

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane MIRA - Béjaia

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Sciences des corps gras



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Sciences des Corps Gras

Thème

***Contribution à l'étude des techniques
d'extraction de l'huile de graines de
Moringa Oleifera***

Présenté par :

BOUSSEKINE Hicham et AGOUNE Karima

Le : 03/09/2020

Devant le jury composé de :

M ^{me} MEDOUNI. S	Présidente	(Université de Béjaia)
M ^r BEN HAMICHE. N	Promoteur	(Université de Béjaia)
M ^{lle} MEKHOUKH. A	Examinatrice	(Université de Béjaia)

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce mémoire, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes la reconnaissance que nous devons tout d'abord au DIEU le tout puissant et à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail. Qu'ils trouvent ici nos vifs respects et notre profonde gratitude.

*Par la même volonté et la même chaleur, nous tenons à remercier M, **BENHAMICHE Nadir**, notre encadreur, qui a suivi ce travail dans tous ces détails avec une rigueur scientifique exceptionnelle. Ce qui nous a donné le courage pour poursuivre la réalisation de ce mémoire malgré les conditions sanitaires difficiles qu'a connu notre pays.*

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement la doctorante **Melle LADJOUZE Baya** pour son dévouement, ses conseils, sa disponibilité, et sa patience pour l'achèvement de ce travail.*

Nous tenons également à exprimer une reconnaissance aux membres de jury :

*- Madame, **MEDOUNI Sonia** de nous avoir honoré de présider le jury de la soutenance.*

*- Mlle, **MEKHOUKH Aida** d'avoir bien accepté d'examiner le contenu du présent travail.*

À toute l'équipe du laboratoire 3BS pour leur accueil, accompagnement et aide tout au long de notre stage.

2019/2020

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes utilisés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère :

À **mon père**, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect
À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre si heureuse, **ma maman** chérie

À mes chers frères, **Sofiane** et **Said**, qui n'ont pas cessés de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, que Dieu les garde et leurs offre la chance et la réussite

Aux plus belles sœurs au monde, **Naima** et **Meriem** ainsi que ma chère belle-sœur **Hadjila** que je ne remercie pas assez pour leurs amour, soutien et encouragement.

Je vous aime tellement trop

Aux plus beaux bébés d'amour sur terre, **Lamine**, **Aya**, **Bachir** et **Nourhane**, que Dieu le tout puissant les garde pour moi

À tous mes amis, et surtout ma **sœur** du cœur **Sarah** et le meilleur **Bachir** qui ont été toujours là pour moi

Sans oublier mon binôme **Hicham** qui m'a supporté tout au long de ce projet, merci pour ton courage

À toute l'équipe du laboratoire 3BS et à toute la promotion SCG 2019/2020

À tous ceux qui ont donnés le sens et l'importance à ma vie

Je vous aime

KARIMA

Dédicaces

Du profond de mon cœur je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À mon père

YAYA

L'épaulé solide, l'œil attentif, la personne la plus digne de mon respect. Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux. Je tiens à honorer l'homme que tu es.

À la femme la plus chère à mes yeux

YEMMA

Tu m'as donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

À mon cher frère **MALÉK**

*À tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé ainsi qu'à ta femme, ma belle-sœur **NACIRA**. Je te dis merci et je te souhaite bonheur, réussite et prospérité.*

À ma sœur **WARDA**

Je n'oublierais jamais ton encouragement et ton soutien le long de mes études. Je t'aime beaucoup. Je voudrais t'exprimer à travers ces quelques lignes tout l'amour et toute l'affection que j'ai pour toi. Je t'aime!

À mon petit neveu et mes deux nièces

YAHYA, MANAL, ELINE

Avoir des bébés est le plus beau cadeau qu'un frère ou une sœur puisse vous faire. Vous avez apporté beaucoup de bonheur à notre famille. Je vous aime mes anges d'amour.

*À tous mes amis et surtout **Karim, Hannibal, Mehdi** et à mon frère de cœur mon bras droit **HICHEM** ainsi qu'à mes cousines **BAYA, ASMA, CILIA** qui ont été toujours là pour moi, je vous aime!*

*Sans oublier **KARIMA** mon binôme pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet*

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment!

⓪ ⋈ Ⓒ . Ⓛ

HICHAM

Liste des abréviations

ISO : Organisation internationale de normalisation

OMS : Organisation mondiale de la santé

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

JORA : Journal officiel de la république algérienne

ECHO : Organisme chargé de publier les notes techniques sur le *Moringa*

Abs : Absorbance

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique du <i>Moringa Oleifera</i>	3
Figure 2 : Arbre de <i>Moringa Oleifera</i>	4
Figure 3 : Feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	4
Figure 4 : Fleurs de <i>Moringa Oleifera</i>	4
Figure 5 : Fruit de <i>Moringa Oleifera</i>	5
Figure 6 : Graines décortiquées (a) et non décortiquées (b).....	6
Figure 7 : Huile de <i>Moringa Oleifera</i>	10
Figure 8 : Propagation de l'onde sonore dans un milieu.....	13
Figure 9 : Diagramme de l'équipement d'extraction Soxhlet	14
Figure 10 : Localisation de la wilaya de Tamanrasset.....	17
Figure 11 : Graines non décortiquées (c) et les graines décortiquées (d).....	18
Figure 12 : Photos du broyeur électrique (e) et de la poudre fine non tamisée (f).....	18
Figure 13 : Tamiseur (g), refus de poudre tamisée (h) et la poudre après tamisage (i).....	19
Figure 14 : Appareil Soxhlet utilisé pour l'extraction de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i>	20
Figure 15 : Appareil ultrasons à bain utilisé pour l'extraction	21
Figure 16 : Appareil utilisé pour mesurer l'indice de réfraction	24
Figure 17 : Rendements de l'extraction de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i> obtenue par différentes méthodes et différents solvants.....	28
Figure 18 : Rendements de l'extraction de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i> obtenue en utilisant la méthode Soxhlet et le solvant éther de pétrole comparé au résultat de l'auteur Ojewumi.....	28
Figure 19 : Absorbances spécifiques de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	29

Liste des tableaux

Tableau I : Composition biochimique de la graine de <i>Moringa Oleifera</i>	6
Tableau II : Limites écologiques de <i>Moringa Oleifera</i>	7
Tableau III :Utilisations et propriétés nutritionnelles de différentes parties de <i>Moringa Oleifera</i> .	8
Tableau IV : Utilisations et propriétés médicinales de différentes parties de <i>Moringa Oleifera</i> ...	9
Tableau V : Composition en acides gras, et degrés de saturation et d'insaturation, de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	12
Tableau VI : Comparaison des deux méthodes d'extraction de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i> (ultrason et soxhlet).....	16
Tableau VII : Densité de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i> trouvée au cours de notre étude comparée à la norme et aux résultats des autres auteurs.....	29
Tableau VIII : Indice de réfraction de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i> trouvé au cours de notre étude comparé au résultat trouvé de Foidl et ses collaborateurs.....	30
Tableau IX : Indice d'acide de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i> trouvé au cours de notre étude comparée à la norme Codex alimentarius (2015) et aux résultats des autres auteurs.....	30
Tableau X : Indice peroxyde de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i> trouvé au cours de notre étude comparée à la norme Codex alimentarius (2015) et aux résultats des autres auteurs.	31

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1 Généralités sur le *Moringa Oleifera*.....3

I.1.1 Origine et répartition géographique de *MoringaOleifera*3

I.1.2 Botanique du *Moringa Oleifera*..... 3

I.1.3 Systématique et nomenclature.....6

I.1.4 Écologie de *Moringa Oleifera*7

I.1.5 Utilisations et propriétés nutritionnels de différentes parties de *Moringa Oleifera*.....7

I.1.6 Utilisations et propriétés médicinales de différentes parties de *Moringa Oleifera*..... 9

I.2 L'huile de *Moringa Oleifera* 10

I.2.1 Généralités sur l'huile de *Moringa Oleifera*.....10

I.2.2 La composition de l'huile de *Moringa Oleifera*..... 11

I.2.3 L'utilisation de l'huile de *Moringa Oleifera*..... 11

I.2.4 Les avantages de l'huile de *Moringa Oleifera*..... 11

I.2.5 Production de l'huile des graines de *Moringa Oleifera*..... 12

I.2.6 Méthodes d'extraction..... 12

I.2.6.1 Extraction par ultrason..... 13

I.2.6.2 Extraction par Soxhlet..... 14

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Matériel..... 17

II.1.1 Matériel végétal..... 17

II.1.1.1 Provenance des échantillons..... 17

II.1.1.2 Préparation de l'échantillon 17

II.2 METHODES..... 19

II.2.1 Extraction de l'huile de *Moringa Oleifera*..... 19

II.2.1.1 Extraction par la méthode Soxhlet..... 19

II.2.1.2 Extraction par la méthode ultrasons à bain.....	21
II.2.2 Analyses physico-chimiques de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	22
II.2.2.1 Densité.....	22
II.2.2.2 Indice de réfraction.....	23
II.2.2.3 Indice d'acide.....	24
II.2.2.4 Indice peroxyde.....	25
II.2.2.5 Absorbance spécifique.....	27
Chapitre III : Résultats et discussions	
III.1 Résultats et Discussions.....	28
III.1.1 Extractions et rendements en huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	28
III.1.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile des graines de <i>Moringa Oleifera</i>	29
III.2.2.1 Densité.....	29
III.2.2.2 Indice de réfraction.....	30
III.2.2.3 Indice d'acide.....	30
III.2.2.4 Indice peroxyde.....	31
III.2.2.5 Absorbance spécifique.....	32
III.2 Conclusion partielle.....	33
Conclusion générale.....	34
Références bibliographiques	
Glossaires	
Résumé	

INTRODUCTION

Introduction

Le *Moringa Oleifera* a probablement la plante la plus populaire de la banque de semences d'ECHO pour les cultures tropicales sous-utilisées (**Price, 2007**) et communément appelé famille de Moringaceae « radis de cheval » (**Sreelatha et al., 2009**).

Le *Moringa* est un arbre qui pousse dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux. Il est cultivé à des fins commerciales en Inde, en Afrique, en Amérique du Sud et centrale, au Mexique, à Hawaï et dans toute l'Asie et l'Asie du Sud-est (**Stohs et al., 2015**).

Les connaissances indigènes et l'utilisation du *Moringa* sont référencées dans plus de 80 pays et il est connu dans plus de 200 langues locales (**Arora et al., 2013**). Les arbres de *Moringa* sont reconnus comme une culture agricole importante car de nombreuses parties de cette plante sont comestibles (**Rahman et al., 2009**). Ils sont passés, en une décennie, du statut de plante marginale, voire inconnue, à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique (**Ayiti et al., 2016**).

Le *Moringa* est cultivé pour ses gousses nutritives, ses feuilles, ses fleurs comestibles et peut être utilisée comme aliment, huile cosmétique et médicament (**Vergara-Jimenez et al., 2017**). Ils agissent comme stimulants cardiaques et circulatoires et possèdent des propriétés antitumorales (**Bukar et al., 2010**). Il représente une importante ressource fourragère, de très bonne qualité, pour le bétail (**Dimon et al., 2020**).

Les graines, en revanche, ont suscité l'intérêt des scientifiques car les graines de *Moringa* contiennent une quantité importante d'huile (jusqu'à 40%) avec une composition en acides gras de haute qualité (acide oléique > 70%). Après raffinage, elle présente une résistance notable à la dégradation oxydative. L'huile est connue dans le commerce sous le nom "huile de Ben" ou "huile de Behen" (**Leone et al., 2016**). Elles fournissent une huile qui se rapproche d'une huile supérieure comme celle de l'olive et contient environ 13 % d'acides gras saturés et 82 % d'acides gras insaturés (**Ayiti et al., 2016**).

Les huiles végétales constituent une part importante des moyens d'existence de l'homme dans le monde entier. L'écart grandissant entre l'offre et la demande rend nécessaire le recours à d'autres sources d'huiles comestibles pour augmenter la production mondiale (**Ogunsina et al., 2014**).

INTRODUCTION

L'huile de graines de *Moringa* est considérée comme très fine, inodore et ne rancissant pas. Ce qui en fait une huile recherchée pour la cosmétique et les parfums. Elle est également comestible et créditée de propriétés médicinales (**Djaoui et al., 2015**). Elle peut être estérifiée avec un alcool pour produire un biocarburant (**Zongo et al., 2013**).

Les tourteaux de presse, issus de l'extraction de l'huile, présentent des propriétés floculantes permettant de débarrasser l'eau de ses boues organiques, des bactéries et des virus par sédimentation (**Kouami et al., 2001**) ou peut être utilisé comme engrais organique pour améliorer la productivité agricole (**Leone et al. 2016**).

