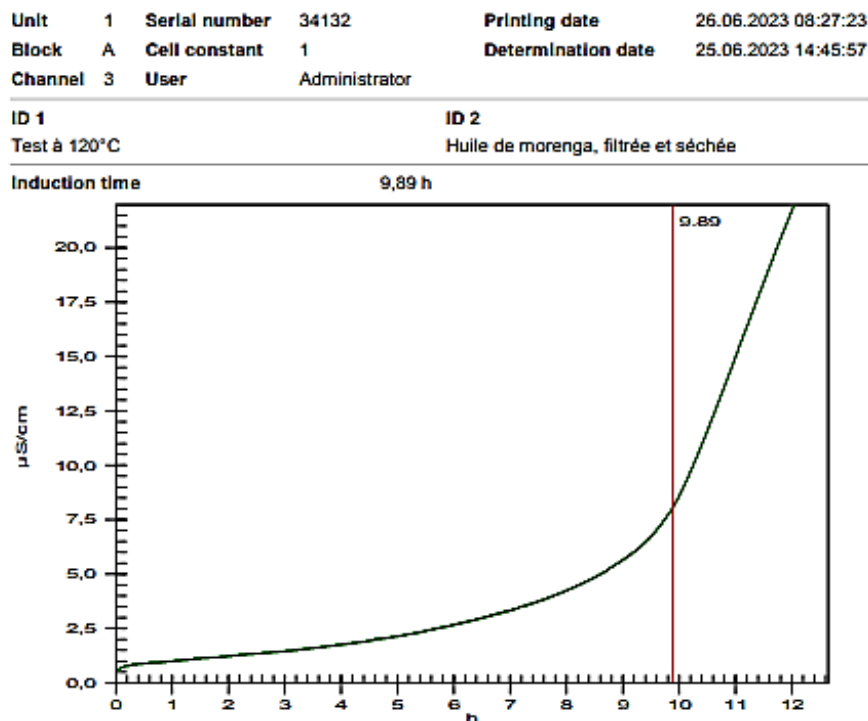
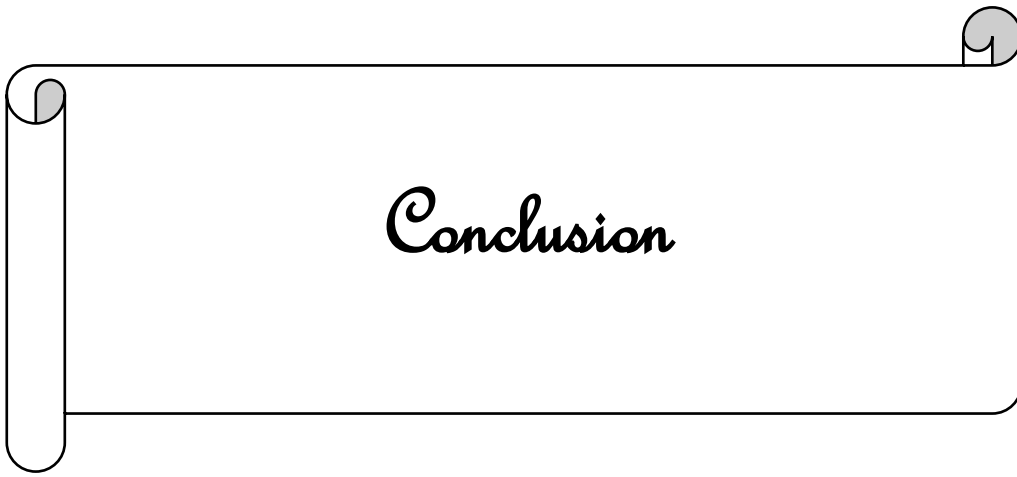


Figure 29 : courbe d'évaluation du teste de rancimat

D'après les résultats de notre étude, l'analyse du test de Rancimat a été effectuée à une température de 120°C avec un débit d'air de 10 litres par heure, la stabilité oxydative de l'huile de *Moringa* est de 9 heures à une température de 120°C. Cela signifie que l'huile de *Moringa* est relativement stable à l'oxydation à haute température, ce qui est un avantage pour son utilisation en cuisine et en friture. Les résultats de votre étude sont cohérents avec d'autres études qui ont montré que l'huile de *Moringa* est riche en antioxydants et a une excellente stabilité à l'oxydation (**Barkelou, 2020**).



Conclusion

Le but de ce travail est d'approfondir notre connaissance de l'huile de graines de *Moringa oleifera* afin de la valoriser davantage.

Le pourcentage en matière grasse trouvé dans les graines de *Moringa oleifera* est supérieur à celui des autres graines oléagineuses conventionnelles telles que le soja, le tournesol et la moutarde. Cette teneur élevée fait des graines de *Moringa* un potentiel dans les industries des huiles végétales.

La graine de *Moringa oleifera* est une excellente source de protéines végétales. Sa teneur est d'environ 28%. Ses feuilles sont également riches en protéines, minéraux et vitamines, ce qui en fait un aliment ultra-nutritif.

Cette étude a montré que l'extraction par Soxhlet avec des solvants apolaires donne un rendement relativement élevé évalué à 40%.

Les résultats de cette étude ont permis de classer l'huile de *Moringa* parmi les huiles non siccatives, avec un indice de réfraction de 1,4562, conforme aux valeurs citées dans la littérature. Les différents indices physico-chimiques obtenus sont également conformes à ceux rapportés dans la littérature. En effet, l'indice d'acide est de 3,6 mg KOH/g. Notons que cette valeur est plus élevée comparativement aux valeurs citées dans la littérature ; ce qui pourrait être expliqué par les conditions de conservation des graines utilisées lors de notre étude ou par des conditions pédoclimatiques.

