



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biochimie et Biologie Cellulaire et
Moléculaire

قسم: كيمياء حيوية والبيولوجيا خلوية وجزيئية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Screening phytochimique et l'évaluation d'activité
antimicrobienne des feuilles de Moringa
(*Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala*)**

Présenté par : Bouaichi Achwak
Djehri Serine

Le :13 /06/2024

Jury d'évaluation :

Président : Kassa. L. M (MC(A) - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Zeghibid Nassim Lotfi (MC(B) - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examineur(s) : Aya Sofia Bouchoukh (Dr - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Année universitaire
2023 - 2024



Remerciement

*Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers le « **Bon Dieu** » tout-puissant pour nous avoir accordé la patience, le courage et la volonté indispensables pour mener à bien ce modeste projet.*

*Nous souhaitons également exprimer notre sincère respect et reconnaissance envers **M. Zeghbid Nassim Lotfi**, qui a accepté de nous encadrer. Nous lui sommes reconnaissants pour sa patience, sa confiance et ses précieux conseils qui ont grandement contribué à la réussite de notre tâche.*

*Nous adressons nos remerciements à Madame la Présidente **Kassa.L.M** et à Madame l'Examinatrice **Aya Sofia Bouchoukh** pour l'honneur qu'elles nous ont fait en acceptant d'examiner, corriger et évaluer notre travail de manière approfondie.*

*Nos vifs remerciements à **M. Boudersa Nabil**, à **Mme Sedrati Soumia**, ingénieure de laboratoire de microbiologie, pour leur modestie et leur générosité, ainsi qu'à la chimiste **Siham Djéberi**, responsable du laboratoire de chimie au niveau d'ENSB pour son assistance et bienveillance.*

*Un grand merci également à tout le personnel de l'unité de production-transformation-commercialisation de Moringa à Oued Souf, en particulier à **M. Khabbab Allal***





Dédicace

À la fin de ces années d'études, je suis ravi de consacrer ce modeste travail en signe de respect et de gratitude.

Aux chers parents,

Abd el Majid et Samia. Ma réussite professionnelle a été basée sur votre soutien inébranlable et votre amour inconditionnel. Je vous remercie pour vos conseils, vos encouragements et votre dévouement inébranlable. Je vous adresse mes réussites avec une reconnaissance sincère et un amour inconditionnel.

À ma chère sœur Chiraz,

Tu représentes une véritable source d'inspiration et de puissance, Tu m'as fait comprendre l'importance du courage, de la résilience et de la volonté. Ton exemple et ton affection m'ont encouragé à continuer et à avoir confiance en moi.

À mon cher frère Anis,

À mes cousines bien-aimées,

J'ai pu constater l'importance de la famille, de la solidarité et de l'amour. Ma détermination et mon succès ont été renforcés grâce à votre exemple et à votre présence apaisante.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers ma binôme préférée, Achwak, pour tous les instants partagés et pour ton soutien indéniable. Je vous remercie sincèrement.

Serine





Dédicace

Je souhaite dédier cette humble réalisation, fruit de mes efforts assidus, à

Ma très chère grand-mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai quoi te remercier comme il se doit.

Mes chères parentes

*Nour Eddine et Laila vous étiez toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long
de ces années d'études*

Mon oncle

Votre soutien a été essentiel pour mon succès professionnel.

Mes chères sœurs et frère

*Ramla, Soundous et Zine Eddine vous étiez ma source de joie et de bonheur,
particulièrement à ma grande sœur Wiam et son mari Hidjez pour l'amour, la confiance et
le soutien inconditionnel*

Mes neveux Djoud and Adem

Toute la famille

Toute mes amies

*A ma collègue Serine, pour toutes les épreuves et moments partagés ensemble je te remercie
pour ton soutien.*



Achwak

Screening phytochimique et l'évaluation d'activité antimicrobienne des feuilles de Moringa

(*Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala*)

Résumé

La famille Moringaceae considéré comme l'un des arbres de médecine traditionnelle les plus utiles et riche au monde. C'est un arbuste originaire du sud d'Asie, Afrique. Elle possède des propriétés nutritionnelles, thérapeutique et biologique importante qui lui confèrent un grand intérêt scientifique.

Cette plante, souvent décrite sous les noms « Arbre miracle » « Arbre aux mille vertus » et « Le don de dieux à l'homme » comprend plus de 13 espèces parmi lesquelles les plus connus sont le *Moringa Oleifera* et le *Moringa stenopetala* dans le sud algérien.

Notre étude porte sur la mise en évidence des métabolites secondaires dans le filtrat hydro -méthanolique obtenu par macération des feuilles pendants 72h dans le méthanol aqueux. L'objectif est déterminé et détecter la teneur des molécules bioactives au niveau des feuilles de *Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala*.

Les résultats de ce test qualitatif ainsi que les valeurs nutritives des feuilles ont permis affirmer la richesse de ces deux espèces en métabolites secondaires tell que les polyphénols, tanins, stéroïdes et alcaloïdes avec une différence quantitative.

Concernant l'évaluation du pouvoir antimicrobien réalisée sur quatre souches bactériennes, *Escherichia coli*, *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, et une levure *Candida albicans*, en référence à deux antibiotiques, ampicillines et aztreonam selon la méthode de diffusion sur disque.

Les résultats montrent que ces deux espèces, possède une activité antimicrobiennes significative contre les bactéries et la levure avec différents diamètres d'inhibition.

Mots clés : Moringaceae, *Moringa oleifera*, *Moringa stenopetala*, polyphénol, Tanins, Stéroïdes, Alcaloïdes, screening phytochimique, activité antimicrobienne.

Phytochemical screening and antimicrobial activity assessment of Moringa leaves

(Moringa oleifera and Moringa stenopetala)

Summary

The Moringaceae family is considered one of the most useful and richest traditional medicinal trees in the world. It is a shrub native to South Asia and Africa, possessing significant nutritional, therapeutic, and biological properties that grant its great scientific interest.