Pour ce, l'objectif de notre contribution est une meilleure appréciation des caractéristiques physico-chimiques de l'huile des graines de *Moringa*, cultivé en Algérie, comparées à celles obtenues par d'autres auteurs dans le monde. Ce manuscrit est subdivisé en trois chapitres:

- Le chapitre I, comporte une revue de la littérature sur le *Moringa* ;
- Le chapitre II, intitulé matériel et méthodes, décrit les méthodes d'extraction de l'huile des graines de *Moringa* en utilisant le Soxhlet et l'Ultrason ainsi que les méthodes d'analyses physico-chimiques de l'huile extraite;
- Le chapitre III, appelé résultats et discussions expose les résultats obtenus ainsi que leurs discussions lors de notre étude.

Chapitre I

Synthèse

Bibliographique

I.1 Généralités sur le *Moringa Oleifera*

I.1.1 Origine et répartition géographique de *Moringa Oleifera*

Le *Moringa Oleifera* est originaire des piémonts himalayens, et plus particulièrement, de l'Uttar Pradesh (Nord de l'Inde) (Alidou *et al.*, 2015). Il était utilisé par les anciens romains, grecs et égyptiens et maintenant, il est largement distribué dans toutes les régions tropicales, notamment en Afrique, le centre et le sud du continent américain, l'Asie et les îles du pacifique (Gandji *et al.*, 2018). Le *Moringa* est cultivé dans les zones tropicales semi arides, tropicales et subtropicales de 250 à 1600 m d'altitude (Fig. 01). Il pousse dans les sols sableux-limoneux bien drainés, avec une nappe phréatique élevée, mais il résiste à la sécheresse et peut pousser dans les zones arides et côtières (Lim, 2012).

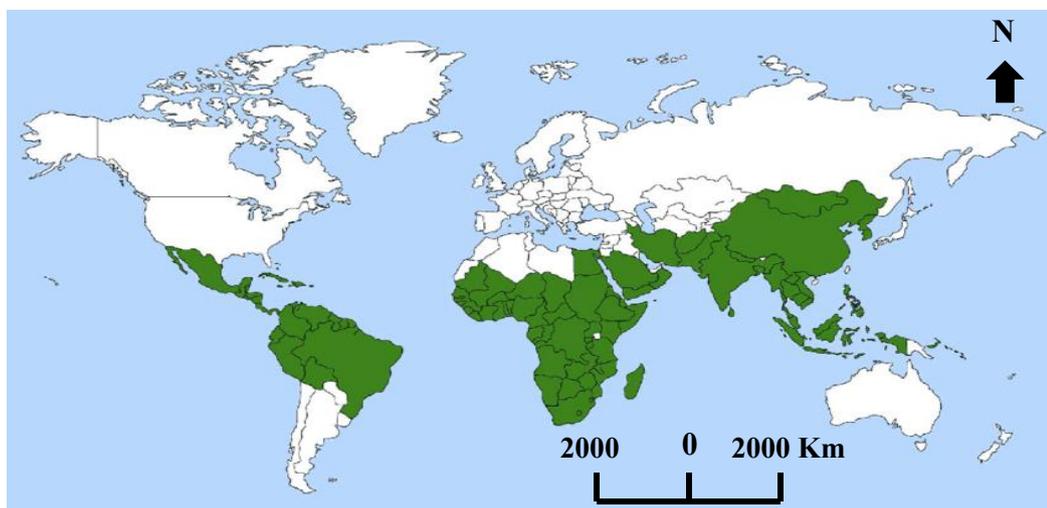


Figure 01: Répartition géographique du *Moringa Oleifera* (Gandji *et al.*, 2018)

I.1.2 Botanique du *Moringa Oleifera*

Selon Foidl *et al.*, (2001), le *Moringa Oleifera* est un arbre vivace à croissance rapide qui peut atteindre une hauteur maximale de 7 à 12 m et un diamètre de 20 à 40 cm. L'arbre pousse avec une tige courte et droite qui atteint une hauteur de 1,5 à 2 m avant de commencer à se ramifier mais peut atteindre jusqu'à 3 m (Fig. 02).



Figure 02 : Arbre de *Moringa Oleifera* (www.moringanews.org, 2020)

- **Feuilles:** Elles sont pennées alternées, poussent principalement à l'extrémité des branches. Elles mesurent de 2 à 70 cm de long (**Fig. 03**).



Figure 03 : Feuilles de *Moringa Oleifera* (Price, 2007).

- **Fleurs:** Elles sont agréablement parfumées de 2,5 cm de large. Elles sont produites à profusion en panicules axillaires tombantes de 10 à 25 cm de long. Elles sont de couleur blanche ou crème et présentent des points jaunes à la base (**Fig. 04**).

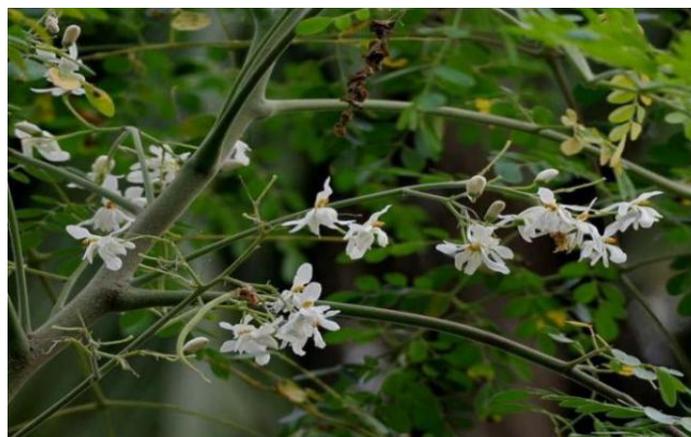


Figure 04 : Fleurs de *Moringa Oleifera* (Birge & Gardener, 2012).

Partie I: Généralités sur le *Moringa*

- **Fruits:** Ils se présentent sous forme de gousses à trois lobes qui pendent des branches et mesurent entre 20 et 60 cm. Lorsqu'elles sont sèches, elles s'ouvrent en trois parties. Chaque gousse contient entre 12 et 35 graines (**Fig. 05**).



Figure 05 : Fruit de *Moringa Oleifera* (www.moringanews.org, 2020)

- **Graines :** Elles sont rondes avec une coque marron semi-perméable. 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 (**Fig. 06**) (**Makkar et Becker, 1997**). 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). 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 relative 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 (**Pandey et al., 2011**).

Les graines sont une source riche en huile. Elles produisent environ 38-40% d'huile qui est destinée pour la consommation humaine (**Tableau. I**) . 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**).



Figure 06 (a,b) : Graines décortiquées (a) et non décortiquées (b).

Tableau I : 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

I.1.3 Systématique et nomenclature

Les *moringaceae* sont une famille d'oléagineux à un seul gène monogénérique qui comporte 14 espèces (Rashid et al., 2008). L'espèce la plus connue est *Moringa oleifera* (Nord-ouest de l'inde) (Bey, 2010), *Moringa arbora* (Kenya), *Moringa borziana*, *Moringa concanensis*, *Moringa drouhardi* (Sud-ouest de Madagascar), *Moringa hildebrandi*, *Moringa longituba*, *Moringa ovalifolia*, *Moringa peregrine*, *Moringa pygmaea*, *Moringa rivae*, *Moringa ruspoliana* et *Moringa stenopetala* (Sujatha et Patel, 2017). Le *moringa* porte différents noms selon les régions. Par exemple au Sénégal, il est appelé «Nebeday», mot dérivé de l'anglais «Never die» (Fuglie, 2001). Il porte aussi d'autres noms tels que: benzolive, arbre à baguette, kelor, marango, mlongue, mulangay, saijhan et sajna (Dhakar et al., 2011).

I.1.4 Classification systématique de *Moringa Oleifera* (Arora et al., 2013)

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Super division : *Spermatophyta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Eudicots*

Sous classe : *Rosids*

Ordre : *Brassicales*

Famille : *Moringaceae*

Genre : *Moringa*

I.1.5 Écologie de *Moringa Oleifera*

Tableau II : Limites écologiques de *Moringa Oleifera* (Louni, 2009)

Caractéristiques	Conditions	Conditions optimales
Altitude	0-1500m	100-700m
T° moyenne	8°C-45°C	22°C-25°C
Précipitation	100-1500mm	700-900mm
Type de sols	Tous les sols sauf les vertisols	Les sols sablonneux ou limoneux bien drainés
pH du sol	4,5 et 8	Neutres et légèrement acide

I.1.5 Utilisations et propriétés nutritionnels des différentes parties de *Moringa Oleifera*

Selon Sujatha et Patel (2017), toutes les parties de cet arbre sont depuis longtemps consommées par les humains. L'utilisation du *Moringa Oleifera* comprend (Tableau. III):

- produit de nettoyage à partir des feuilles écrasées ;
- alimentation animale, médecine traditionnelle.

Tableau III : Utilisations et propriétés nutritionnelles de différentes parties de *Moringa Oleifera*

	Utilisation	Propriétés nutritionnelles
Fleurs	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les fleurs peuvent être utilisées pour préparer le thé (Price, 2007); ➤ Les fleurs sont comestible lesquelles sont cuites (Arise et al., 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contient neuf acides aminés: Saccharose, D-glucose, des traces d'alcaloïde (Sujatha et Patel, 2017); ➤ Teneurs élevées en calcium et potassium (Price, 2007).
Fruits	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sont introduit dans des plats traditionnels et utilisés dans la médecine traditionnelle (Sujatha et Patel, 2017). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riche en fibre, lipides, glucides, protéines, acides gras comme: acide oléique, acides linéiques, palmitique (Sujatha et Patel, 2017).
Graines	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peuvent être mangées comme des pois (bouillies ou frites) lorsqu'elles sont encore verte (Price, 2007); ➤ La poudre de graines de moringa peut être utilisée pour la purification de l'eau (Leone et al., 2015); ➤ L'huile de la graine est utile comme huile végétale et pour la production de savon et de cosmétiques (Sánchez-Machado et al., 2010); ➤ Extraction de l'huile (Dhakar et al., 2011). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contient environ 40% d'huiles (Lim, 2012); ➤ Contient des acides gras comme: acide oléique, acides linéique, protéine, vitamine A,B,C, minéraux (Sujatha et Patel, 2017).
Feuilles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les feuilles sont utilisées pour combattre la malnutrition (Moyo et al., 2011); ➤ Peuvent être utilisées comme denrées alimentaires et aliments pour animaux ou même dans le domaine industriel et médical (Soliva et al., 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Source précieuse de macro et micronutriments et riche en B-carotène, protéine, vitamine C et une bonne source d'antioxydants naturels (Sujatha et Patel, 2017).

Partie I: Généralités sur le *Moringa*

I.1.6 Utilisations et propriétés médicinales de différentes parties de *Moringa Oleifera*

(Tableau IV)

Tableau IV : Utilisations et propriétés médicinales de différentes parties de *Moringa Oleifera*

	Utilisation médicinale
Fleurs	<ul style="list-style-type: none">➤ utilisées comme un excellent tonique à base de plantes pour la faiblesse sexuelle et l'infertilité fonctionnelle des hommes et des femmes et signalées pour le traitement de tumeurs (Arise et al., 2014);➤ agissent comme antiarthritiques ; les agents hypocholestérolémiques peuvent guérir les infections urinaires et le problème de rhume (Daba, 2016).
Fruits	<ul style="list-style-type: none">➤ Les gousses de <i>Moringa</i> traitent la diarrhée, des problèmes de foie et de rate, et douleurs articulaires (Sujatha et Patel, 2017).
Feuilles	<ul style="list-style-type: none">➤ utilisées pour traiter des affections telles que le paludisme, la fièvre typhoïde, les maladies parasitaires, l'arthrite, les gonflements, les coupures, les maladies de la peau, les affections génito-urinaires, l'hypertension et le diabète (Gandji et al., 2018).
Graines	<ul style="list-style-type: none">➤ sont consommées pour traiter la typhoïde, l'ulcère gastrique (Bayé-Niwah et Mapongmetsem, 2018);➤ Utilisées pour traiter les maux d'estomac, la mauvaise vision, les douleurs articulaires, l'anémie et l'hypertension, les maux de dents, les hémorroïdes et les troubles utérins (Leone et al., 2015).

I.2 L'huile de *Moringa Oleifera*

I.2.1 Généralités sur l'huile de *Moringa Oleifera*

L'huile extraite de la graine de *Moringa Oleifera* est appelée «huile de Ben» riche en acides palmitique, stéarique, béhénique et oléique (Fig. 07). Elle est considérée comme équivalente à l'huile d'olive en ce qui concerne ses propriétés chimiques et contient une grande quantité de tocophérols (**Mani et al., 2007**). Cette dernière a une teneur très élevée en acide oléique (70%) et dégage une agréable odeur d'arachide (**Bhutada et al., 2016**) et une faible teneur en acides gras polyinsaturés (<1%) qui lui confère une remarquable stabilité oxydative (**Ayerza, 2012**). L'huile de graines de *moringa* est douce, inodore et claire (**Pandey et al., 2011**).

Elle a été utilisée dans la médecine populaire en Afrique et en Asie du Sud. Elle a été utilisée aussi pour le traitement des inflammations, des maladies infectieuses, des troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, hématologiques et hépatorénaux (**Ogbunugafor et al., 2011**).