La stabilité oxydative des huiles alimentaires dépend de leur composition chimique, en particulier de leur composition et de leur teneur en acides gras insaturés (AGI). L'huile obtenue par extraction est riche en acides gras mono insaturés. L'analyse du profil en acides gras de l'huile de *Moringa* par CPG/FID a révélé une richesse en acides gras mono insaturés, représentant environ 75% des acides gras totaux. L'acide oléique (C18:1), acide gras mono-insaturé, prédomine avec une teneur moyenne de 70,83% ; ce qui confère à cette huile des propriétés nutritionnelles et technologiques intéressantes, notamment en termes d'action favorable exercée par les acides gras mono insaturés sur l'évacuation du cholestérol.

En revanche, le contenu en acides gras saturés est de 23,35%, principalement représenté par l'acide palmitique (C16:0), l'acide stéarique (C18:0), l'acide arachidique (C20:0) et l'acide béhénique (C22:0).

L'huile de graines de *Moringa oleifera* est de type oléique, avec une teneur élevée en acide oléique, représentant jusqu'à 76% des acides gras.

La teneur élevée d'huile de *Moringa* en acide oléique lui permet de se substituer les huiles végétales disponibles sur le marché.

Perspective

Il serait souhaitable d'approfondir notre connaissance de l'huile de graines de *Moringa oleifera* afin de la valoriser davantage. Une Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique d'huiles a différente température.



Références bibliographiques

A

Anonyme. (s. d.-a). *Figure 2 : Worldwide geographical distribution of different species of...*
ResearchGate.

Anonyme. (s. d.-b). *Moringa—Définition et recettes de « Moringa »*. Supertoinette.

Anonyme. (2023). *Moringa oleifera*. In *Wikipédia*.

https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Moringa_oleifera&oldid=203357418

Anonyme. (2018, mars 21). Huile Végétale de Moringa. *Madhessentielles*.

<https://www.madhessentielles.com/index.php/2018/03/21/huile-vegetale-de-moringa/>

Anonyme. (2019, mars 12). *5 Plantes Pour Booster la Fertilité*. Ann & Eli Apothecary.

<https://anneliapothecary.com/fr/blog/5-plantes-pour-la-fertilite>

Anonyme. (2020, avril 14). Le Moringa, *Moringa oleifera*. *Bio Stratège*.

<https://biostrategie.com/le-moringa-moringa-oleifera/>

Abdulkarim. (2005). *Abdulkarim et al., 2005. Food Chem., 93 (2) : 253–263 | Feedipedia*.

Anwar, F., & Rashid, Ts. Dr. U. (2007). Physiochemical characteristics of *Moringa Oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pak. J. Bot, 39*, 1443-1453.

Atakpama wouyo, al. (2023). (PDF) *Une plante alimentaire à usage thérapeutique à promouvoir : Moringa oleifera Lamarck*

https://www.researchgate.net/publication/366850323_Une_plante_alimentaire_a_usage_therapeutique_a_promouvoir_Moringa_oleifera_Lamarck

B

Barkelou. (2020). Les bienfaits de l'huile de Moringa. <https://maisonbarkelou.com/>.

<https://maisonbarkelou.com/les-bienfaits-de-lhuile-de-moringa/>

Broin M (2005) Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. Centre Technique de CoopÄration Agricole et rurale (CTA) – ACP-UE. 5 p.

C

Coxam, V., Wauquier, F., Darie, C., Spilmont, M., Davicco, M.-J., & Wittrant, Y. (2014). Huile d'olive et santé osseuse. *OCL*, 21(5), D511.

Carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Sétif). | *Download Scientific Diagram.* (s. d.-a). Consulté 3 juillet 2023, à l'adresse https://www.researchgate.net/figure/Carte-de-localisation-geographique-du-site-detude-Wilaya-de-Setif_fig4_351880624

Carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Sétif). | *Download Scientific Diagram.*

Castro, M., & Priego-Capote, F. (2009). Soxhlet Extraction : Past and Present Panacea. *Journal of chromatography. A*, 1217, 2383-2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>

CEE n°2568. (1991). *Commission Regulation (EEC) No 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.*

Czernichow, S., Thomas, D., & Bruckert, E. (2011a). Acides gras oméga-6 et maladies cardiovasculaires—Recommandations en matière d'apport alimentaire. *médecine/sciences*, 27(6-7), Article 6-7. <https://doi.org/10.1051/medsci/2011276013>

Czernichow, S., Thomas, D., & Bruckert, E. (2011b). Acides gras oméga-6 et maladies cardiovasculaires—Recommandations en matière d'apport alimentaire. *médecine/sciences*, 27(6-7), Article 6-7. <https://doi.org/10.1051/medsci/2011276013>

D

Détermination des caractères physiques. . Techniques de l'Ingénieur. Consulté 21 juin 2023, à l'adresse <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-techniques-d-analyse-tiata/archive-1/analyse-des-corps-gras-p3325/determination-des-caracteres-physiques-p3325niv10002.htm>

Dhakad, A. K., Ikram, M., Sharma, S., Khan, S., Pandey, V. V., & Singh, A. (2019). Biological, nutritional, and therapeutic significance of *Moringa oleifera* Lam. *Phytotherapy Research*, 33(11), 2870-2903. <https://doi.org/10.1002/ptr.6475>

F

Fahey. (2005). *Fahey, J.W. (2005) Moringa oleifera A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1. Trees for Life Journal, December, 1(5). - References—Scientific Research Publishing.*

Foild, N. (2001). *Potentiel de Moringa oleifera en Agriculture et dans l'industrie.*