This plant, often described under the names « Miracle Tree », « Tree of a Thousand Virtues » and « God's Gift to Man » comprises over 13 species, among which the most well-known are *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* in southern Algeria.

Our study focuses on the detection of secondary metabolites in the hydro-methanolic filtrate obtained by macerating for 72 hours in aqueous methanol. The objective is to determine and detect the content of bioactive molecules in the leaves of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala*.

The results of this qualitative test, as well as the nutritional values of the leaves, confirm the richness of these two species in secondary metabolites such as polyphenols, tannins, stéroïdes, and alkaloids, with quantitative differences.

Regarding the evaluation of antimicrobial activity carried out on four bacterial strains, *Escherichia coli*, *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa*, and one yeast, *Candida albicans*, with reference to two antibiotics, ampicillin and aztreonam, according to the disk diffusion method.

The results show that these two species possess significant antimicrobial activity against bacteria and yeast, with varying inhibition diameters.

Keywords: Moringaceae, *Moringa oleifera*, *Moringa stenopetala*, polyphenol, tannins, steroids, alkaloids, phytochemical screening, antimicrobial activity.

الفحص الكيميائي النباتي وتقييم النشاط المضاد للميكروبات لأوراق مورينجا

(مورينجا أوليفيرا ومورينجا ستينوبتالا)

الملخص

تعتبر عائلة المورينغاسيا واحدة من أشهر الأعشاب التقليدية في شرق آسيا وإفريقيا على مر العصور وذلك لغناها بالعديد من الفوائد الطبية واستخدامها في الطب التقليدي في العالم. فهي تمتلك خصائص غذائية وعلاجية وبيولوجية هامة تمنحها اهتمامًا علميًا كبيرًا. هذه النبتة، التي توصف غالبًا بأسماء مثل "شجرة المعجزات"، "شجرة الألف فضيلة"، و"عطية الله للإنسان"، تضم أكثر من 13 نوعًا، من أبرزها المورينجا أوليفيرا والمورينجا ستينوبتالا في جنوب الجزائر.

تركز دراستنا على الكشف عن المستقلبات الثانوية في الراشح الهيدرو-ميثانولي الذي تم الحصول عليه من خلال نقع الأوراق لمدة 72 ساعة في الميثانول المائي. الهدف هو تحديد واكتشاف محتوى الجزيئات النشطة بيولوجيًا في أوراق مورينجا أوليفيرا ومورينجا ستينوبتالا.

أكدت نتائج هذا الاختبار النوعي، بالإضافة إلى القيم الغذائية للأوراق، على غنى هذين النوعين المستقلبات الثانوية مثل البوليفينول، التانينات، الستيرويدات، والقلويدات، مع اختلافات كمية.

فيما يتعلق بتقييم النشاط المضاد للميكروبات الذي أجري على أربع سلالات بكتيرية: الإشريكية القولونية، العصوية الرقيقة، المكورات العنقودية الذهبية والزائفة الزنجارية وبالنسبة للخميرة المبيضات البيضاء بالإرجاع إلى مضادين حيويين أمبيسيلين وأزترينونام. وفقًا لطريقة انتشار القرص.

تبين النتائج أن هذين النوعين، يمتلكان نشاطًا مضادًا للميكروبات مهمًا ضد البكتيريا والخميرة بأقطار تثبيط متفاوتة.

الكلمات المفتاحية: المورينجا، مورينجا أوليفيرا، مورينجا ستينوبتالا، البوليفينول، التانينات، الستيرويدات، القلويدات، الفحص الكيميائي النباتي، النشاط المضاد للميكروبات.

Table des matières

Liste d'abréviation

Liste de figure

Liste de tableau

Introduction..... 1

Partie théorique

Chapitre 01 : Revue bibliographique

Partie 01 : Généralité sur la plante Moringa	2
1. Historique.....	2
2. Origine et distribution	3
3. Taxonomie et dénomination :	3
4. Description botanique.....	4
4.1 <i>Moringa oleifera</i>.....	4
4.2 <i>Moringa Stenopetala</i>	8
5. Aspects écologiques et agroécologiques	12
5.1 <i>Moringa oleifera</i>.....	12
5.2 <i>Moringa Stenopetala</i>	13
6. Valeur nutritive du Moringa	14
6.1 Composition des feuilles	14
6.2 Composition des fleurs.....	16
6.3 Composition des grains.....	17

7. Intérêt et bienfait de Moringa.....	18
7.1 Intérêt écologique (Voir Annexe 1).....	19
7.2 Intérêt nutritionnelle (Voir Annexe 2)	19
7.3 Intérêt médicinale	19
7.4 Intérêt cosmétique.....	19
Partie 02 : Activité biologique	21
1. Activité biologique d'arbre de Moringa	21
1.1 Activité antioxydante	21
1.2 Activité antiinflammatoire	22
1.3 Activité antibactérienne et antifongique	22
1.4 Activité antidiabétique et hypoglycémiant.....	23

Partie pratique

Chapitre 02 : Métabolites secondaires

1. Généralités sur les métabolites secondaires.....	24
2. Classification.....	24
3. Les polyphénols.....	25
3.1 Définition	25
3.2 Classification	25
3.2.1 Les flavonoïdes	27
3.2.2 Les tanins	29
3.2.3 Les quinones	30
4. Les terpènes et terpénoïdes.....	31
4.1 Définition	31
4.2 Classification	31
4.3 Les stérols	32
4.4 Les saponines.....	33
5. Les alcaloïdes.....	34