Les caractéristiques de l'huile de graines de *Moringa* peuvent être hautement souhaitables, en particulier avec la tendance actuelle de remplacer les huiles végétales polyinsaturées par celles contenant de grandes quantités d'acides mono-insaturés (**Abdulkarim et al., 2005**).



Figure 07 : Huile de *Moringa Oleifera* (www.moringalia.com, 2020).

I.2.2 La composition de l'huile de *Moringa Oleifera Oleifera*

L'huile est riche en vitamines A et C et a également des propriétés antioxydantes, en plus de contenir des propriétés antimicrobiennes, antiseptiques et anti-inflammatoires qui sont bien connues pour traiter les maladies de la peau (**Tab. V**) (**Ruttarattanamongkol et al., 2014**).

I.2.3 L'utilisation de l'huile de *Moringa Oleifera*

Selon **Ruttarattanamongkol et al. (2014)**, l'huile de *Moringa* est utilisée dans le domaine alimentaire, car il permet un stockage plus long et un traitement de friture à haute température. Elle est également utilisée en médecine et pour le traitement des eaux et peuvent être utilisée pour la consommation humaine et aussi comme matière première pour le biodiesel; l'huile de graines de *Moringa* a montré la plus forte activité contre un dermatophyte zoophile provoquant des réactions inflammatoires marquées chez l'homme.

Selon **Agroconsult (2016)**, elle est utilisée pour les coiffures, la peau et aussi pour la préparation du savon de toilette et des cosmétiques, comme lubrifiant dans la machinerie fine et l'horlogerie, pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante et pour la cuisson également.

Après extraction de l'huile des graines de *Moringa*, le tourteau obtenu est riche en protéines et est utilisable au niveau de l'alimentation du bétail.

I.2.4 Les avantages de l'huile de *Moringa Oleifera*

- L'huile de *Moringa* ne rancit pas grâce aux excellentes propriétés de l'enfleurage qu'elle possède;
- Ces antioxydants et phytonutriments augmenteraient la durée de vie de l'huile de *Moringa* jusqu'à 5 ans et aident à freiner l'activité des radicaux libres sur la peau;
- L'acide oléique qui se trouve dans l'huile de *Moringa* aide à se protéger contre les maladies cardiovasculaires, notamment en diminuant le taux sanguin de mauvais cholestérol et en augmentant celui de bon cholestérol (**Agroconsult, 2016**).

Partie II: Technologie de production de l'huile de *Moringa*

Tableau V : Composition en acides gras, et degrés de saturation et d'insaturation, de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* (Ghazali *et al.*, 2011).

Type d'acide gras	Pourcentage
Myristic/tetradecanoic acid (C14:0)	0.2
Palmitic/hexadecanoic acid (C16:0)	6.8
Stearic/octadecanoic acid (C18:0)	6.5
Oleic/octadecenoic acid (C18:1)	70.0
Oleic/octadecenoic acid (C18:1)	70.0
Linoleic/octadecadienoic acid (C18:2)	0.9
Linolenic/octadecatrienoic acid (C18:3)	-
Arachidic/eicosanoic acid (C20:0)	4.2
Gadoleic/eicosaenoic acid (C20:1)	1.4
Behenic/docosanoic acid (C22:0)	5.8
Arachidic/eicosanoic acid (C24:0)	1.3
Unsaturated fatty acid	50.9
Saturated fatty acid	49.1

I.2.5 Production de l'huile des graines de *Moringa Oleifera*

L'arbre *Moringa Oleifera* possède un potentiel important pour la production des graines riche en matières grasses (32-44%). Ce rendement est évidemment un facteur déterminant étant donné qu'il se situe entre la fourchette indiquée pour les graines de tournesol, de canola et du palmier (30 à 50% d'huile brute) et supérieur au rendement donné par les graines de soja (18 à 20%), considérée comme une source principale d'huile alimentaire depuis plusieurs années (Nadeem & Imran, 2016).

La teneur en huile des graines de *Moringa Oleifera* peut présenter de légères variations dues à de nombreux facteurs tels que la variété, le type de sol et ses nutriments, les conditions climatiques, ainsi que le type de méthodes d'extraction (Ayerza, 2012).

I.2.6 Méthodes d'extraction

L'extraction à froid et l'extraction par solvant sont les méthodes les plus fréquemment utilisées pour l'obtention de l'huile de *Moringa*. Par ailleurs, les chercheurs ont testés différentes méthodes d'extraction sur des graines de *Moringa* pour déterminer leurs efficacités et leurs rentabilités en huile, tout en assurant l'utilisation de cette huile pour la consommation humaine.

I.2.6.1 Extraction par ultrason

Les ultrasons désignent des ondes sonores inaudibles dont les fréquences se situent dans la gamme de 16 KHz-50 MHz, au-dessus de la limite supérieure de l'audition humaine. Ils peuvent être transmis par n'importe quel milieu élastique, y compris l'eau, l'eau saturée de gaz et la boue (Sillanpää *et al.*, 2011). Ils sont une technologie émergente faisant l'objet de recherche dans le domaine de l'ingénierie alimentaire (Bermúdez-Aguirre *et al.*, 2011).

Ils exercent un effet mécanique permettant une meilleure pénétration du solvant dans la matrice de l'échantillon et augmentant la surface de contact entre la phase solide et la phase liquide (Ghitescu *et al.*, 2015).

L'utilisation de la haute pression dans cette technique peut mieux favoriser les effets de cavitation ultrasonique créant ainsi des forces de cisaillement qui brisent mécaniquement les parois cellulaires et produisent des bulles de cavitation (Fig. 8) (Liu *et al.*, 2015).

Selon Wang et Weller (2006), ils existent deux conceptions générales d'extracteurs assistés par ultrasons : Ce sont des bains à ultrasons ou des extracteurs fermés équipés d'un transducteur émetteur d'ultrasons.

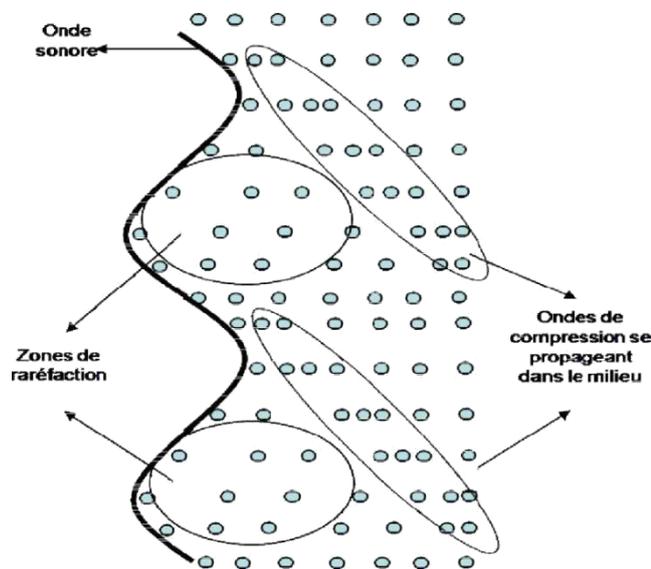


Figure 8 : Propagation de l'onde sonore dans un milieu (veillet, 2010)

- **Les avantages de l'ultrason à bain**

Selon Chemat *et al.*, (2017), les principaux avantages de l'utilisation des ultrasons dans l'extraction de solide-liquide incluent :

- Les extractions complètes peuvent maintenant être effectuées en quelques minutes avec une

Partie II: Technologie de production de l'huile de *Moringa*

grande reproductibilité, ce qui réduit la consommation de solvant;

- Il simplifie la manipulation et le traitement;
- Il donne une plus grande pureté du produit final;
- Il élimine le post-traitement des eaux usées et ne consomme qu'une fraction de l'énergie fossile normalement nécessaire pour une méthode d'extraction classique.

• Les inconvénients de l'ultrason à bain

Les effets des ultrasons sur le rendement et la cinétique d'extraction peuvent être liés à la nature de la matrice végétale (Amor, 2008).

I.2.6.2 Extraction par Soxhlet

Un extracteur Soxhlet est un appareil de laboratoire conçu en 1879 par Franz von Soxhlet. La construction de l'extracteur Soxhlet est illustrée dans la figure 9 (Gopalsatheeskumar, 2018).

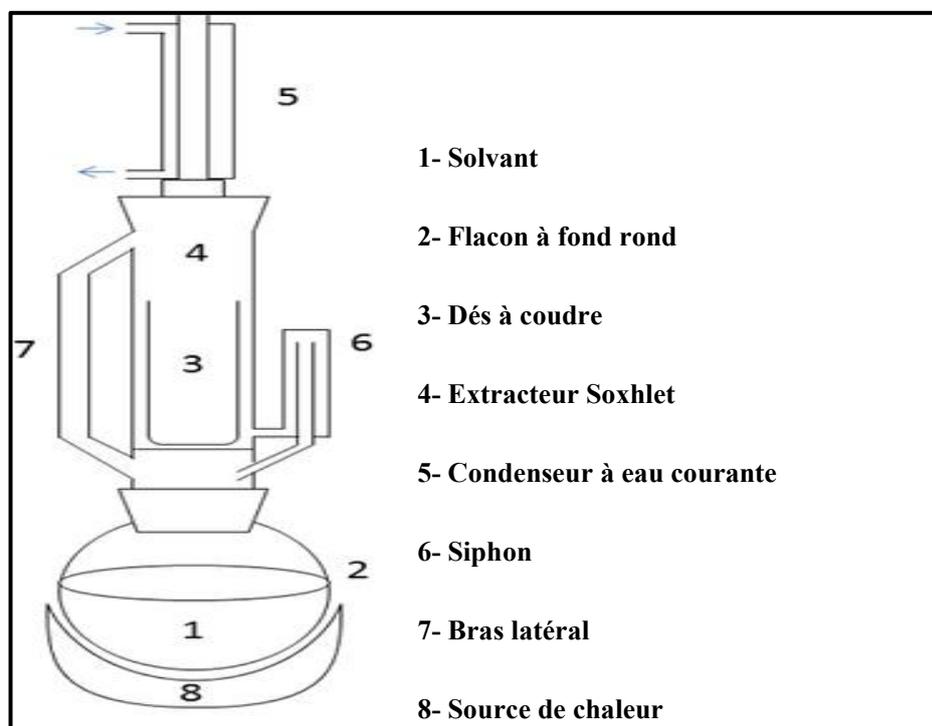


Figure 9 : Diagramme de l'équipement d'extraction Soxhlet (Redfern *et al.*, 2014).

Partie II: Technologie de production de l'huile de *Moringa*

C'est un nouveau système d'extraction continue qui a longtemps été la technique de lixiviation la plus utilisée. En fait, l'extraction Soxhlet est une technique standard depuis plus d'un siècle et les méthodes qui en découlent restent les principales références par rapport auxquelles les performances des nouvelles méthodes de lixiviation sont mesurées (**De Castro & Priego-Capote, 2010**).

C'est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première (**Penchev, 2010**).

- **Les avantages de l'extraction par Soxhlet**

- Le déplacement de l'équilibre de transfert en mettant à plusieurs reprises le solvant frais en contact avec la matrice solide;
- Le maintien d'une température relativement élevée d'extraction avec la chaleur du ballon à distiller;
- Aucune nécessité de filtration après l'extraction. En outre, la méthode de Soxhlet est très simple (**Amor, 2008**).
- L'efficacité de l'extraction Soxhlet peut être déterminée par plusieurs facteurs tels que la taille moyenne des particules, le temps d'extraction et utilisation de solvant polaire et non polaire (**Danlami et al., 2015**).

- **Les inconvénients de l'extraction par Soxhlet**

Les inconvénients les plus sérieux de l'extraction Soxhlet par rapport aux autres techniques de préparation d'échantillons solides sont le temps nécessaire à l'extraction et la grande quantité de produit d'extraction gaspillé, qui est non seulement coûteux à éliminer, mais aussi la source de problèmes environnementaux supplémentaires.

Les échantillons sont généralement extraits au point d'ébullition du solvant sur de longues périodes. Ce qui peut entraîner une décomposition thermique des espèces cibles thermolabiles. De plus, un dispositif Soxhlet classique ne fournit aucune agitation. Ce qui aiderait à accélérer le processus. En outre, les grandes quantités d'agent d'extraction utilisés prévoient une étape d'évaporation-concentration après extraction (**De Castro & Priego-Capote, 2010**).

Tableau VI : Comparaison des deux méthodes d'extraction de l'huile de *Moringa Oleifera* (ultrason et soxhlet)

Méthodes	Protocoles	Rendement d'extraction	Solvant	Références
Ultrasons	Ratio (10g) puissance (200W) Fréquence (40KHz) Temps (20mn) Température (30°)	35,77%	Éther de pétrole (point d'ébullition 60-90 °C)	(Zhong <i>et al.</i>, 2018);
	Ratio (5g) temps 20mn température 35°c	59%	Éther de pétrole (point d'ébullition 60-90 °C)	(Thirugnanasa mbandham, 2018);
	Ratio (4g) puissance (179W) Fréquence (40KHz) Temps (40mn) Température (30°)	38%	Acétate éthyle	(Buddin <i>et al.</i>, 2018);
Soxhlet	Ratio (150g) Temps 8h	30,8%	Éther de pétrole (point d'ébullition 60-90 °C)	(Abdulkarim <i>et al.</i>, 2005);
	ratio (30g) temps 4h	50,67%	Alternative solvant(hexane, éther de pétrole, méthanol)	(Ojewumi, 2018);
	Ratio (10g) Temps 5h	39,30	Hexane	(Orhevba <i>et al.</i>, 2013).