Freire, J. E. C., Vasconcelos, I. M., Moreno, F. B. M. B., Batista, A. B., Lobo, M. D. P., Pereira, M. L., Lima, J. P. M. S., Almeida, R. V. M., Sousa, A. J. S., Monteiro-Moreira, A. C. O., Oliveira, J. T. A., &

Fuglie, L. J. (2002). *Le Moringa : Une arme dans la lutte contre la malnutrition* [Conference_item]. Development potential for moringa products: International workshop, 29th October - 2nd November 2001, Dar es Salaam, Tanzania; CIRAD. <https://agritrop.cirad.fr/511780/>

G

Genot, C., Eymard, S., & Viau, M. (2004). Comment protéger les acides gras polyinsaturés à longues chaînes oméga 3 (AGPI -- LC ω 3) vis-à-vis de l'oxydation ? *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(2), 133-141. <https://doi.org/10.1051/ocl.2004.0133>

Grangeiro, T. B. (2015). Mo-CBP3, an Antifungal Chitin-Binding Protein from *Moringa oleifera* Seeds, Is a Member of the 2S Albumin Family. *PLOS ONE*, 10(3), e0119871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119871>

Gupta M, Mazumder U.K, Chakrabarti S. CNS activities of methanolic extract of *Moringa oleifera* root in mice. *Fitoterapia*, 1999, Volume 70, Issue 3, pp. 244-250.

Gripon, N. (2011). *Mise au point d'une méthode d'incorporation de phénylalanine marquée au carbone 13 dans les feuilles et les racines de tomate en vue d'études de fluxomique sur la voie des composés phénoliques.*

H

Hêdji C. C, Gangbazo D. K, Houinato M. R, & Fiogbé E. D (2014) Valorisation de Azolla spp, Moringa oleifera, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale : synthèse bibliographique. Journal of Applied Biosciences 81 :7277-7289

Huile de moringa : Bienfaits et utilisations. (2023). *Moringa Oleifera.fr.*

I

ISO 6320. (s. d.). *ISO 6320:2000—Animal and vegetable fats and oils—Determination of refractive index.* Consulté 24 juin 2023, à l'adresse <https://www.iso.org/standard/32437.html>

J

Jaja-Chimedza, A., Graf, B. L., Simmler, C., Kim, Y., Kuhn, P., Pauli, G. F., & Raskin, I. (2017). Biochemical characterization and anti-inflammatory properties of an isothiocyanate-enriched moringa (*Moringa oleifera*) seed extract. *PLoS One*, 12(8), e0182658. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182658>

James, A., & Zikankuba, V. (2017). *Moringa oleifera a potential tree for nutrition security in sub-Saharan Africa.* 5.

K

Kaki m, & mimouni a (2018) essai de production de moringa oleifera pour une éventuelle amélioration de la ration alimentaire. Mémoire de master en sciences agronomiques .université kasdi merbah ouargla.6p. –

Khawaja T. M , Tahira M , Ikram U.H (2010) Moringa oleifera: a natural gift-A review. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 2: 775.

L

- Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., & Laleye, A. (2015). Etude 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), Article 5. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.38>.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2015). Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves : An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), 12791-12835. <https://doi.org/10.3390/ijms160612791>
- Iouni, sofiane. (2009). Extraction et caractérisation physico- chimique de l'huile de graines de *Moringa oleifera*. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*.
- Lecerf, D. J.-M. (2008). *Acides gras et maladies cardiovasculaires*.

M

- Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *The Journal of Agricultural Science*, 128(3), 311-322. <https://doi.org/10.1017/S0021859697004292>
- Manayi, A., Vazirian, M., & Saeidnia, S. (2015). *Echinacea purpurea* : Pharmacology, Phytochemistry and Analysis Methods. *Pharmacognosy Reviews*, 9(17). <https://phcogrev.com/article/2015/9/17/1041030973-7847156353>
- Mani, S., Jaya, S., & Vadivambal, R. (2007). Optimization of Solvent Extraction of *Moringa* (*Moringa Oleifera*) Seed Kernel Oil Using Response Surface Methodology. *Food and Bioproducts Processing*, 85(4), 328-335. <https://doi.org/10.1205/fbp07075>
- Mbikay M (2012) Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Frontiers in pharmacology* 3: 24.

Messaoudene, A., & Zaidi, F. (Encadreur). (2018). *Utilisation d'extrait de Moringa oleifera dans un emballage comestible.*

<http://172.17.1.105:8080/xmlui/handle/123456789/11274>

Melo, V., Vargas, N., Quirino, T., & Calvo, C. (2013). Moringa oleifera L. An underutilized tree with macronutrients for human health. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(10), 785. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i10.17003>

Millogo-Koné H, Kini B. F, Yougbaré Z, Yaro M. B, & Sawadogo M (2012) Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne in vitro des feuilles de Moringa oleifera (Moringaceae). *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*. 16p.

Mira, M., le blog par. (2020). *Mira—Any Talent, any creation, anywhere*. Mira - Any Talent, any creation, anywhere.

Mira—Any Talent, any creation, anywhere. (2023). Mira - Any Talent, any creation, anywhere. <https://mymira.fr/folders/huile-de-moringa-bienfaits>

Mezui, M. A. (2023, mai 22). *L'HUILE DE MORINGA EN CUISINE* /. <https://www.etounature.com/huile-de-moringa-en-cuisine/>

Micronutrition : Tout savoir sur les oméga 3 et oméga 6. (2019). <https://www.laboratoire-lescuyer.com/blog/nos-conseils-sante/les-acides-gras-polyinsatures>

N

Ngandjui Tchangué, Y. A., Djumyom Wafo, G. V., Wanda, C., Soh Kengne, E., Kengne, I. M., & Kouam Fogue, S. (2019). Use of Moringa oleifera seed extracts to polish effluents from natural systems treating faecal sludge. *Environmental Technology*, 40(15), 2018-2026. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1435736>

Price M.L (2007) Le Moringa .Note technique –ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007).22p.