5.1. Définition	34
5.2 Classification	34

Chapitre 03 : Matériels et Méthodes

1. Matériel végétale	36
1.1 Origine et provenance des échantillons.....	36
1.2 Préparation des échantillons	36
2. Méthodes.....	37
2.1 Étude physicochimique (screening phytochimique)	37
2.1.1 Extraction par macération dans le méthanol aqueux (extraction solide/liquide).....	38
2.1.2 Concentration à sec de l'extrait	39
2.2 Les criblages de métabolites secondaires	40
2.3 Études de l'activité antimicrobienne des extraits des feuilles de Moringa	43
2.3.1 Souches microbiennes testés.....	43
2.3.2 Le principe de travailles	45
2.3.3 Mode opératoire	46

Chapitre 04 : Résultats et discussion

1. Screening phytochimique.....	48
1.1 Résultat	48
1.2 Discussion de résultat	50
2. Activité antimicrobienne des extraits.....	54
2.1 Résultats.....	55
2.2 Discussion de résultat de premier tableau	56
2.3 Discussion de résultat de deuxième tableau	60
2.4 Comparaison entre les résultats de deux extraits	63

Conclusion.....	46
Références bibliographiques.....	63
Annexe.....	76
Annexe 01.....	77
Annexe 02.....	78
Annexe 03.....	79

Liste des abréviations

B. spizizenii	Bacillus spizizenii
Bi (NO₃)₃	Nitrate de bismuth
C. albicans	Candida albicans
C₄H₆O₃	Anhydride acétique
C₆H₃N₃O₇	Acide picrique
Cal	Calories
CH₃COOH	Acide acétique
Cm	Centimètre
D	Disque
DPPH	Diphénylpicrylhydrazyle
E. coli	Escherichia coli
g	Gramme
H₂SO₄	Acide sulfurique
Hcl	Chlorure d'hydrogène
HgCl₂	Chlorure de mercure (II)
Kcal	Kilocalories
Kg	Kilogramme
Ki	L'iodure de potassium
KoH	Hydroxyde de potassium
Lam	Lamarck
LDL	Low Density Lipoprotéine ou lipoprotéine de basse densité
m	Mètre
M	Moringa

M. S	Moringa stenopetala
M.O	Moringa oleifera
mg	Milligramme
Mg	Magnésium
mm	Millimètre
NaOH	Hydroxyde de sodium
P. aeruginosa	Pseudomonas aeruginosa
S. aureus	Staphylococcus aureus
β	Beta
UI	Unité International
VLDL	Very Low Density Lipoprotéine ou lipoprotéine de très basse densité

Liste des figures

Figure 01: La distribution de la plante Moringa dans le monde (Saini, 2016).....	3
Figure 02 : Jeune arbre de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	5
Figure 03 : Racines de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	6
Figure 04 : Feuilles de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	6
Figure 05 : Fleures de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	7
Figure 06 : Fruits de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	8
Figure 07: Graine de <i>M. oleifera</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).	8
Figure 08: Jeune arbre de <i>M. stenopetala</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	9
Figure 09 : Feuilles de <i>M. stenopetala</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).....	10
Figure 10 : Fleurs de <i>M. stenopetala</i> (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).	10
Figure 11 : Graines de <i>M. stenopetala</i> (Prise par auteur).	12
Figure 12: Classification des polyphénols (Beconcini, 2020).	26
Figure 13 : Structures flavonoïdes de base (Tsao, 2010).....	27
Figure 14 : Principales anthocyanidines (Tsao, 2010).....	28
Figure 15 : Structures des tanins hydrolysables (Bouaziz, 2014).....	29
Figure 16 : Structure des tanins condensés (Bouaziz, 2014).	30
Figure 17 : Structures de quelques quinones (Koné, 2018).	31
Figure 18 : Structures moléculaires des terpènes (Saab, 2017).	32
Figure 19 : Structure basic de stérols (Koné, 2018).....	32
Figure 20 : Structures de deux saponines (Koné, 2018).	33
Figure 21 : Classes et exemples d'alcaloïdes (Houfani, 2022).....	35
Figure 22 : Feuilles de Moringa après le séchage. M. O : <i>M. oleifera</i> , M. S : <i>M. stenopetala</i> (Prise par auteur).....	36
Figure 23 : Poudre des feuilles de Moringa. M.O : <i>M. oleifera</i> , M.S : <i>M. stenopetala</i> (Prise par auteur).	37
Figure 24 : Agitation de mélange (Matière végétale et méthanol aqueux) (Prise par auteur).	38
Figure 25 : Appareil Rota-vapeur (Prise par auteur).....	39
Figure 26 : Les deux extraits hydro-méthanolique après évaporation (Prise par auteur).	40
Figure 27 : (A) : milieu de GMH, (B) : milieu GMH couler dans les boites des Pétri (Prise par auteur)...	46
Figure 28 : (E₁) : Concentrations d'extrait de M.O, (E₂) : concentrations d'extrait de M.S (Prise par auteur).....	46
Figure 29: L'ensemencement des souches bactériennes (Prise par auteur).	47

Figure 30 : La déposition des disques avec extraits dans le milieu de culture (Prise par auteur).	47
Figure 31 : Résultat de criblage des flavonoïdes.	50
Figure 32 : Résultat de criblage des anthocyanes.	51
Figure 33 : Résultat de criblage des tanins.....	51
Figure 34 : Résultat de criblage des stéroïdes, stérols et triptènes.	52
Figure 35 : Résultat de criblage des quinones et anthraquinones.	53
Figure 36 : Résultat de criblage des saponosides.....	53
Figure 37 : Résultat de criblage des alcaloïdes.	54
Figure 38 : Histogramme récapitule les zones d'inhibition d'extrait de <i>M. oleifera</i>	56
Figure 39 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur <i>E. coli</i> . T : Témoin positif (ATM), négatif (Méthanol).	57
Figure 40 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M. O sur <i>B. spizizenii</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	57
Figure 41 : Photo représentative des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations d'extrait de M.O sur <i>S. aureus</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	58
Figure 42 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur <i>P. aeruginosa</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	58
Figure 43 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur <i>C. albicans</i> . T : Témoin positif (AMT), négatif (Méthanol).	59
Figure 44 : Histogramme récapitule les zones d'inhibition d'extrait de <i>M. stenopetala</i>	60
Figure 45 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur <i>E. coli</i> . T : Témoin positif (ATM), négatif (Méthanol.	61
Figure 46 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M. S sur <i>B. spizizenii</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	61
Figure 47 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur <i>S. aureus</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	62
Figure 48 : Photo représentative des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations d'extrait de M. S sur <i>P. aeruginosa</i> . T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).	62
Figure 49 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur <i>C. albicans</i> . T : Témoin positif (AMT), négatif (Méthanol).	63