Chapitre II

Matériel

et

Méthodes

II.1 Matériel

II.1.1 Matériel végétal

II.1.1.1 Provenance des échantillons

Le matériel végétal (*Moringa Oleifera*) utilisé pour notre expérimentation provient de la région de **Tamanrasset** localisée dans le Sud du Sahara algérien, dans la chaîne montagneuse du Hoggar à 1 400 mètres d'altitude (Fig. 10). C'est une région à climat désertique, chaud et sec.

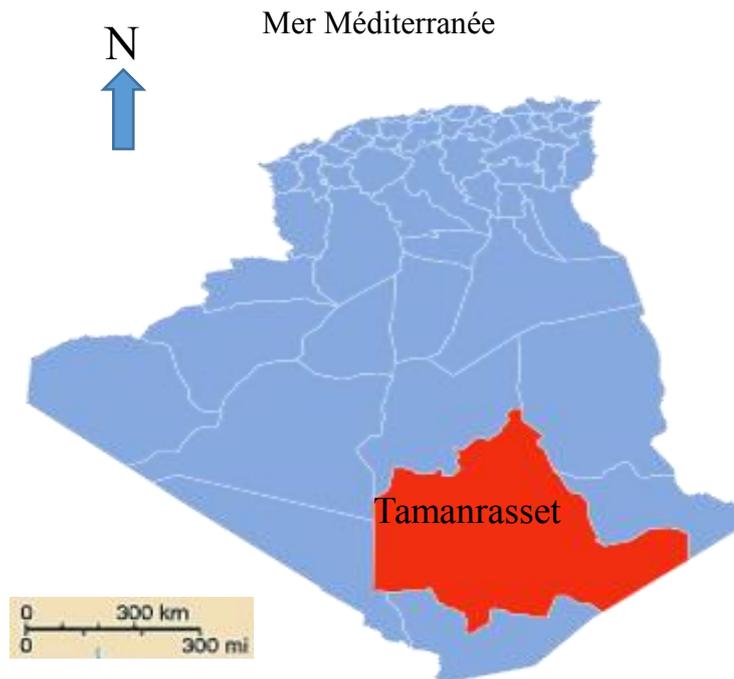


Figure 10 : Localisation de la wilaya de Tamanrasset (fr.wikipedia.org, 2010)

II.1.1.2 Préparation de l'échantillon

- **Décorticage**

La graine de *Moringa Oleifera* est constituée d'une coque marron (Fig. 11c) facile à enlever (Fig. 11d) à la main ou à l'aide d'un pilon dont nous avons pris un kilogramme des graines de *Moringa Oleifera* .

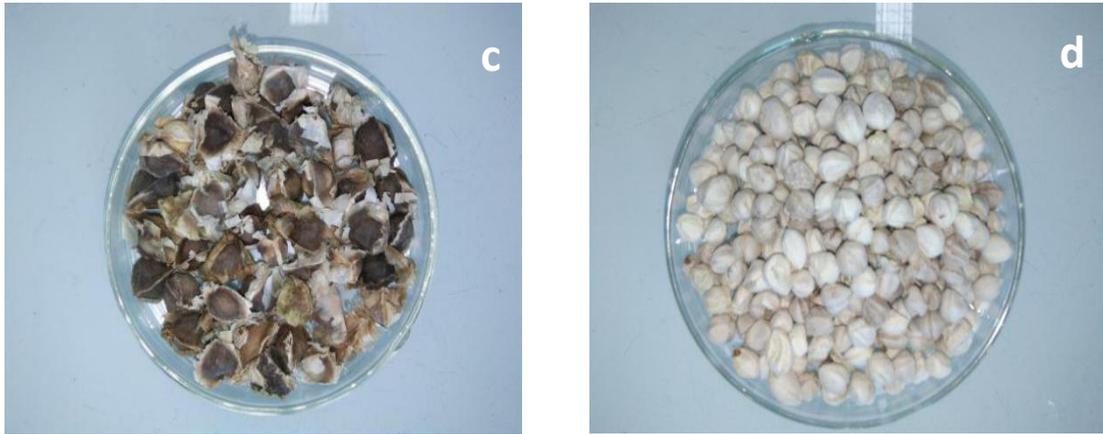


Figure 11 (c, d) : Les graines non décortiquées (c) et les graines décortiquées (d) (Cliché Boussekine et Agoune, 2020)

- **Séchage**

Le séchage est une étape qui permet d'éliminer toute trace d'eau dans le but de réduire le taux d'humidité. Les graines décortiquées sont séchées dans une étuve à une température moyenne de 40 °C afin d'éviter toute altération des lipides.

- **Broyage**

Une fois séchées, les graines passent dans un broyeur à grains électrique (**fig. 12e**), afin d'obtenir une poudre fine (**fig. 12f**).



Figure 12 (e, f) : Photos du broyeur électrique (e) et de la poudre fine non tamisée (f) (Cliché Boussekine et Agoune, 2020)

- **Tamissage**

La poudre fine récupérée est ensuite tamisée à l'aide d'un tamiseur (**fig. 13g**) de taille et d'ouverture des mailles de 500 μm (CISA). Le refus de poudre tamisée est repassé plusieurs fois au tamis afin d'éviter les pertes (**fig. 13h**). Après le tamissage (**fig. 13i**), la poudre est stockée dans des bocaux en verre, à l'abri de la lumière, en attendant son utilisation pour l'extraction de l'huile.



Figure 13 (i, g et f) : Tamiseur (g), refus de poudre tamisée (h) et la poudre après tamissage (i)

(Cliché Boussekine et Agoune, 2020)

II.2 Méthodes

II.2.1.1 Extraction par la méthode Soxhlet

L'extraction Soxhlet est une technique standard utilisée depuis plus d'un siècle et les méthodes qui en découlent restent les principales références auxquelles nous mesurons les performances des nouvelles méthodes de lessivage (**De Castr et Priego-Capote, 2010**).

L'appareil Soxhlet utilisée dans notre expérimentation est de type Behr Labor Technik™ B00218425. Il pèse entre 16 et 22 kg. Il fonctionne à une puissance entre 1800/2700 W et une fréquence de 50 Hz.

- **Principe de la méthode d'extraction Soxhlet**

Selon **Gopalasatheeskumar (2018)**, la poudre est enfermée dans une cartouche cellulosique qui est placée dans la chambre à dé de l'appareil Soxhlet, le solvant d'extraction est versé dans le ballon à fond rond et chauffé à l'aide d'une source de chaleur, ce dernier se vaporise dans le condenseur puis s'égoutte dans la cartouche à échantillon, lorsque le contenu

Chapitre II: Matériel et Méthodes

liquide atteint le bras du siphon, il se vide à nouveau dans la flacon inférieur (Fig. 14).

Une fois le processus terminé, le solvant doit être évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif, laissant une petite trace de matière végétale extraite dans le ballon (Redfern *et al.*, 2014).

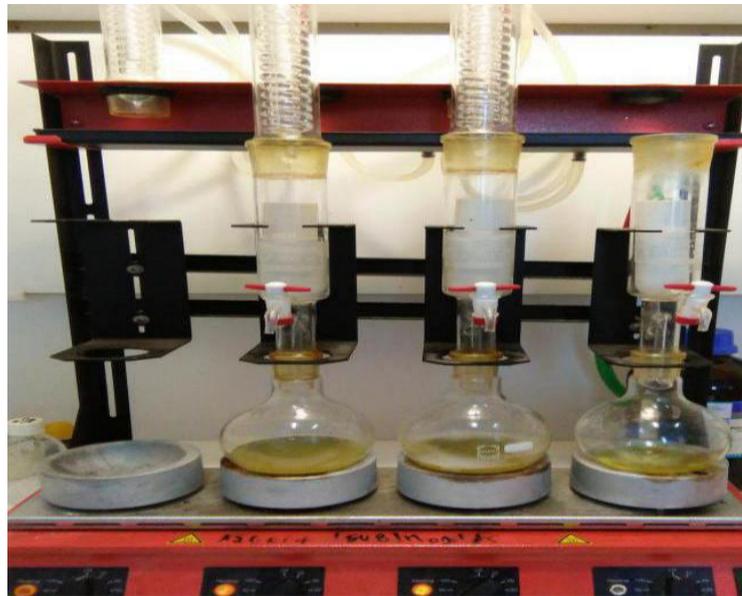
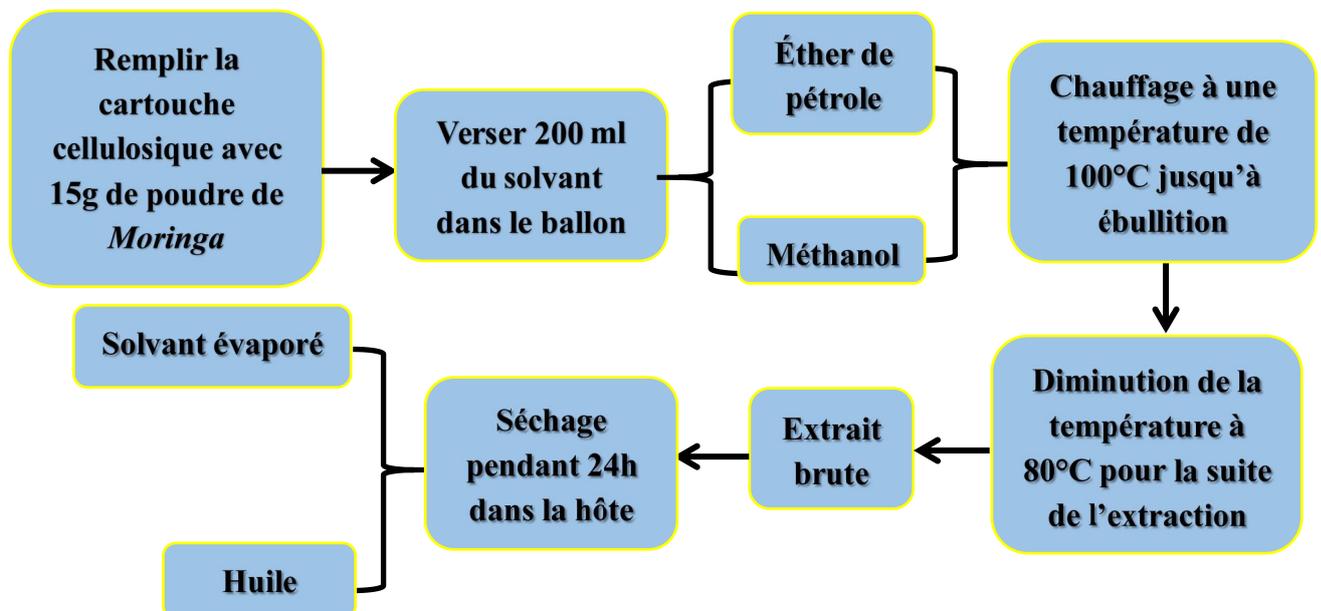


Figure 14 : Appareil Soxhlet utilisé pour l'extraction de l'huile de *Moringa* (Cliché Boussekine et Agoune, 2020)