P

Pasquet, R. (1984). *Les légumineuses alimentaires du Cameroun : Valeur nutritionnelle des principales variétés.*

POTENTIEL DE MORINGA OLEIFERA EN AGRICULTURE ET DANS L'INDUSTRIE - PDF.
<https://docplayer.fr/19418331-Potentiel-de-moringa-oleifera-en-agriculture-et-dans-l-industrie.html>

Price M.L (2007) Le Moringa .Note technique –ECHO (revue en 2000, en 2002 et en 2007).22p.

Q

qbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar Khan, M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331-335.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>

R

Raina, A. P., & Kaushik, S. K. (2020). Nutritional and phytochemical composition of Moringa oleifera seeds: A multipurpose potential species in India. *Medicinal Plants - International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 12(4), 633-639.
<https://doi.org/10.5958/0975-6892.2020.00076.3>

Ramachadran C., Peter K.V. et Gopalakrishnan P.K., Drumstick (Moringa oleifera): A multipurpose Indian vegetable .Econ. Bot., 1980, 34, pp. 276-283

S

Saint Sauveur, A. de, & Broin, M. (2010). *Growing and processing moringa leaves.*
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/63651>

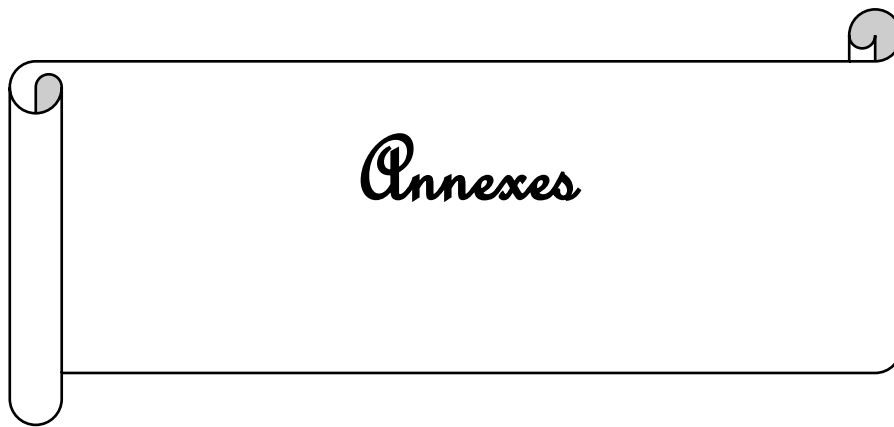
Sashidhara K.V., Rosaiah J.N., Tyagi E., Shukla R., Raghubir R., Rajendran S.M. Rare dipeptide and urea derivatives from roots of Moringa oleifera as potential antiinflammatory and antinociceptive agents. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2009, Volume 44, Issue 1, pp. 432-436.

Sousa, O. V. de, Hofer, E., Mafezoli, J., Barbosa, F. G., & Vieira, R. H. S. dos F. (2017). Thiocarbamates from *Moringa oleifera* Seeds Bioactive against Virulent and Multidrug-Resistant *Vibrio* Species. *BioMed Research International*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7963747>

Sébastien, C., Daniel, T., & Eric, B. (2011). *Acides gras oméga-6 et maladies cardiovasculaires—Recommandations en matière d'apport alimentaire | médecine/sciences*. https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2011/06/medsci2011276-7p614/medsci2011276-7p614.html

Z

Zaidi, F. (Encadreur), Bourai, E.-K., & Guelmani-Ziani, F. (2015). *Activité antioxydante d'extraits de graines d'intérêt nutritionnel et médicinal : Moringa oleifera*. <http://172.17.1.105:8080/xmlui/handle/123456789/5347>



Annexes

Annexe01 : photo du broyeur utilisé



Annexe 02 : Caractéristiques écologiques des sites d'introduction du Moringa en Algérie

Désignation du site	Altitude (m)	P(mm)	Etage bioclimatiques	Superficie (ha) et nombre de plants semés en pépinière
Adrar	280	20	Saharien	2ha en bloc 600 plants en pépinière
Mostaganem	130	370	Semi-aride chaud	1,6ha en bloc 5000 plants en pépinière
Zeralda	100	680	Subhumide chaud	4ha en bloc 7000 plants en pépinière
Jijel	15	900	Humide frais	2,5ha en bloc 3760 plants en pépinière
Gurbes	50	700	Subhumide chaud	3,6ha en bloc 3600 plants en pépinière
Biskra	86	140	Aride	1ha (parcelle unique) 3500 plants en pépinière
Benaknoun		650	Subhumide chaud	4000 plants en pépinière
Bainem	200	650	Subhumide chaud	0,5ha en bloc et 7000 plants en pépinière
Tamanrasset	1440	>50	Saharien	3600 plants en pépinière