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification systématique de A : <i>M. Oleifera</i>	4
Tableau 02 : Exigence environnementale pour le Moringa.....	12
Tableau 03 : Composition en éléments nutritifs des feuilles de <i>M. oleifera</i>	15
Tableau 04 : Composition en éléments nutritifs des feuilles de <i>M. stenopetala</i>	16
Tableau 05 : Composition en éléments nutritifs de la fleur de Moringa	17
Tableau 06 : Composition immédiate des graines de <i>M. stenopetala</i>	18
Tableau 07 : Les souches bactériens référencés	44
Tableau 08 : Résultats de mise en évidences des métabolites secondaires d'espèce <i>M. oleifera</i>	48
Tableau 09 : Résultats de mise en évidences des métabolites secondaires d'espèce <i>M. stenopetala</i> .	49
Tableau 10 : Diamètre de la zone d'inhibition d'extrait de <i>M, oleifera</i> en fonction des concentrations.	56
Tableau 11 : Diamètre de la zone d'inhibition d'extrait de <i>M. stenopetala</i> en fonction des concentrations	59
Tableau 12 : Diamètre de la zone d'inhibition des deux extraits de Moringa en fonction des concentrations	64

Introduction

Depuis de nombreuses générations, les plantes sont un précieux trésor que la nature offre à l'humanité.

En tant qu'élément médical et thérapeutique, la majorité de la population mondiale a utilisé des plantes et des arbres dans le domaine de la médecine traditionnelle et dans la production de médicaments à partir de ces plantes pour diverses affections, grâce à des molécules actives qui possèdent des propriétés médicinales.

Les plantes sont la source principale de substances actives où au moins 35 000 espèces sont utilisées dans le monde. L'Algérie avec sa diversité de climats et de sols, sa situation géographique et ses reliefs, présente une flore de 3 510 espèces dont 450 espèces sont répertoriées dans les hauts plateaux et le grand sud du pays (Mouas, 2017).

La plante de Moringa, elle est considérée comme l'un des arbres les plus utiles au monde, car presque toutes les parties de l'arbre Moringa peuvent être utilisées à des fins alimentaires, médicamenteuses et industrielles (Moyo, 2011).

Moringa oleifera et *Moringa stenopetala* sont les deux espèces les plus communes parmi les 13 espèces de la famille du Moringa. *M. oleifera* est originaire de l'Himalaya et *M. stenopetala* est endémique d'Afrique de l'Est (Bosch, 2004). Toutes les parties de l'arbre, à l'exception du bois, sont comestibles, fournissant un aliment très nutritif pour les humains et les animaux (Mikore, 2017).

Notre recherche vise à évaluer la quantité de métabolismes secondaires présents dans l'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* et *stenopetala*, ainsi que l'évolution de leurs activités antimicrobiennes sur des souches microbiennes sélectionnées pour notre étude.

Ce manuscrit est structuré en deux parties principales :

- La première partie est consacrée à la théorie, comprenant deux chapitres, le premier présent une synthèse bibliographique sur les deux espèces de Moringa et leurs activités biologiques, tandis que le deuxième chapitre traite leurs métabolismes secondaires.
- La partie pratique est divisée en deux chapitres : le premier aborde les équipements et méthodes utilisés pour réaliser ce travail, tandis que le deuxième chapitre examine les résultats obtenus dans cette étude.
- Enfin, une conclusion met en lumière les principaux résultats de notre travail.

Chapitre 01

Revue bibliographie

Partie 01 : Généralité sur la plante Moringa

1. Historique

Historiquement, le Moringa s'appelait à l'origine « Nebedaye », ce qui signifie « celui qui ne meurt jamais ». La plante a été découverte vers 2000 avant Jésus Christe dans la région nord de l'Inde. Les efficacités de la plante ont été découvertes très tôt par les médecins traditionnels de l'Inde, ce qui a valu à la plante d'être surnommée « l'arbre miracle ». Grâce à son efficacité après consommation par les familles royales, la plante est devenue plus tard partie intégrante de l'ancienne tradition de la médecine ayurvédique. On croyait dans l'Inde ancienne que les propriétés médicinales de la plante étaient capables de fournir la force et l'énergie nécessaires aux soldats sur les fronts de guerre, ainsi que de soulager le stress et les blessures subies pendant la bataille. L'huile extraite de la plante était d'une grande valeur parmi les anciens Égyptiens, utilisée à la place de la crème solaire, mais les divers effets précieux de la plante moringa sur la santé humaine ont été découverts par les anciens Grecs en Europe, puis se sont répandus dans tout l'Empire romain lorsqu'ils ont été introduits dans l'Empire romain. Depuis lors, l'usine de moringa s'est également répandue dans de nombreux autres pays du monde (reNature, 2022).

Tout d'abord, le *Moringa oleifera* est considérée comme plante médicinale, elle est particulièrement utilisée en médecine Ayurvédique, reconnue pour prévenir près de 300 maladies. Aujourd'hui, le *Moringa oleifera* est extrêmement populaire sur le continent américain et conquiert petit à petit l'Europe et la France. Désormais classé en tant que « Super Food » (superaliment), le Moringa est considéré comme une plante miracle : non seulement sa consommation est bénéfique pour l'organisme humain, mais sa plantation soutient aussi notre écosystème (ANOTHER TREE, 2024).