• Mode Opérateur



II.2.1.2 Extraction par la méthode ultrasons à bain

- **Principe d'extraction par ultrasons à bain**

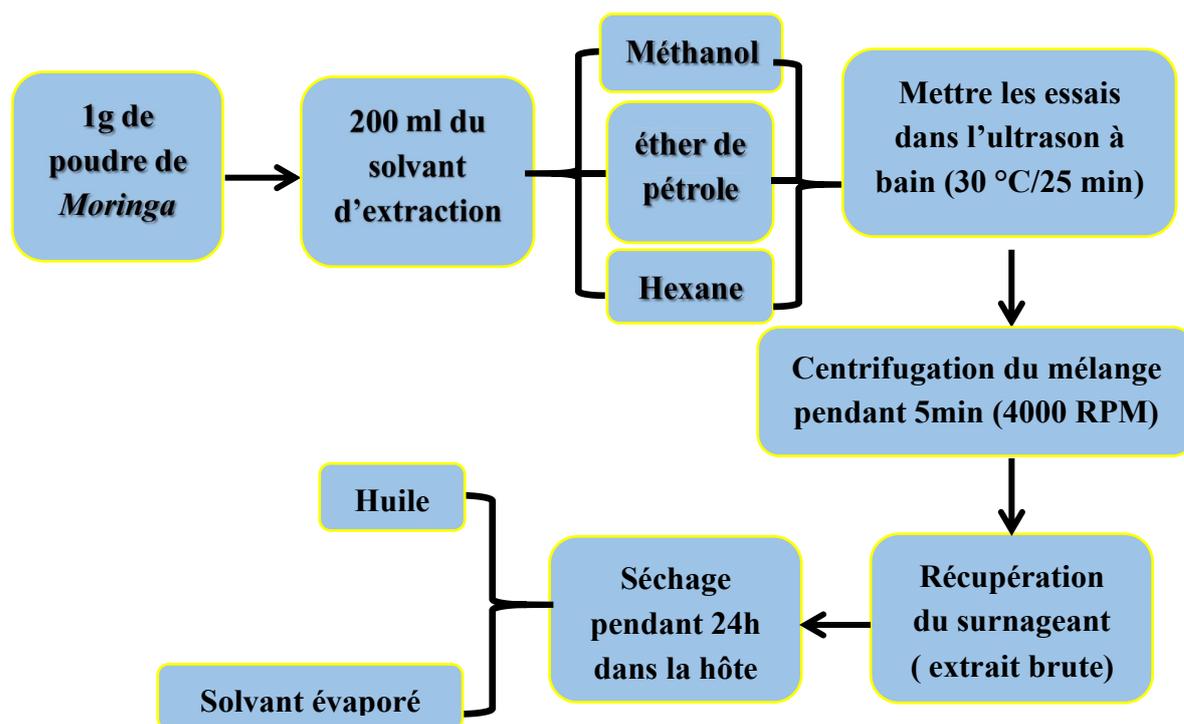
Les ultrasons (Fig.15), comme toute onde sonore, se propagent par une série d'ondes de compression et de raréfaction induites dans les molécules du milieu qu'ils traversent. Les cycles de compression poussent les molécules ensemble, tandis que les cycles d'expansion les séparent. À une puissance suffisamment élevée, le cycle de raréfaction peut dépasser les forces d'attraction des molécules du liquide, et des bulles de cavitation se formeront (Sillanpää *et al.*, 2001). Ces bulles peuvent faciliter la pénétration du solvant dans la matière végétale brute ou la matière intracellulaire pour améliorer le transfert des ingrédients (Liu *et al.*, 2015).

Ce type d'appareillage génère des fréquences comprises entre 20 et 60 kHz à de faibles intensités acoustiques, généralement comprises entre 1 et 5 W.cm⁻². La source vibrante est généralement placée au fond du bac. L'irradiation ultrasonore se fait d'une manière indirecte. Un liquide, généralement l'eau, sert à transmettre l'énergie depuis la zone d'irradiation jusqu'au réacteur où se produit la réaction chimique (Sillanpää *et al.*, 2001).



Figure 15 : Appareil ultrasons à bain utilisé pour l'extraction (Cliché Boussekine et Agoune, 2020)

- Mode opératoire



II.2.2 Analyses physico-chimiques de l'huile des graines de *Moringa Oleifera*

II.2.2.1 Densité

- Principe

La densité est la masse par unité de volume d'une substance (Eq. 1). Elle est le plus souvent indiquée pour les huiles en unités de g/mL ou de g/cm³, et moins souvent en unités de kg/m³. La densité dépend de la température (Speight, 2020).

Selon ISO 3838 : 2004, le rapport de la masse d'un volume d'une substance, à une température t_1 , à la masse d'un volume égal d'une autre substance à une température t_2 , les températures t_1 et t_2 pouvant être égales. Dans le cas de la présente norme internationale, l'autre substance est de l'eau ; c'est-à-dire la densité est le rapport de la masse volumique de la substance à la température t_1 à la masse volumique de l'eau à la température t_2 .

Chapitre II: Matériel et Méthodes

● Mode opératoire pour déterminer la masse volumique (densité)

Nous utilisons la méthode du pycnomètre:

- Peser un pycnomètre nettoyé et séché dans une étuve avant de le remplir d'eau;
- À l'aide d'une micro pipette remplir le pycnomètre de 0,5 ml d'eau puis on pesé afin de déterminer sa masse;
- Nettoyer, sécher le pycnomètre dans l'étuve puis on détermine sa masse à l'aide d'une balance;
- Déterminer la masse du pycnomètre remplie de 0,5 ml d'huile;
- Mettre les deux pycnomètre remplies d'eau et d'huile dans un bain marie à une température de 20°C pendant 20 min.

● Expression des résultats

$$D_{20}^{20} = \frac{M_2 - M_{02}}{M_1 - M_{01}} \quad (\text{g/l}) \quad (1)$$

Avec

M_1 : Poids du pycnomètre vide (eau) ;

M_{01} : Poids du pycnomètre rempli de 0.5 ml d'eau ;

M_2 : Poids du pycnomètre vide (huile) ;

M_{02} : Poids du pycnomètre rempli de 0,5 ml d'huile.

II.2.2.2 Indice de réfraction

C'est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile maintenue à une température constante. Pour les liquides, le réfractomètre le plus utilisé est le réfractomètre d'Abbe (Novidzro *et al.*, 2019).

● Principe

Mesure à l'aide d'un réfractomètre (Fig. 16) de l'indice de réfraction de l'échantillon liquide à une température constante (JORA n° 65 - 2012).

Chapitre II: Matériel et Méthodes

● Mode opératoire d'indice de réfraction

- Lavage de la prisme fixe avec de l'eau distillée;
- Essuyer la prisme fixe avec du papier absorbant;
- Verser à l'aide d'une micro pipette 2 à 3 gouttes d'huile;
- Remettre la prisme mobile sur la prisme fixe ce qui aide à l'étalement de l'huile sur toute la surface;
- Observation à partir de l'oculaire en réglant la molette de réglage tout en visant que la ligne de séparation de la plage claire et la plage sombre se situe entre ces deux plages;
- Effectuer la lecture de l'indice de réfraction de l'huile à une température ambiante.

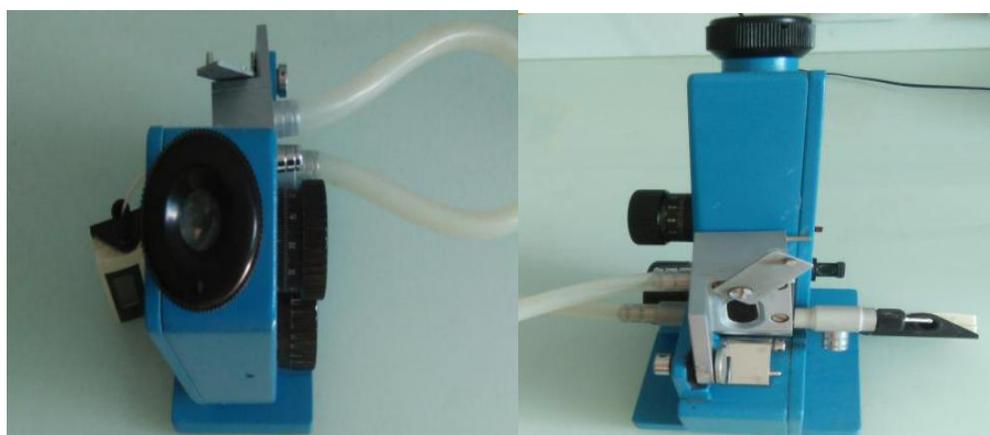


Figure 16 : Appareil utilisé pour mesurer l'indice de réfraction (Cliché Boussekine & Agoune, 2020)

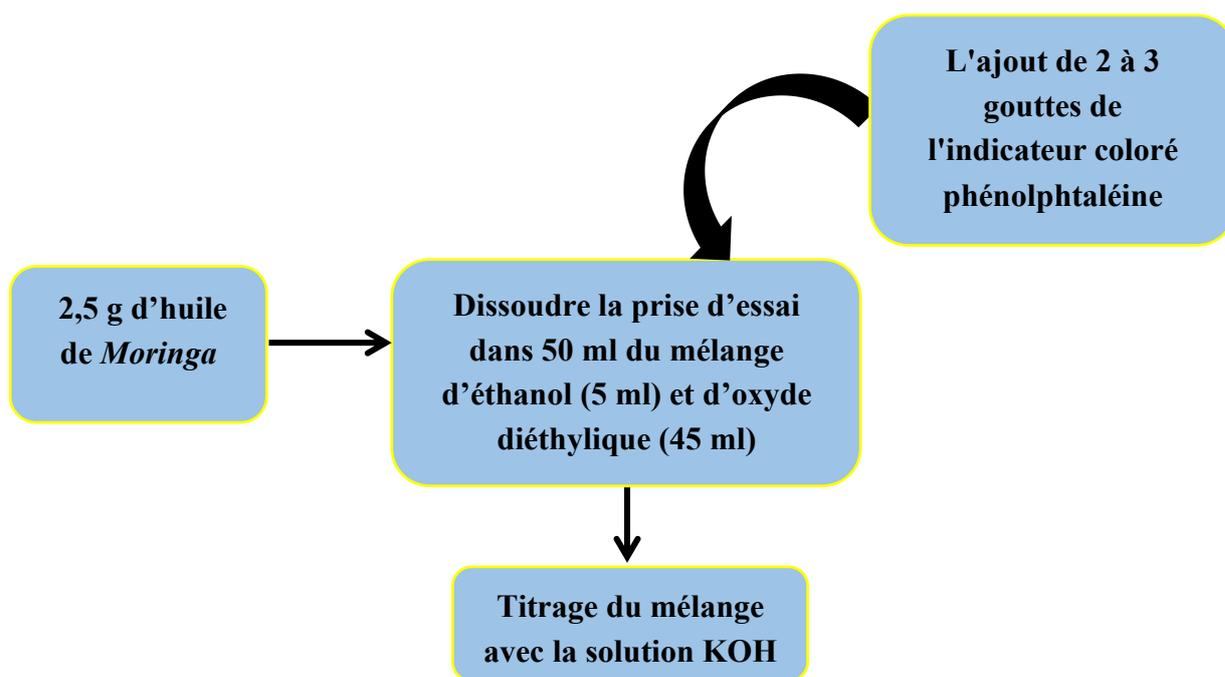
II.2.2.3 Indice d'acide

Il correspond au nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1 g de corps gras (Eq. 2) (ISO 660 : 2009).

● Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvants, puis titrage des acides gras libres présents à l'aide une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (JORA n° 68 - 2012).

- **Mode opératoire**



- **Expression des résultats**

$$I_a = \frac{56.1 \times V \times c}{m} \quad (\text{mg Koh/ g}) \quad (2)$$

Avec

56.1 : La masse molaire, exprimée en g/mol, de l'hydroxyde de potassium (KOH) ;

V : Le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de potassium utilisé ;

c : La concentration exacte, en mol/L, solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée ;

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

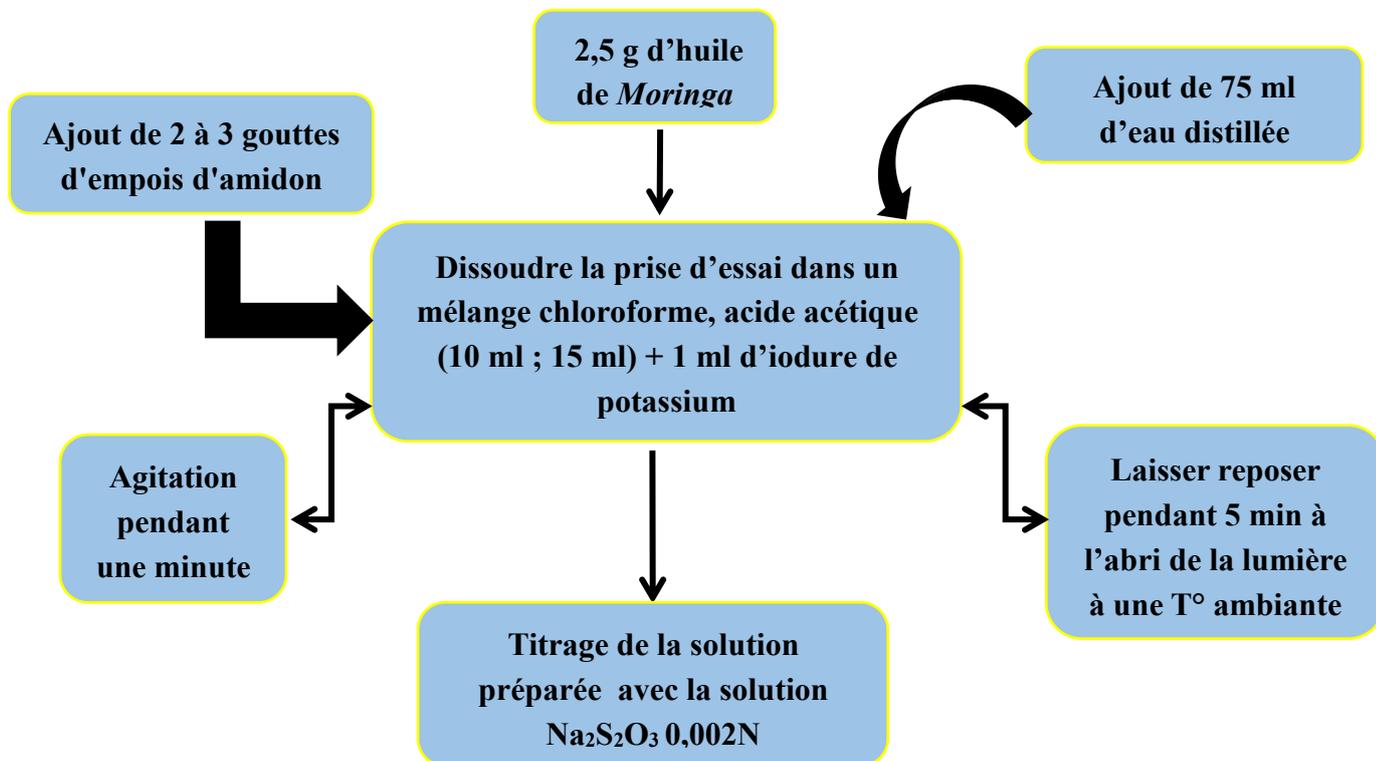
II.2.2.4 Indice peroxyde

Il estime l'état d'autoxydation de l'huile ; c'est un mécanisme lent mais inéluctable. En effet, les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs favorisant (température élevée, eau, enzyme, trace de métaux Cu, Fe...). Cette autoxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydes et hydrocétone (responsables de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...) (Tanouti, 2011).