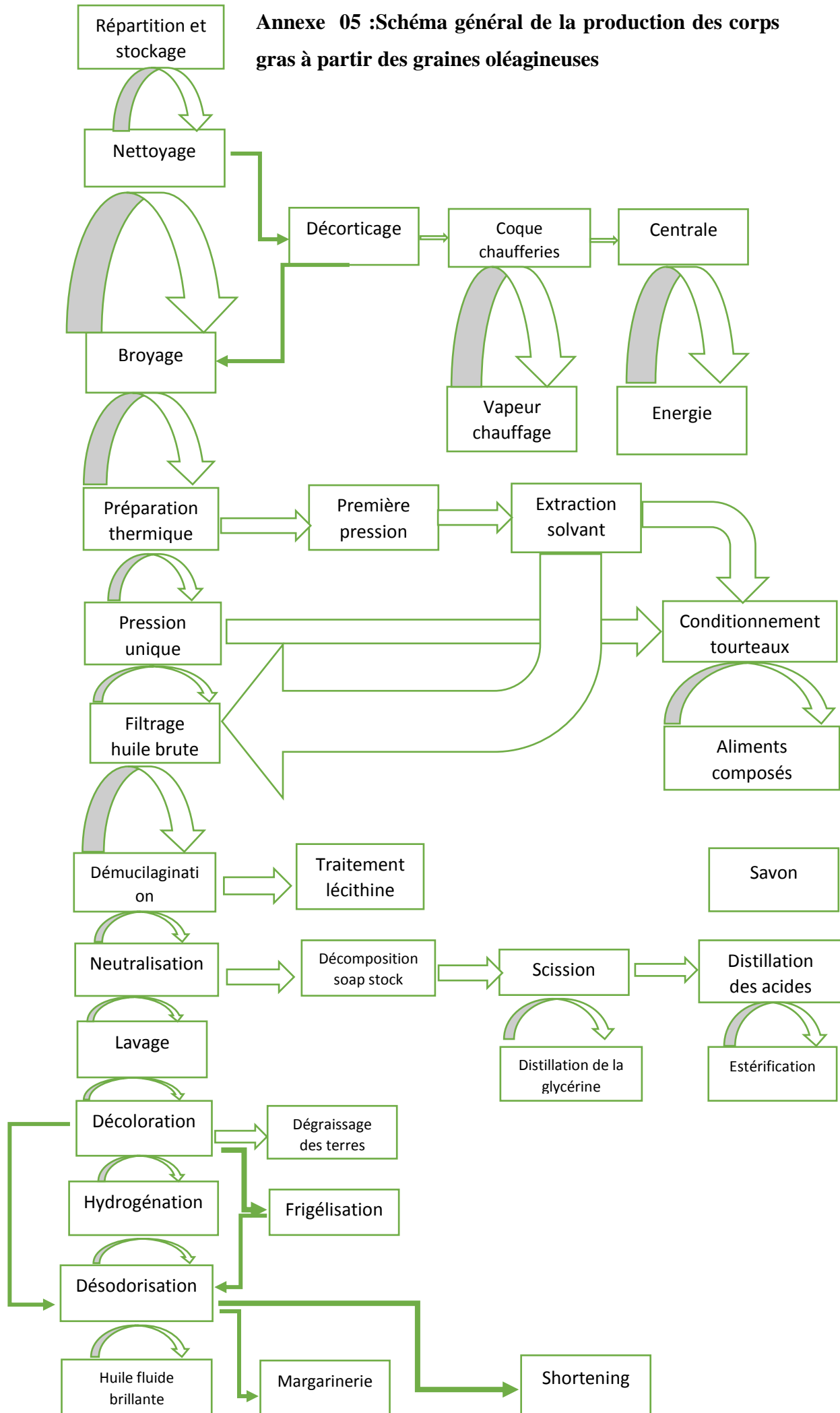
Annexe 03 : Comportement des semis en pépinière dans les différents sites d'introduction

Station	Lieu-dit	Date de semis	Observation
Jijel	Oued Kessir	02/02/01	-Attaque de pucerons
Skikda	Guerbes (INFR)	03/01/01	-Dégât appréciable
Bainem	INFR	01/01/01	-Bon
Benaknoun	DGF	01/01/01	/
Zeralda	Réserve de chasse	06/12/00	/
Biskra	Biskra (emifor)	23/01/01	- Attaque oïdium -
Tamanrasset	Ablessa	01/02/01	/
Adrar	Kentara	09/04/01	-Problème de salinité de l'eau, malgré le traitement fongicide (mauvaise période)
Mostaganem	Ain Nouissy	06/01/01	Résultat intéressant

Annexe 04 : Comportement des semis en plein champ dans les différents sites d'introduction

Station	Lieu-dit	Date de semis	Observation
Jijel	Oued Kessir	30/04/01	Taux de réussite importante Croissance hétérogène
Skikda	Guerbes (INFR)	01/01/01	
Zeralda	Réserve de chasse	15/01/01	Parcelle non irriguée
Biskra	Biskra (emifor)	01/01/01	Arrosage irrégulier
Tamanrasset	Ablessa	01/02/01	Destruction de la parcelle (écart des températures) Bonne croissance et coût de réussite important
Adrar	Kentara		
Mostaganem	Ain Nouissy	18/12/01	

Annexe 05 :Schéma général de la production des corps gras à partir des graines oléagineuses



Annexe 06 : Détermination de l'acidité libre

Matériel : Matériel courant de laboratoire, et notamment:

- Balance analytique ;
- Fiole conique de 250 millilitres de capacité ;
- Burette de 10 millilitres de capacité, graduée en 0,05 millilitre.

Réactifs :

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique reconnue et l'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de pureté équivalente.

- Oxyde diéthylique éthanol à 95 % (V/V), mélange 1-1 en volume.
- Hydroxyde de potassium, solution éthanolique titrée (KOH) à 0,1 mole par litre
- Phénolphtaléine, solution à 10 grammes par litre dans l'éthanol à 95-96 % (V/V)

Mode opératoire :

Prélever une prise d'essai de 2,5 g dans une fiole conique et la dissoudre dans 50 millilitres du mélange oxyde diéthylique/éthanol préalablement neutralisé. Titrer, en agitant, avec la solution d'hydroxyde de potassium à 0,1 mole par litre jusqu'au virage décoloration rose persistante durant au moins 10 secondes.