En revanche, le *Moringa stenopetala*. On l'appelle aussi la moringa sauvage ou la moringa africaine.

Depuis des siècles, les habitants locaux ont employé cette plante en raison de ses multiples vertus médicinales et nutritionnelles et applications nutraceutiques. Les feuilles, les fleurs, les graines et les racines du *Moringa stenopetala* sont toutes employées dans le domaine médical (Tesfaye, 2022).

2. Origine et distribution

Les espèces de Moringa sont toutes originaires d'Asie, d'où elles se sont propagées dans de nombreuses régions du monde, par exemple, *M. stenopetala* est observé au Kenya et en Éthiopie *M. oleifera* se trouve en Inde.

C'est de l'Inde et du Pakistan que la culture de Moringa s'est étendue vers l'Égypte puis l'Afrique et a gagné la Méditerranée et finalement les Indes Occidentales (les Antilles et l'Amérique) (Mallenakuppe R. H., 2019).

Aujourd'hui, le Moringa a une extension géographique très développée et on le retrouve dans la plupart des pays subtropicaux ou tropicaux à saison sèche marquée, voire en zone aride. C'est un arbuste cultivé car il est précieux pour ses nombreuses qualités (Yehe, 2019).

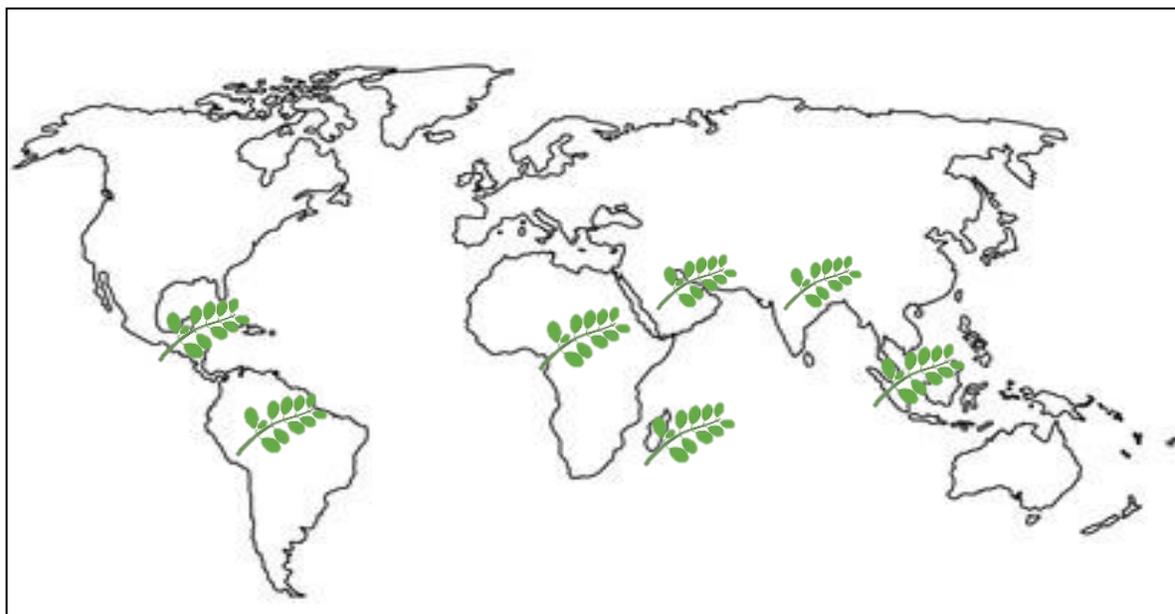


Figure 01: La distribution de la plante Moringa dans le monde (Saini, 2016).

3. Taxonomie et dénomination :

Moringa est un genre de plantes de la famille de Moringaceae. Il existe 13 espèces dans ce genre, qui couvrent une variété très variée d'habitudes ou de formes de croissance, allant des herbes et des arbustes aux arbres de grande taille (Heredia, 2021).

Tableau 01 : Classification systématique de *Moringa* (Laleye, 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa

Les noms couramment utilisés en anglais pour le *M. oleifera* incluent : moringa, arbre à pilons (du fait que les gousses sont longues, minces et triangulaires), arbre de raifort (du goût des racines qui ressemble au raifort), arbre à huile ben ou arbre à huile de benz (de l'huile extraite des graines) (Spandana, 2016). Il est également appelé benzolive, kelor, marango, mlonge, mulangay, nébéday, saijhan et sajna des noms régionaux (Meena, 2010).

M. stenopetala est appelé en Ethiopie par son nom commun « aleko » ou « Haleko » dans les régions de Gofa (langue Gidola), « Shelagda » ou « telchada » en langue Konso, « Shiferaw » en amharique ou « Saffara » en Boran (Göttsch, 1992 ; Jahn, 1991 ; Verdcourt, 1985 ; Le nom vernaculaire étranger le plus communément adopté pour *M. stenopetala* est « Moringa africain », tandis que d'autres noms incluent chou et Moringa éthiopien (français) (Habtemariam, 2017).

4. Description botanique

4.1 *Moringa oleifera*

Cette plante traditionnelle a été redécouverte dans les années 1990 et sa culture est devenue de plus en plus appréciée en Asie et en Afrique. Elle est un arbre tropical polyvalent, à croissance rapide et tolérant à la sécheresse. Les médias ont surnommé cet arbre « l'arbre miracle » ou « l'arbre de vie » (Heuzé V, 2019).

La présence d'au moins un ou du plus grand nombre de propriétés bénéfiques est associée à tous les éléments de l'arbre Moringa (fruits, graines, feuilles, fleurs, écorce et racines). Chaque partie de l'espèce est généralement utilisée à différentes fins, mais les feuilles sont généralement les plus utilisées partout (Mallenakuppe R. a., 2015).