• Principe

L'indice de peroxyde d'un corps gras est définis comme étant le nombre de microgrammes actifs du peroxyde contenue dans un gramme de produit et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode (Eq. 3) (Acheheb, 2013).

• Mode opératoire



• Expression des résultats

$$I_p = \frac{(V - V_0) \times N}{m} \quad (\text{Meq/kg}) \quad (3)$$

Avec

I_p : Indice de peroxyde

V : Le volume, en ml, de thiosulfate de sodium, utilisé pour essai à blanc ;

V_0 : Le volume, en ml, de thiosulfate de sodium, utilisé pour la prise d'essai ;

N : Normalité de thiosulfate de sodium ;

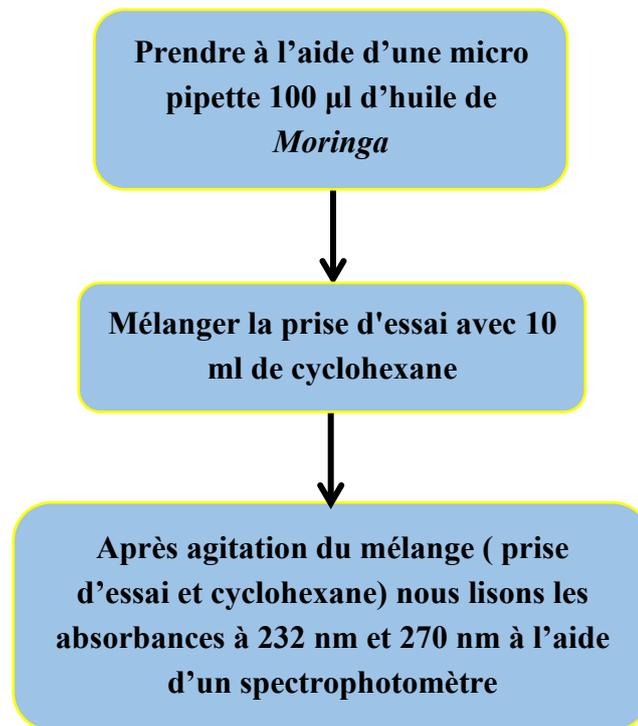
m : Masse de la prise d'essai.

II.2.2.5 Absorbance spécifique

- **Principe**

Le principe de la méthode consiste en la mesure de l'absorbance à 232 nm et à 270 nm d'un échantillon de corps gras en solution dans cyclohexane (Eq. 4) (Moussaoui & Youyou, 2005).

- **Mode opératoire**



- **Expression des résultats**

$$\epsilon = \frac{A}{C} \times L \quad (4)$$

Avec

A : Absorbance à une longueur d'onde donnée ;

C: Concentration de la solution analysée en g/100g ;

L : Largeur de la cuve du spectrophotomètre.

Chapitre III

Résultats et

Discussions

III. Résultats et discussions

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

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 17.

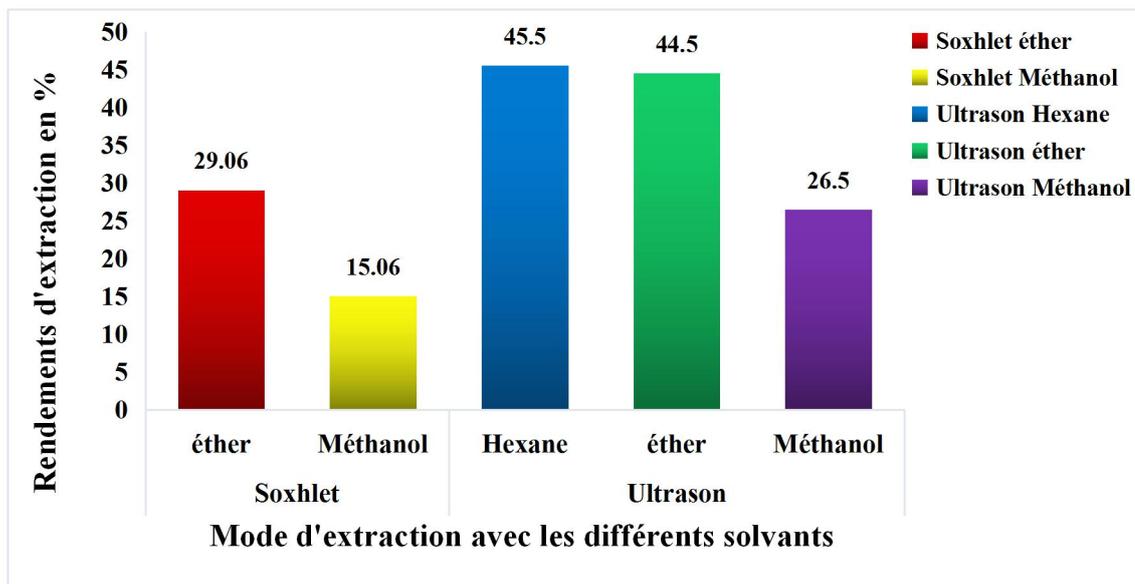


Figure 17 : Rendements de l'extraction de l'huile de *Moringa Oleifera* obtenue par différentes méthodes et différents solvants.

La teneur la plus élevée en huile extraite par la méthode Soxhlet est obtenue en utilisant le solvant éther de pétrole 29,06%. Elle est supérieure à celle obtenue par l'utilisation du méthanol (15,06%), En effet, nous constatons que les solvants apolaires sont les plus efficaces pour avoir un meilleur rendement.

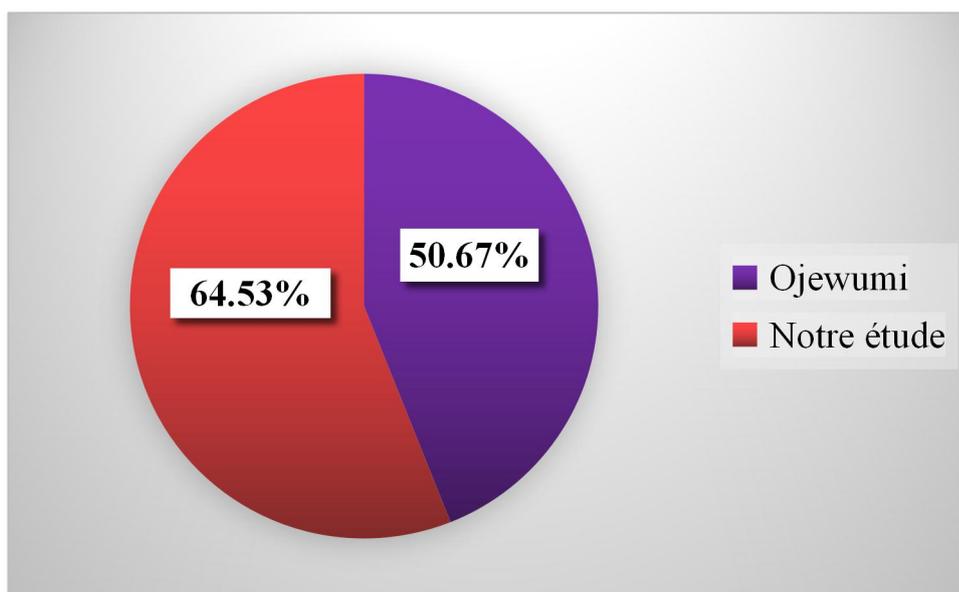


Figure 18 : Rendements de l'extraction de l'huile de *Moringa Oleifera* obtenue en utilisant la méthode Soxhlet et le solvant éther de pétrole comparé au résultat de l'auteur Ojewumi.

Chapitre III : Résultats et discussions

Nous notons une nette différence entre les teneurs obtenues par l'éther de pétrole dans ce travail (64.53%) en augmentant la quantité de prise d'essai à 30g et celles obtenues par **Ojewumi en 2018** (50,67%). Ceci serait dû à la différence dans la durée d'extraction de 2 heures qui est courte par rapport à la nôtre.

III.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile des graines de *Moringa Oleifera*

Les résultats des propriétés physico-chimiques de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* obtenues en utilisant la méthode d'extraction Soxhlet et le solvant d'extraction éther de pétrole.

III.2.1 Densité

Tableau VII : Densité de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* trouvée au cours de notre étude comparée à la norme et aux résultats des autres auteurs.

	Paramètres physico-chimiques de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i>
Résultats	Densité à 20min/20°C (g/L)
Présente étude (2020)	0.89
FAO/OMS (2019)	0.896 – 0.910
Foidl <i>et al.</i> , (2001)	0.89
Codex alimentarius (2013) huile d'olive	0.910 - 0.916

La densité nous renseigne sur le groupe auquel appartient une huile. Ainsi, elle est considérée comme l'un des critères de pureté qui indique la présence des agents étrangers (impuretés). La densité varie selon l'insaturation, l'état d'oxydation et de polymérisation de l'huile (**Andriamisaina, 2014**).

La valeur obtenue 0.89 g/ml est proche à la norme **FAO/OMS (2019)**. Elle est identique à celle obtenue par **Foidl *et al.*, en 2001** et légèrement plus dense comparée à la norme donnée par **Codex alimentarius (2013)** qui varie entre 0.910 - 0.916 pour l'huile d'olive.

III.2.2 Indice de réfraction

Tableau VIII : Indice de réfraction de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* trouvé au cours de notre étude comparé au résultat trouvé de Foidl et ses collaborateurs.

	Paramètres physico-chimiques de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i>
Résultats	Indice de réfraction
Présente étude (2020)	1,47
Foidl <i>et al.</i> , (2001)	1,46

L'indice de réfraction nous renseigne sur le groupe auquel appartient l'huile. Notre huile peut être classée comme un corps gras demi siccatif et non siccatif avec un indice de réfraction de 1.47 car selon **Tshiombe (2011)**, à 20°C, les huiles siccatives ont des indices de réfraction compris entre 1.480 et 1.523, les huiles demi-siccatives ont des indices de réfraction compris entre 1.470 et 1.476 et les huiles non-siccatives ont des indices de réfraction compris entre 1.468 et 1.470.

Le résultat obtenu dans ce travail est supérieur aux résultats obtenus par **Foidl *et al.*, (2001)**, dont l'huile de cet auteur est considérée comme non siccative.

III.2.2.3 Indice d'acide

Tableau IX : Indice d'acide de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* trouvé au cours de notre étude comparée à la norme Codex alimentarius (2015) et aux résultats des autres auteurs.

	Paramètres physico-chimiques de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i>
Résultats	Indice d'acide (mg KOH/g)
Présente étude (2020)	3,36
Abdulkarim <i>et al.</i> , (2005)	2,48
Adejumo <i>et al.</i> , (2013)	2,73
Zhao <i>et al.</i> , (2019)	0,24
Codex alimentarius (2015)	4

L'indice d'acide est un facteur très important pour l'évaluation de la stabilité d'une huile à une température ambiante. Il permet de quantifier les acides gras libres présents dans cette dernière.

Chapitre III : Résultats et discussions

D'après les résultats illustrés dans le **tableau IX**, il ressort que l'indice d'acide est conforme à la norme donnée par le **Codex alimentarius (2015)**. Par ailleurs, nous remarquons une légère augmentation de ce dernier par rapport aux résultats de **Abdulkarim et al., (2005)**, **Adejumo et al., (2013)** et **Zhao et al., (2019)** et cela pourrait s'expliquer par la libération des acides gras libres par effet de l'extraction ainsi que la conservation de l'huile. En effet, l'augmentation de l'indice d'acide des huiles au cours du temps serait due à l'oxydation des acides gras insaturés sous l'influence de la lumière et d'oxygène (**Tchiégang et al., 2004**).

III.2.4 Indice peroxyde

Tableau X : Indice peroxyde de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* trouvé au cours de notre étude comparée à la norme Codex alimentarius (2015) et aux résultats des autres auteurs.