Annexe 07 : Détermination de l'indice de peroxyde :

Matériel :

Les équipements utilisés doivent être exempts de toute trace de substances oxydantes ou réductrices.

- Cuillère en verre de 3 millilitres ;
- Fioles d'environ 250 millilitres, avec col et bouchons rodés, séchées au préalable ;
- Burette de 25 ou 50 millilitres avec graduations de 0,1 millilitre.

- Balance analytique

Réactifs :

- Chloroforme de qualité analytique, exempt d'oxygène (ce dernier ayant été éliminé par barbotage d'un courant de gaz inerte, sec et pur).
- Acide acétique glacial de qualité analytique, exempt d'oxygène (ce dernier ayant été éliminé par barbotage d'un courant de gaz sec et pur).
- Iodure de potassium en solution aqueuse saturée de préparation récente, exempte d'iode et d'iodates.
- Solution aqueuse de thiosulfate de sodium 0,001 N, soigneusement normalisée
Juste avant l'emploi.

- Solution d'amidon (dispersion aqueuse de 10 grammes par litre) récemment

Préparée à partir d'amidon naturel soluble.

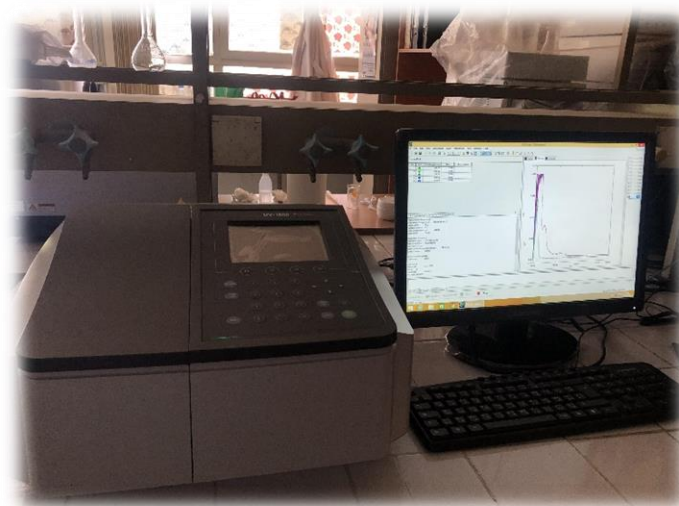
Mode opératoire :

Veiller à ce que l'échantillon soit prélevé et stocké hors de la lumière, conservé auras et enfermé dans des conteneurs de verre remplis entièrement et fermés hermétiquement à l'aide de bouchons de liège ou de verre rodé. L'essai doit être réalisé sous une lumière diffuse (lumière du jour) ou artificielle. Dans une cuiller en verre ou, à défaut, dans une fiole, peser, à 0,001 gramme près, une masse de 1,2 à 2,0 g de l'échantillon à analyser ; Déboucher une fiole et introduire la cuiller en verre contenant la prise d'essai. Ajouter 10 millilitres de chloroforme. Dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant. Ajouter 15 millilitres d'acide acétique puis 1 millilitre de solution d'iodure de potassium. Remettre le bouchon rapidement, Agiter pendant une minute et laisser reposer pendant exactement 5 minutes à l'abride la lumière et à une température de 15 à 25 °Ajouter environ 75 millilitres d'eau distillée. Titrer l'iode libéré avec la solution de hiosulfate de sodium 0,001 N tout en gitant vigoureusement et en employant la solution d'amidon comme indicateur. Effectuer simultanément un essai à blanc. Si le résultat de ce dernier excède 0,05millilitre de solution de thiosulfate de sodium 0,001 N, remplacer les réactifs impurs.

Annexe 7 : Détermination de l'extinction spécifique dans l'ultraviolet.

Matériel :

- Spectrophotomètre pour mesure des extinctions dans l'ultraviolet entre 23nm et270 nm, avec possibilité de lecture pour chaque unité nanométrique. (Figure 1)
- Cuves de quartz prismatique, de parcours optique de 1 centimètre.
- Fioles jaugées de 100 millilitres.



Titre : appareil d'UV.

Réactifs :

- cyclohexane pur pour spectrophotomètre

Mode opératoire :

- L'échantillon examiné doit être parfaitement homogène et exempt d'impuretés en suspension.
- Peser exactement 1 gramme de l'échantillon dans une fiole jaugée de 100millilitres, compléter avec cyclohexane et homogénéiser
- Remplir une cuve en quartz prismatiques avec la solution obtenue et mesurer les extinctions, en utilisant comme référence le solvant employé (cyclohexane pour spectrométrie), aux longueurs d'onde 232 nm et 270 nm.

Annexe 08: Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles

Matériel :

- capsule à fond plat en métal non attaquant dans les conditions de l'essai ou enverrai, permettant d'obtenir une répartition de la prise d'essai d'environ 0,2g/cm²
- Etuve électrique à contrôle thermostatique et avec une bonne aération naturelle réglable de façon que la température de l'air et des plateaux porte –
Échantillons, au voisinage des prises d'essai, soit comprise, en régime normal, entre 101°C et 105°C
- Dessiccateur : contenant un agent déshydratant efficace tel que l'oxyde de phosphore ou le silicate.
- Balance analytique

Mode opératoire :

Introduire dans une capsule à fond plat préalablement séchée et tarée, à 1mg près, 10g de l'huile, la répartir uniformément sur tout le fond de la capsule. Placer la capsule contenant la prise d'essai dans l'étuve de type MEMMERT préalablement réglée à 103°C ± 2°C. Fermer l'étuve. Maintenir la capsule durant une heure dans l'étuve. Laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, puis peser à 0,001 g près. Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs dans l'étuve de 30 min chacun, jusqu'à l'obtention d'un poids fixe.