4.1.1 Arbre

Un arbre qui se développe rapidement, de petite à moyenne taille, mesurant entre 5 et 12 mètres de hauteur, généralement droit (DAO, 2015).



Figure 02 : Jeune arbre de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.1.2 Racine

Une racine tubéreuse blanche, gonflée, à odeur piquante, avec des racines latérales assez clairsemées. Les arbres cultivés à partir de graines présentent une racine pivotante profonde et solide, avec un système à large diffusion d'épaisses racines latérale tubéreuses (Parrotta, 2014).



Figure 03 : Racines de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.1.3 Feuilles

La feuille de Moringa est alterne, de 7 à 60 cm de long, tripennée, avec 4 à 6 paires de folioles vert foncé, elliptiques à obovales et de 1 à 2 cm de long (Heuzé V, 2019).

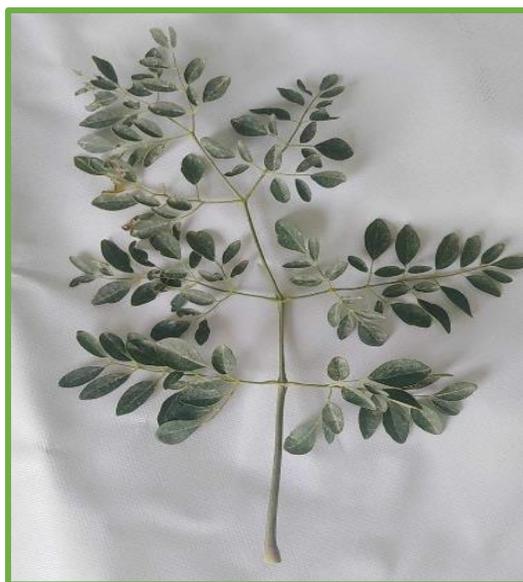


Figure 04 : Feuilles de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.1.4 Fleurs

Les fleurs parfumées, bisexuées, d'un blanc jaunâtre, sont disposées sur des tiges minces et velues, étendues ou tombantes, avec des grappes (panicules) de 10 à 25 cm de long. Les fleurs sont individuellement disposées dans une coupe basale (hypanthium) d'environ 3 mm de long, mesurant environ 0,7 à 1 cm de long et 2 cm de large. Elles présentent cinq pétales spatulés blanc jaunâtre, finement nervurés, cinq étamines avec cinq étamines stériles plus petites (staminodes), et un pistil composé d'un ovaire unicellulaire et d'un corps mince (Parrotta, 2014).



Figure 05 : Fleures de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.1.5 Fruits

Les fruits sont de forme allongée, à trois côtés, avec neuf crêtes longitudinales, de longueur habituelle de 20 à 50 cm, mais parfois jusqu'à 1 m ou plus, et de largeur de 2,0 à 2,5 cm. Les gousses, qui renferment habituellement jusqu'à 26 graines, sont d'un vert foncé pendant leur croissance et prennent environ 3 mois pour être mûres après la floraison. À leur maturité, ils prennent une teinte brune et s'ouvrent longitudinalement le long des trois angles, libérant ainsi les graines brunes et trigones (Parrotta, 2014).



Figure 06 : Fruits de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.1.6 Graines

Les graines ont un diamètre d'environ 1 cm, avec trois ailes de papier blanchâtre sur les angles, Leur poids varie en fonction des variétés, allant de 3 000 à 9 000 graines par kilogramme (Parrotta, 2014)



Figure 07: Graine de *M. oleifera* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.2 *Moringa Stenopetala*

M. stenopetala, communément désigné sous le nom « arbre à choux », est un légume indigène important du sud-ouest de l'Éthiopie, où il est cultivé comme culture alimentaire. Les feuilles de *stenopetala* jouent un rôle crucial dans l'alimentation humaine en raison de leur grande valeur nutritionnelle (Seifu, 2015).

4.2.1 Arbre et racines

Cet arbre à une hauteur de 6 à 12 mètres, un diamètre de 60 cm et une écorce lisse. Elle présente des gousses allongées, d'un rouge à un gris (Seifu, 2015).

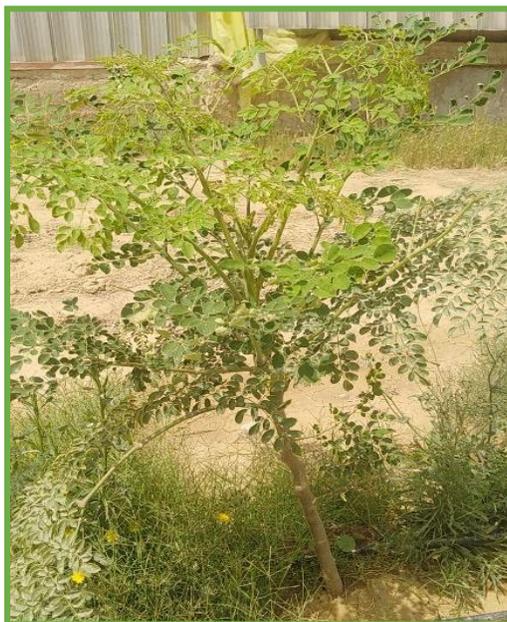


Figure 08: Jeune arbre de *M. stenopetala* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.2.2 Feuilles

Feuilles alternes, mesurant 55 cm de long, 2-3-pennées, avec environ 5 paires de pennes ; stipules absentes, mais pétiole avec des glandes stipitées à la base ; folioles elliptiques à ovales, avec des glandes en forme de stipelles à la base du pétiole, arrondies à cunéiformes à la base, avec un apex aigu et un apicule épaissi (Moringa sp. (Néverdier), 2011).