	Paramètres physico-chimiques de l'huile de <i>Moringa Oleifera</i>
Résultats	Indice peroxyde (mg KOH/g)
Présente étude (2020)	9,12
Adejumo et al., (2013)	3,10
Zhao et al., (2019)	1,69
Codex alimentarius (2015)	10

La détermination de l'indice de peroxyde semble être une mesure critique pour l'évaluation de la qualité des huiles.

Il augmente avec l'élévation de la température (**Mohseni et al., 2020**). Par exemple, les acides gras saturés ne commencent à s'oxyder qu'à 60°C, alors que pour les acides gras insaturés, même à l'état congelé (**Andriamisaina, 2014**).

Cet indice permet d'évaluer le degré d'oxydation des acides gras insaturés de la matière grasse. Plus l'indice est élevé plus la matière grasse est oxydée.

D'après le **Tableau X**, il s'avère que l'indice de peroxyde est conforme à la norme **Codex alimentarius (2015)**. Par contre, il est plus élevé par rapport aux résultats de **Adejumo et al., (2013)** et **Zhao et al., (2019)**. D'après **Louni, (2009)**, l'huile de *Moringa Oleifera* est riche en tocophérols qui sont des substances antioxydantes naturelles.

III.1.3 Absorbance spécifique

L'absorbance spécifique de l'huile de graine de moringa mesurée à 232 nm et à 270 nm est résumée dans la figure 19.

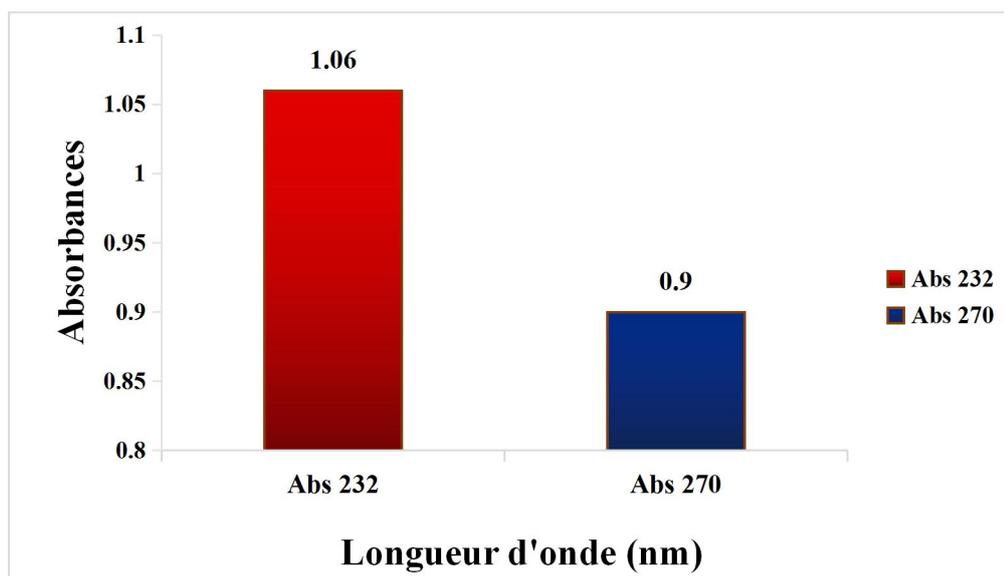


Figure 19 : Absorbances spécifiques de l'huile des graines de *Moringa Oleifera*.

L'absorbance spécifique à 270 nm est un marqueur de la formation des produits secondaires d'oxydation.

Selon **Meftah et al., (2014)**, l'extinction spécifique des huiles dans l'ultraviolet constitue un paramètre important de leur qualité. En effet, à 232 nm, elle permet d'évaluer la présence de produits primaires d'oxydation des acides gras (hydroperoxydes linoléiques, etc.). Alors qu'à 270 nm, les produits secondaires d'oxydation des acides gras (alcools, cétones, etc.) sont détectés.

Nous constatons que l'absorbance spécifique de huile d'olive vierge donnée par le **COI (2019)** qui est de 0,25 à 270 nm et de 2,60 à 232 nm est inférieure par rapport à celle de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* (**figure 19**) et cela serait due à la formation des produits secondaires d'oxydation dans cette dernière.

III.3 Conclusion partielle

D'après les résultats obtenus dans ce travail et après leurs comparaison avec les résultats obtenus par d'autres chercheurs dans le monde, nous constatons :

- Le rendement en huile est dépendant de la durée d'extraction ainsi que du solvant utilisé ;
- la qualité des huiles dépend de leurs compositions chimiques ;
- l'huile des graines de *Moringa* est extrêmement sensible à l'oxydation ;
- La connaissance des caractéristiques physico-chimiques de l'huile des graines de *Moringa Oleifra* permet d'évaluer sa qualité, l'efficacité des appareils et les conditions de travail.

Conclusion
générale

Conclusion générale

Le présent travail constitue une contribution à une meilleure technique d'extraction de l'huile des graines de *Moringa* décortiquées qui sont cultivées dans le sud de l'Algérie, plus précisément, à Tamenrasset.

L'extraction de l'huile des graines de *Moringa* par la méthode d'extraction ancienne Soxhlet en employant deux types de solvants différents, nous a permis de déduire que le rendement en huile est influencé par:

- La nature du solvant utilisé;
- Le procédé d'extraction;
- La quantité de la prise d'essai;
- La durée d'extraction.

Cela signifie que l'étude profonde de ces paramètres semble très important afin d'obtenir une excellente extraction et un bon rendement en huile.

Les résultats de ce travail nous mènent à relever que le meilleur rendement en huile est enregistré en exploitant le solvant apolaire qui est l'éther de pétrole, avec un pourcentage de 26,06% pour 15g de la prise d'essai et 64,53% pour 30g de la prise d'essai. Ceci nous le confirmons avec la méthode d'extraction ultrason où nous avons constaté que le rendement le plus élevé est obtenu en prenant les solvants apolaires l'hexane et l'éther de pétrole, avec un apport de 45,5% et 44,5% respectivement. En raison de la pandémie COVID-19, nous n'avons pas pu continuer le travail d'investigation afin de confirmer notre conclusion concernant ce dernier point.

Concernant les caractéristiques physico-chimiques, nous avons trouvé qu'ils sont conformes aux normes internationales.

Les résultats expérimentaux des analyses physico-chimiques obtenus nous montrent que l'huile des graines de *Moringa* est classée comme une huile pure selon sa densité.

L'indice de réfraction nous a servi dans l'identification du groupe auquel notre huile appartient. D'après le résultat, l'huile des graines de *Moringa Oleifera* peut être classée comme un corps gras demi siccatif et non siccatif avec un indice de réfraction de 1,47.

L'huile des graines de *Moringa Oleifera* présente un indice d'acide de 3,39 mg KOH/g, un indice peroxyde de 9,12 Meq/kg et une absorbance spécifique à 232nm est de 1,06 et 0,9 à 270nm. Ces résultats sont légèrement plus élevés par rapport aux valeurs obtenues, auparavant, par d'autres auteurs. Cela voudrait dire que cette huile est plus oxydée.

La stabilité oxydative des huiles dépend de leurs compositions chimiques, plus exactement, de leurs teneurs en acide gras insaturés. Ce qui catégorise et confirme que l'huile des graines de *Moringa Oleifera* est hautement délicate à l'oxydation.

La conservation des huiles et particulièrement l'huile des graines *Moringa Oleifera* dans de bonnes conditions nous aide à préserver sa qualité nutritionnelle ainsi que sa stabilité.

Cette contribution est parmi les premières qui ont été réalisées en Algérie et c'est la première étape afin de faire connaître cette plante ainsi que ses intérêts nutritionnel et médicinal.

Afin d'approfondir ce travail et la valoriser d'avantage, l'analyse des autres constituants comme la composition en triglycérides, stérols, polyphénols et flavonoïdes s'avère nécessaire.

Références
Bibliographiques

A

- Abdulkarim, S., Long, K., Lai, O., Muhammad, S., & Ghazali, H. (2005).** Some physicochemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry*, 93(2), 253-263.
- ACHEHEB, H. (2013).** Valorisation de l'huile des graines de Pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica Desf.*), 46-126.
- Adejumo, B., Alakowe, A., & Obi, D. (2013).** Effect of heat treatment on the characteristics and oil yield of *Moringa oleifera* seeds. *Int. J. Eng. Sci*, 2(1), 232-239.
- AGROCONSULT HAITI. (2016).** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du *Moringa* en Haïti. In: Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR), p.191.
- Alidou, C., Salifou, A., Tchobo, F. P., & Soumanou, M. M. (2015).** Connaissance endogène et utilisations du *Moringa oléifera* pour les populations autochtones de huit départements du Bénin [Endogenous knowledge and applications of *Moringa oleifera* for indigenous peoples from eight departments of Benin]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2), 316.
- Alimentarius, C. (2015).** Standard for edible fats and oils not covered by individual standards. CODEX STAN 19-1981. In: Joint FAO/WHO Rome.
- Amor, B. B. (2008).** *Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les opérations d'extraction de principes actifs: texturation par détente instantanée contrôlée (DIC)*, p. 178-187.
- Arise, A., Arise, R., Sanusi, M., Esan, O., & Oyeyinka, S. (2014).** Effect of *Moringa oleifera* flower fortification on the nutritional quality and sensory properties of weaning food. *Croatian journal of food science and technology*, 6(2), 65-71.
- Arora, D. S., Onsare, J. G., & Kaur, H. (2013).** Bioprospecting of *Moringa* (Moringaceae): microbiological perspective. *J Pharmacog Phytochem*, 1(6), 193-215.
- Ayerza, R. (2012).** Seed and oil yields of *Moringa oleifera* variety Periyakalum-1 introduced for oil production in four ecosystems of South America. *Industrial Crops & Products*, 36(1), 70-73.
- Ayiti, R. M. D. (2016).** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du *Moringa* en Haïti.

B

- Bayé-Niwah, C., & Mapongmetsem, P. (2018).** Perceptions paysannes de *Moringa oleifera* Lam.(Moringacées) en zone Soudano-Sahélienne du Cameroun [Famer's perceptions on *Moringa oleifera* Lam.(Moringaceae) in the Sudano-Sahelian zone in Cameroon].
- Bermúdez-Aguirre, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2011).** Power ultrasound to process dairy products. In *Ultrasound technologies for food and bioprocessing*, Springer, pp. 445-465..
- Bey, H. (2010).** All Things *Moringa*. *The Story of an Amazing Tree of Life*. Published by www.allthingsmoringa.com. Available at: <http://www.remediosnaturales.es/wpcontent/uploads/2014/12/eBookmoringa-ingles.pdf> (diakses pada 25 Desember 2018).
- Bhutada, P. R., Jadhav, A. J., Pinjari, D. V., Nemade, P. R., & Jain, R. D. (2016).** Solvent assisted extraction of oil from *Moringa oleifera* Lam. seeds. *Industrial Crops and Products*, 82, 74-80.
- Birge, D., & Gardener, F. B. C. M. (2012).** *Moringa Oleifera*-Miracle Tree, 1-2.
- Buddin, M. S., Rithuan, M. A., Surni, A., Jamal, N. M., & Faiznur, M. (2018).** Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) of *Moringa oleifera* seed oil: kinetic study. *ASM Sci. J*, 11(3), 158-166.
- Bukar, A., Uba, A., & Oyeyi, T. (2010).** Antimicrobial profile of *Moringa oleifera* Lam. extracts against some food-borne microorganisms. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1), 43-48.

D

- Daba, M. (2016).** Miracle tree: A review on multi-purposes of *Moringa oleifera* and its implication for climate change mitigation. *J. Earth Sci. Clim. Change*, 7(4), 366.
- Danlami, J. M., Arsad, A., & Zaini, M. A. A. (2015).** Characterization and process optimization of castor oil (*Ricinus communis* L.) extracted by the soxhlet method using polar and non-polar solvents. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 47, 99-104.
- De Castro, M. L., & Priego-Capote, F. (2010).** Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383-2389.

Références Bibliographiques

Dhakar, R. C., Maurya, S. D., Pooniya, B. K., Bairwa, N., & Gupta, M. (2011). Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*, 2(3), 119.

Dimon, E., Toukourou, Y., Seidou, A. A., Worogo, H. S., Soule, A. H., & Traore, I. A. (2020). Performances zoo-économiques des ovins Djallonké complémentés avec la feuille de Moringa oleifera au Centre du Bénin. *Afrique SCIENCE*, 16(5), 189-202.

Djaoui, D., Garnier, N., & Dodinet, E. (2015). L'huile de ben identifiée dans quatre amphores africaines de type Ostia LIX provenant d'Arles: difficultés d'interprétation. *Antiquités africaines*, 51(1), 179-187.

F

Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa*, 45-76.

Fuglie, L. (2001). Combating malnutrition with Moringa. *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa.*(Ed. J. Lowell Fuglie). CTA Publication, Wageningen, 117.

G

Gandji, K., Chadare, F., Idohou, R., Salako, V., Assogbadjo, A., & Kakaï, R. G. (2018). Status and utilisation of *Moringa oleifera* Lam: A review. *African Crop Science Journal*, 26(1), 137-156.