Annexe 09: méthode pour la préparation des esters méthylique d'acide gras

1. MÉTHODE A: Transestérification à froid au moyen d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium

1.1. Application :

Cette méthode rapide est applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive Ayant une teneur en acides gras libres inférieure à 3,3%. Les acides gras libres ne sont pas Estérifiés par l'hydroxyde de potassium. Les esters éthyliques d'acides gras setransestérifient plus lentement que les esters glycéridiques et il est possible qu'ils ne se méthylient que partiellement

1.2. Principe :

Les esters méthyliques se forment par transestérification dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification (point 5 de La méthode ISO 5509:2000, point 5 de la méthode IUPAC 2.301).

1.3. Réactifs :

_Méthanol ne contenant pas plus de 0,5% (m/m) d'eau

_Heptane pour chromatographie

_Hydroxyde de potassium, solution méthanolique d'environ 2 N : dissoudre 11,2 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml de méthanol

1.4. Matériel :

_Tubes à bouchon vissant (de 5 ml de capacité) avec un bouchon muni d'un joint de PTFE.

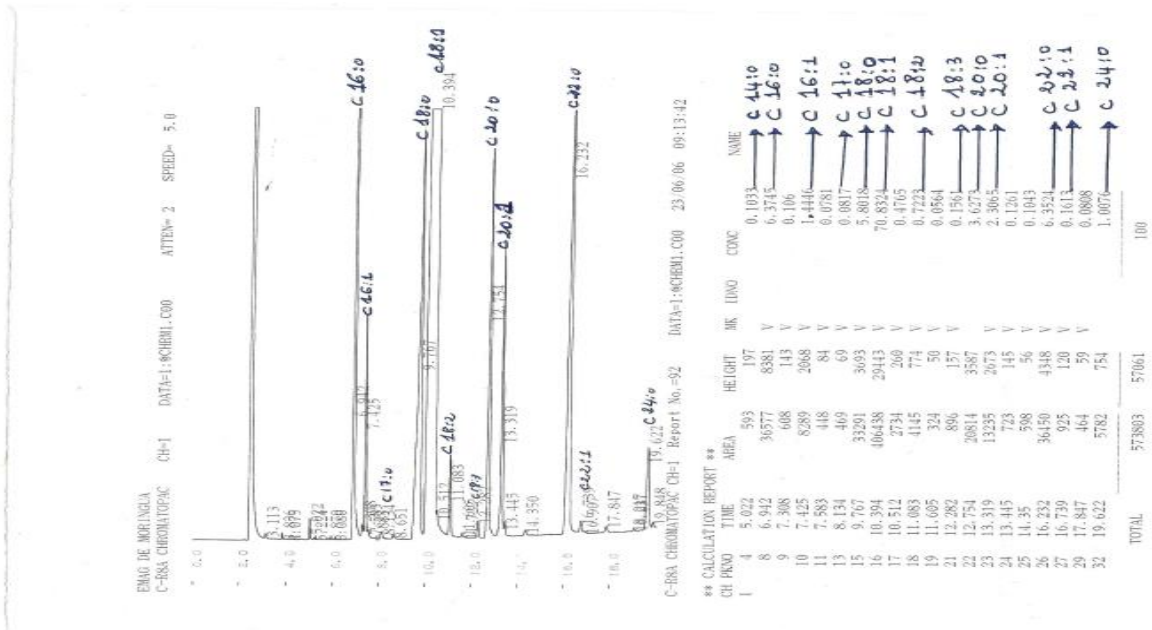
_Pipettes graduées ou automatiques de 2 ml et 0,2 ml.



1.5. Mode opératoire :

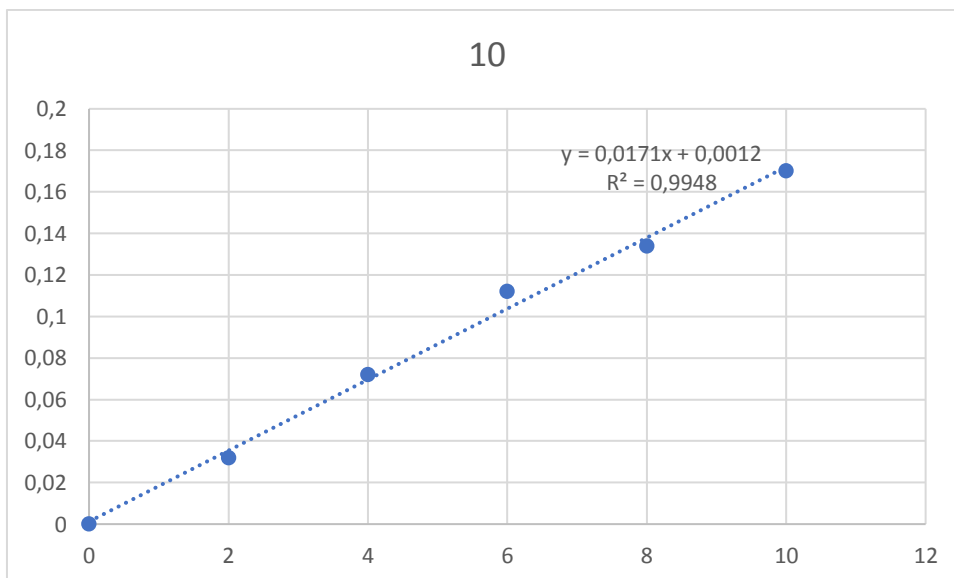
Dans un Tube à bouchon vissant de 5 ml, peser environ 0,1 g de l'échantillon d'huile. Ajouter 2 ml d'heptane ou Hexane et agiter. Ajouter 0,2 ml de la solution méthanolique 2 N d'hydroxyde de potassium, boucher à l'aide du bouchon muni d'un joint en PTFE, bien fermer et agiter énergiquement pendant 30 secondes. Laisser reposer jusqu'à ce que la Partie supérieure de la solution devienne claire. Décanter la couche supérieure, qui est celle Qui

contient les esters méthyliques. La solution d'heptane est prête pour l'injection dans le Chromatographe. Il est conseillé de maintenir la solution au réfrigérateur jusqu'au moment de l'analyse chromatographique. Il n'est pas recommandé de stocker la solution pendant plus de 12 heures.