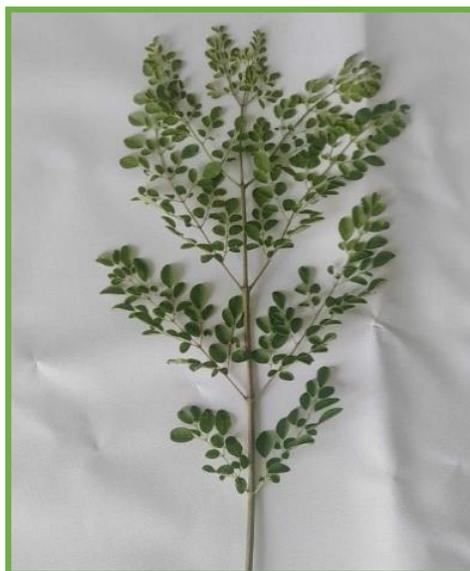


Figure 09 : Feuilles de *M. stenopetala* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.2.3 Fleures

Fleurs bisexuées, régulières, de 5 mères ; sépales libres, de 4 à 7 mm de long, égaux, de couleur crème lave de rose ; pétales libres, oblongs à linéaires-oblongs, de 8 à 10 mm de long, égaux, garnis de longs poils à l'intérieur, blancs jaune pâle ou jaune-vert ; étamines 5, filets de 4 à 6,5 mm de long, anthères jaunes, alternant avec le staminodes ; Ovaire supère, pédoncule, ovoïde, d'environ 2 mm de long, densément poilu, 1-loculaire, étroitement cylindrique, glabre, sans lobes stigmatiques (Moringa sp. (Néverdier), 2011).



Figure 10 : Fleurs de *M. stenopetala* (Prise par Aqua Sud Farm Oued Souf).

4.2.4 Fruits

Des capsules allongées à 3 valves, de 20 à 50 cm de long, cannelées, tordues à l'état jeune, droites ensuite, rougeâtres et couvertes d'une pruine grisâtre, elle renferme de nombreuses graines (Moringa sp. (Néverdier), 2011).



Figure 11 : Fruits de *M. stenopetala* (Cutle, 2018).

4.2.5 Graines

M. stenopetala présente des graines triangulaires, à trois ailes, recouvertes d'un épais tégument jaunâtre et spongieux. Le noyau est d'un gris blanchâtre et ovale, et son épaisseur diminue du centre vers l'une ou l'autre extrémité d'une graine sur toute sa longueur. On a rapporté qu'un seul arbre de *M. stenopetala* âgé de 4 à 13 ans peut donner jusqu'à 4 500 à 10 000 graines de 2,3 à 5 kg à partir d'environ 500 à 1 000 gousses. Selon le même rapport, 1 kg de graines de *M. stenopetala* renferme environ 1795 graines (Seifu, 2015).



Figure 11 : Graines de *M. stenopetala* (Prise par auteur).

5. Aspects écologiques et agroécologiques

5.1 *Moringa oleifera*

Un des arbres tropicaux les plus utiles. Il se propage relativement facilement, aussi bien de manière végétative que sexuée, et il est peu exigeant en eau et matières minérales. Ainsi, sa production et son entretien sont aisés. L'introduction de cette plante au sein d'une ferme dans un environnement riche en biodiversité peut être bénéfique à la fois pour l'exploitant et pour l'écosystème environnant (Agro Produce UK, 2023).

Tableau 02 : Exigence environnementale pour Moringa (AgriMaroc, 2024).

Paramétré	Exigence
Climat	Tropicale ou subtropicale
Altitude / hauteur	0 – 2000 m
Température	25-35°C
Précipitation	250 mm - 2 000 mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou limono-sableux
Ph du sol	Légèrement acide à légèrement alcalin

D'une part elle possède de différentes caractéristiques :

A- Résistance à la sécheresse : le Moringa peut pousser dans des conditions climatiques très sèches, ce qui en fait un choix idéal pour la reforestation des zones arides. Il contribue à lutter contre la désertification dans certaines régions du monde (Agro Produce UK, 2023).

B- Amélioration des sols : les racines profondes du Moringa aident à améliorer la structure et la fertilité du sol. Planter du Moringa sur des terres marginales ou dégradées peut améliorer la fertilité du sol et favoriser la croissance d'autres cultures (Agro Produce UK, 2023).

C- Séquestration du carbone : la plantation de Moringa permet de retirer le dioxyde de carbone de l'air, contribuant ainsi à réduire les émissions de gaz à effet de serre (Agro Produce UK, 2023).

D- Contrôle de l'érosion : les racines denses du Moringa aident à prévenir l'érosion du sol et à réduire les risques de glissements de terrain et de coulées de boue (Agro Produce UK, 2023).

E- Conservation de l'eau : le Moringa peut survivre avec peu d'eau, ce qui en fait une option durable pour les régions soumises à des pénuries d'eau (Agro Produce UK, 2023).

F- Biodiversité : en plantant du Moringa, nous pouvons contribuer à accroître la biodiversité en restaurant des écosystèmes dégradés (Agro Produce UK, 2023).

5.2 *Moringa Stenopetala*

M. stenopetala pousse mieux dans les sols bien drainés et ne pousse pas dans les sols gorgés d'eau ou marécageux). C'est un arbre à croissance rapide, bien adapté aux zones semi-arides où les précipitations annuelles ne dépassent pas 500 mm Il est assez tolérant à la sécheresse ; cependant, il ne supporte pas le gel. Il pousse à une altitude allant de 400 m à 2 100 m au-dessus du niveau de la mer, une température annuelle allant de 2 430°C et une pluviométrie annuelle allant de 5 001 400 mm, *M. stenopetala* est plus résistant aux insectes nuisibles que les autres espèces de sa famille (Seifu, 2015).