Ghazali, H. M., & Mohammed, A. S. (2011). *Moringa (Moringa oleifera)* seed oil: composition, nutritional aspects, and health attributes. In *Nuts and seeds in health and disease prevention*, (pp. 787-793): Elsevier.

Ghitescu, R.-E., Volf, I., Carausu, C., Bühlmann, A.-M., Gilca, I. A., & Popa, V. I. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from spruce wood bark. *Ultrasonics sonochemistry*, 22, 535-541.

Gopalsatheeskumar, K. (2018). Significant role of Soxhlet extraction process in phytochemical research. 7(1), 43-47.

I

ISO 3838: 2004. Pétrole brut et produits pétroliers liquides ou solides — Détermination de la masse volumique ou de la densité — Méthodes du pycnomètre à bouchon capillaire et du pycnomètre bicapillaire gradué.

Références Bibliographiques

ISO 660: 2009. Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice d'acide et de l'acidité.

J

JORADP (2012) (Journal officiel de la république algérienne). Arrêté du 21 Ramadhan 1432 correspondant au 21 août 2011 rendant obligatoire la méthode de détermination de l'indice d'acide et d'acidité des corps gras d'origine animale et végétale, J.O.R.A. n°68, p 20.

K

Kokou, K., Joët, T., Broin, M., & Aïdam, A. (2001). Recherches sur la culture de *Moringa oleifera* Lam. au Togo. *Cahiers Agricultures*, 10(2), 131-133.

L

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(6), 12791-12835.

Lim, T. K. (2012). *Moringa oleifera*. 453-485.

Liu, J.-L., Zheng, S.-L., Fan, Q.-J., Yuan, J.-C., Yang, S.-M., & Kong, F.-L. (2015). Optimisation of high-pressure ultrasonic-assisted extraction and antioxidant capacity of polysaccharides from the rhizome of *Ligusticum chuanxiong*. *International journal of biological macromolecules*, 76, 80-85.

LOUNI, S. (2009). *Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de graines de Moringa oleifera*. Thèse, 107.

M

Makkar, H., & 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.

Mani, S., Jaya, S., & Vadivambal, R. (2007). Optimization of solvent extraction of *Moringa oleifera* (Moringa oleifera) seed kernel oil using response surface methodology. *Food and Bioproducts Processing*, 85(4), 328-335.

Références Bibliographiques

- Meftah, H., Latrache, H., Hamadi, F., Hanine, H., & Zahir, H. El Louali, M., (2014).** Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issus de différentes zones de la région tadla azilal (maroc) [comparison of the physico-chemical characteristics of the olive oil coming from different zones in tadla azilal area (morocco)]. *J. Mater. Environ. Sci*, 5(2), 641-646.
- Mohseni, N. M., Mirzaei, H. O., & Moghimi, M. (2020).** Optimization of producing oil and meal from canola seeds using microwave– pulsed electric field pretreatment. *Ocl*, 27, 2.
- Moussaoui, R., & Youyou, A. (2005).** Extraction de l'huile à partir du grignon d'olive avec le melange: acetone–trichloroethylene. *Sciences & Technologie. A, sciences exactes*, 47-51.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011).** Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera Lam.*) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.

N

- Nadeem, M., & Imran, M. (2016).** Promising features of Moringa oleifera oil: recent updates and perspectives. *Lipids in health and disease*, 15 : 212.
- Nampoina, A.** Etude prévisionnelle d'une mise en œuvre d'un système de gestion de la qualité au sein de l'unité de raffinage d'huile alimentaire de HITA.
- Novidzro, K. M., Wokpor, K., Fagla, B. A., Koudouvo, K., Dotse, K., Osseyi, E., & Koumaglo, K. H. (2019).** Etude de quelques paramètres physicochimiques et analyse des éléments minéraux, des pigments chlorophylliens et caroténoïdes de l'huile de graines de Griffonia simplicifolia. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(4), 2360-2373.

O

- Ogbunugafor, H., Eneh, F., Ozumba, A., Igwo-Ezikpe, M., Okpuzor, J., Igwilo, I., Adenekan, S., & Onyekwelu, O. (2011).** Physico-chemical and antioxidant properties of Moringa oleifera seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(5), 409-414.
- Ogunsina, B. S., Indira, T., Bhatnagar, A., Radha, C., Debnath, S., & Krishna, A. G. (2014).** Quality characteristics and stability of Moringa oleifera seed oil of Indian origin. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 503-510.

Références Bibliographiques

Ojewumi, M. (2018). Alternative solvent ratios for *Moringa oleifera* seed oil extract. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(12), 295-307.

Orhevba, B., Sunmonu, M., & Iwunze, H. (2013). Extraction and characterization of *Moringa oleifera* seed oil. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 1(1), 22-27.

P

Pandey, A., Pradheep, K., Gupta, R., Nayar, E. R., & Bhandari, D. (2011). ‘Drumstick tree’ (*Moringa oleifera* Lam.): a multipurpose potential species in India. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(3), 453-460.

Penchev, P. I. (2010). Étude des procédés d’extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, 129-218.

Price, M. L. (2007). The moringa tree. *ECHO technical note*, 17391, 1-19.

Rahman, I. M., Barua, S., Nazimuddin, M., Begum, Z. A., Rahman, M. A., & Hasegawa, H. (2009). Physicochemical properties of *Moringa oleifera* lam. Seed oil of the indigenous-cultivar of Bangladesh. *Journal of Food Lipids*, 16(4), 540-553.

R

Rashid, U., Anwar, F., Moser, B. R., & Knothe, G. (2008). *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Bioresource technology*, 99(17), 8175-8179.

Redfern, J., Kinninmonth, M., Burdass, D., & Verran, J. (2014). Using soxhlet ethanol extraction to produce and test plant material (essential oils) for their antimicrobial properties. *Journal of microbiology & biology education*, 15(1), 45-46.

Ruttarattamongkol, K., Siebenhandl-Ehn, S., Schreiner, M., & Petrasch, A. M. (2014). Pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction, physico-chemical properties and profile characterization of *Moringa oleifera* seed oil in comparison with conventional extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 58, 68-77.

S

Sánchez-Machado, D. I., Núñez-Gastélum, J. A., Reyes-Moreno, C., Ramírez-Wong, B., & López-Cervantes, J. (2010). Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. *Food Analytical Methods*, 3(3), 175-180.

Références Bibliographiques

- Sillanpää, M., Pham, T.-D., & Shrestha, R. A. (2011).** Ultrasound technology in green chemistry. *In Ultrasound Technology in Green Chemistry*, (pp. 1-21): Springer.
- Soliva, C., Kreuzer, M., Foidl, N., Foidl, G., Machmüller, A., & Hess, H. (2005).** Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. *Animal feed science and technology*, 118(1-2), 47-62.
- Speight, J. (2020).** Analysis of oil from tight formations. 519-571.
- Sreelatha, S., & Padma, P. (2009).** Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant foods for human nutrition*, 64(4), 303.
- Stan, C. (2013).** Stan 33-1981. *Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils*. Codex Alimentarius, FAO/WHO.
- Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015).** Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796-804.
- Sujatha, B., & Patel, P. (2017).** *Moringa Oleifera*–Nature’s Gold. *Imperial J Interdisciplinary Res*, 3(5), 1175-1179.

T

- Tanouti, K., Serghini-Caid, H., Chaieb, E., Benali, A., Harkous, M., & Elamrani, A. (2011).** Amélioration qualitative d’huiles d’olive produites dans le Maroc oriental. *Les technologies de laboratoire*, 6(22). pp . 5-12.
- Tchiégang, C., Oum, M. N., Dandjouma, A. A., & Kapseu, C. (2004).** Qualité et stabilité de l’huile extraite par pressage des amandes de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax pendant la conservation à température ambiante. *Journal of food engineering*, 62(1), 69-77.
- Thirugnanasambandham, K. (2018).** Ultrasound-assisted extraction of oil from *Moringa oleifera* Lam. seed using various solvents. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(3), 343-350.
- Tshiombe, V. E. Martin Kabantu Van E. Tshiombe** Quelques constantes physiques de l’huile de safou, 27-44.

Références Bibliographiques

V

Veillet, S. (2010). Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive: Entre Tradition et Innovation. In): Avignon. Thèse, 97-130.

Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M. M., & Fernandez, M. L. (2017). Bioactive components in Moringa oleifera leaves protect against chronic disease. *Antioxidants*, 6(4), 1-91.

W

Wang, L., & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312.

Z

Zhao, B., Li, H., Lan, T., Wu, D., & Chen, Z. (2019). Characterization of the Chemical Composition of Chinese Moringa oleifera Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 523-533.

Zhong, J., Wang, Y., Yang, R., Liu, X., Yang, Q., & Qin, X. (2018). The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from Moringa oleifera seeds. *Industrial Crops and Products*, 120, 1-10.

Zongo, U., Savadogo, A., Zoungrana, S., Sékoné, P., & Traoré, A. (2013). Intérêt nutritionnel de *Moringa oleifera* Lam. (syn. *Moringa pterygosperma* CF Gaertn.).

Sites électroniques

www.moringanews.org

www.moringalia.com

www.wikipedia.org

Glossaires

Graines orthodoxe : La déshydratation des graines au cours de leurs maturation.

Nappe phréatique : C'est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur.

Floculant : Coagulant.

La siccativité : c'est l'aptitude à sécher à l'air, lié au nombre d'insaturation.

Résumé

Le *Moringa Oleifera* est un arbre originaire du continent indien mais naturalisé dans plusieurs pays à travers le monde. L'objectif de cette étude est la contribution à des techniques d'extraction de l'huile des graines de *Moringa Oleifera* cultivées en Algérie, plus exactement, à Tamenrasset. Au cours de cette étude, de différentes méthodes d'extraction de l'huile ont été utilisées, notamment le Soxhlet et l'ultrason dont on a obtenu 64,53% en prenant 30g de la poudre des graines de Moringa et 45,5% avec prise d'essai d'un gramme, respectivement. Le suivi des paramètres physico-chimiques nous a conduit à obtenir une densité de 0,89 (20 min/20°C (g/L), un indice de réfraction de 1,47, un l'indice d'acide de 3,39 mg KOH/g, un indice peroxyde de 9,12 Meq/kg et une absorbance spécifique de 1,06 à 232 nm et 0,9 à 270 nm. Ces critères nous informent sur l'état, stabilité oxydative de l'huile et la qualité nutritionnel de cette dernière.

Mots clés: *Moringa Oleifera*, graines, huile, extraction, Soxhlet, Ultrason, paramètre physico-chimiques, oxydation.

Abstract

Moringa Oleifera is a tree native to the Indian continent but naturalized in several countries around the world. The objective of this study is to contribute to techniques for extracting oil from *Moringa Oleifera* seeds grown in Algeria, more precisely in Tamenrasset. During this study, different methods of oil extraction were used, including Soxhlet and ultrasound, of which 64.53% was obtained by taking 30g of the powder from the Moringa seeds and 45.5% with a test dose of one gram, respectively. Monitoring of physico-chemical parameters led us to obtain a density of 0.89 (20 min/20°C (g/L), a refractive index of 1.47, an acid number of 3.39 mg KOH/g, a peroxide value of 9.12 Meq/kg and a specific absorbance of 1.06 at 232 nm and 0.9 at 270 nm. These criteria inform us about the condition, oxidative stability and nutritional quality of the oil.

Keys words: *Moringa Oleifera*, seeds, oil, extraction, Soxhlet, Ultrasound, physico-chemical parameters, oxidation.

ملخص

المورينجا أوليفيرا هي شجرة موطنها القارة الهندية ولكنها متجنسة في العديد من البلدان حول العالم. الهدف من هذه الدراسة هو المساهمة في تقنيات استخلاص الزيت من بذور المورينجا أوليفيرا المزروعة في الجزائر ، بشكل أكثر دقة ، في ولاية تمنراست. خلال هذه الدراسة تم استخدام طرق مختلفة لاستخراج الزيوت منها سوكسليت والموجات فوق الصوتية والتي تم الحصول عليها بنسبة 64.53% بأخذ 30 جرام من مسحوق بذور المورينجا و 45.5% مع جزء اختبار غرام واحد ، على التوالي. قادتنا مراقبة المعلمات الفيزيائية والكيميائية إلى الحصول على كثافة تبلغ 0.89 (20 دقيقة / 20 درجة مئوية (جم / جم ، قيمة البيروكسيد 9.12 ميقايل / كجم وامتصاص محدد / KOH لتر) ، معامل انكسار 1.47 ، رقم حمضي 3 ، 39 مجم 1.06 عند 232 نانومتر و 0.9 عند 270 نانومتر. تخبرنا هذه المعايير عن الحالة ، الاستقرار التأكسدي للزيت والجودة الغذائية لهذا الأخير.

الكلمات المفتاحية: المورينجا أوليفيرا ، البذور ، الزيت ، الاستخلاص ، سوكسليت ، الموجات فوق الصوتية ، المعلمة الفيزيائية الكيميائية ، الأوكسدة.