Chromatogramme de l'analyse des esters méthyliques des acides gras par CPG /FID de l'huile de Moringa oleifera
 Chromatogramme de l'analyse des esters méthyliques des acides gras par CPG /FID de l'huile de Moringa oleifera

Annexe 10 : courbe étalonnage de polyphénol



Annexe 11: fiche technique de notre huile

	Fiche technique de l'huile végétale de Moringa	
Date : 22/05/23		

- Procédé d'obtention : Extraction par soxhlet
- Organe pressé : graines
- Nom botanique : Moringa oléifère
- Nom vernaculaire : huile de Ben
- Qualité : 100% pure et naturelle
- Potentiel oxydatif : peu sensible ; huile exceptionnellement stable (9heures à 120°)
- Pays d'origine : Algérie
- Propriétés Organoleptiques :
 - ✓ Aspect : liquide à la température ambiante
 - ✓ Couleur : jaune doré translucide
 - ✓ Odeur : caractéristique
 - ✓ Goût : caractéristique
- Caractéristiques physico-chimiques :
 - ✓ Densité : 0.910 à 20°C
 - ✓ Viscosité : 91,5 à 20°C
 - ✓ Indice d'acide : 3,6
 - ✓ Indice d'iode : 65.g/100g
 - ✓ Indice de peroxyde: 2,2
 - ✓ Indice de réfraction : 1 ,456
- **Conditions de conservation** : huile végétale stable. A conserver au sec, à l'abri de la chaleur et de la lumière.

- **Composition en acides gras :**

- Acide palmitique C16

- Acide palmitoléique C16

- Acide stéarique C18

- Acide oléique C18

- Acide linoléique C18

- Acide arachidique C20

- Acide gadoléique C20

- **Propriétés et utilisations :**

L'huile de Moringa est une huile polyvalente qui peut être utilisée dans différents domaines.

Voici quelques utilisations de l'huile de Moringa :

En cuisine : l'huile de Moringa est riche en acides gras insaturés, tels que l'acide oléique, et peut être utilisée comme huile de cuisson ou comme complément alimentaire

En cosmétique : l'huile de Moringa est riche en vitamines A, B et C, ainsi qu'en acides gras insaturés, ce qui en fait un ingrédient naturel de choix pour prendre soin de la peau et des cheveux. Elle peut être utilisée pour nourrir et réparer la peau et les cheveux, pour apaiser le cuir chevelu et pour renforcer les cheveux.

Autres : Elle est très recherchée comme lubrifiant (pour la fabrication des montres et pour huiler les machines) et combustible (huile pour les lampes). Elle est également antiseptique et anti-inflammatoire.

Résumé

La plante de Moringa est considérée comme l'un des arbres les plus utiles au monde, elle possède de nombreuses propriétés intéressantes qui lui confèrent un grand intérêt scientifique, elle a été décrite comme arbre miracle, arbre aux mille vertus, arbre de vie

L'extraction et la caractérisation de la fraction lipidique de la graine de Moringa oleifera a fait l'objet de plusieurs études. Les graines de l'arbre de Moringa oleifera sont connues pour leur forte teneur en huile, qui varie entre 30% à 45%.

Dans cette étude l'extraction lipidique a été réalisée par solvant afin d'évaluer le rendement de ces graines. Plusieurs techniques analytiques physico-chimiques ont été faites pour déterminer sa composition chimique et ses propriétés sur l'huile extraite afin de la caractériser.

Les résultats de l'extraction ont démontré que le pourcentage de la matière grasse des graines de Moringa oleifera est supérieur à celui des autres graines oléagineuses conventionnelles et a été classé parmi les huiles non siccatives.

Les résultats physico-chimiques ont démontré que l'huile de graines de Moringa oleifera est de type oléique, avec une teneur élevée en acide oléique ce qui lui permet de substituer les huiles végétales disponibles sur le marché.

Et donc l'huile de graines de Moringa oleifera est importante pour son utilisation potentielle dans diverses applications, notamment en industrie agroalimentaire.

Abstract

The *Moringa* plant is considered one of the most useful trees in the world, it has many interesting properties that give it great scientific interest, it has been described as a miracle tree, tree of a thousand virtues, tree of life. The extraction and characterisation of the lipid fraction of *Moringa oleifera* seed has been the subject of several studies. The seeds of the *Moringa oleifera* tree are known for their high oil content, which varies between 30% and 45%.

In this study, lipid extraction was carried out by solvent to evaluate the yield of these seeds. Several physico-chemical analytical techniques have been used to determine its chemical composition and properties on the oil extracted at the end of the characterisation.

The results of the extraction showed that the percentage of fat from *Moringa oleifera* seeds is higher than that of other conventional oilseeds and has been classified as non-drying oils. The physico-chemical results showed that *Moringa oleifera* seed oil is of the oleic type, acid which allows it to substitute the vegetable oils available on the market.

And so *Moringa oleifera* seed oil is important for its potential use in various applications, especially in the agri-food industry.