6. Valeur nutritive du Moringa

Toutes les parties de cette plante peuvent être utilisées à des fins commerciales ou nutritionnelles, et elle a un profil nutritionnel favorable (Mohamed E Abd El-Hack, 2022). Le Moringa, riche en valeurs nutritionnelles, est utilisé en Asie comme plante légumière et médicinale. Ceci est attribué à la présence de protéines, de vitamines et de divers composés phénoliques dans l'huile. Néanmoins, toutes les parties de l'arbre Moringa sont comestibles et ont été consommées pendant de nombreuses années par l'homme (Alshammaa, 2014).

6.1 Composition des feuilles

Les feuilles de Moringa utilisées comme additif alimentaire pour l'homme et l'animal (Mikore, 2017). Sont particulièrement riches en tocophérols, β -carotène, protéines, vitamines, minéraux et acides aminés essentiels contenant du soufre, rarement présents dans les régimes alimentaires. On peut les consommer fraîches, cuites ou conservées en poudre séchée pendant plusieurs mois sans avoir besoin de les réfrigérer, et il semble qu'elles ne perdent pas de valeur nutritionnelle. La composition en nutriments des feuilles peut varier en fonction de la zone de récolte, du fond génétique, de l'environnement et des méthodes de culture (Djeneba, 2022).

Les feuilles de *M. oleifera* offrent une excellente nutrition et sont considérés comme l'un des légumes tropicaux les plus appréciés (Carine C. Hêdji, 2014). De plus, elles constituent la matière première principale employée dans le secteur alimentaire et cosmétique (Klimek-Szczykutowicz, 2024). Différents chercheurs ont démontré que les feuilles matures renferment moins de protéines que les jeunes feuilles en raison de leur teneur élevée en fibres, en particulier en cellulose brute. Un fait plutôt rare pour une plante, elles contiennent les 10 acides aminés essentiels à l'homme. Elles renferment une quantité considérable de vitamines A, B, C de minéraux tels que le fer, le calcium, le zinc, le sélénium, etc., et sont riches en β -carotène (Carine C. Hêdji, 2014). Ce tableau sert à donner une idée générale de la teneur en éléments nutritifs des feuilles (Thurber, 2009).

Tableau 03 : Composition en éléments nutritifs des feuilles de *M. oleifera* (Thurber, 2009).

	Feuilles fraîches (valeur/100g de partie comestible)	Feuilles séchées (valeur/24 g de partie comestible)
Calories	92 cal	49 cal
Macronutriments		
Protéine	6,70 grammes	6,5 grammes
Graisse	1,70 gramme	0,55 grammes
Glucides	12,5 grammes	9,2 grammes
Micronutriments		
Carotène (vitamine A)	6,78 mg	4,54 mg
Thiamine (B1)	0,06 mg	0,63 mg
Riboflavine (B2)	0,05 mg	4,92 mg
Vitamine C	220 mg	4,15 mg
Calcium	440 mg	480,72 mg
Cuivre	0,07 mg	0,14 mg
Fibre	0,90 gramme	4,61 grammes
Fer	0,85 mg	6,77 mg
Magnésium	42 mg	88,32 mg
Phosphore	70 mg	48,96 mg
Zinc	0,16 mg	0,79 mg
Acides aminés essentiels		
Histidine	149,8 mg	147,12 mg
Isoleucine	299,6 mg	198 mg
Leucine	492,2 mg	468 mg
Lysine	342,4 mg	318 mg
Méthionine + Cystéine	117,7 mg	84 mg
Phénylalanine Tyrosine	310,3 mg	333,12 mg
Thréonine	117,7 mg	285,12 mg
Tryptophane	107 mg	102 mg
Valine	374,5 mg	255,12 mg

Les feuilles de *M. stenopetala* sont principalement cultivées dans le sud de l'Éthiopie et sont consommées comme légume. Ces feuilles possèdent une composition nutritionnelle exceptionnelle. Par rapport à d'autres fruits et légumes, les feuilles de *M. stenopetala* renferment des niveaux élevés de protéines, de calcium et de fer (Ntshambiwa, 2023).

Tableau 04 : Composition en éléments nutritifs des feuilles de *M. stenopetala* (Moringa sp. (Néverdier), 2011).

	Feuilles crues (valeur/100g de matière sèche)
Calories	295 Kcal
Macronutriments	
Protéine	9,0 grammes
Lipides	5,8 grammes
Glucides	51,8 grammes
Micronutriments	
Carotène (vitamine A)	31 UI
Vitamine C	28 mg
Calcium	793 mg
Phosphore	65,6 mg
Fibre	20,8 grammes
Zinc	0,53 mg

6.2 Composition des fleurs

Les fleurs de Moringa ne sont pas seulement belles, elles regorgent également de nutriments et de vitamines essentiels. Ils sont riches en antioxydants, en protéines, en minéraux, en vitamines A et C, en magnésium, en fer et en calcium (Baylis, 2023).

Tableau 05 : Composition en éléments nutritifs de la fleur de Moringa (AGROCONSULT HAITI S, 2016).

Éléments	Composition dans 100 g de produit (Fleur fraîche)	Composition dans 100 g de produit (fleur séchée)
Protéines (g)	8,64	47,97
Matières grasses(g)	1,14	6,34
Cellulose(g)	0,68	3,79
Cendre (g)	0,29	1,61
Glucide(g)	7,28	40,29
Energie (Kcal)	-	410,10
Calcium (mg)	15,76	87,47
Sodium (mg)	10,14	55,98
Potassium (mg)	57,70	320,04
Magnésium (mg)	8,55	47,47
Fer (mg)	4,20	23,34
Zinc (mg)	0,15	0,86

6.3 Composition des grains

Les graines de *M. oleifera* présentent une teneur élevée en protéines, allant de 18,6 % à 37,2 %, en lipides, allant de 14 % à 46 %, et en glucides, allant de 9,17 % à 53,36 %. De plus, l'huile de graines contient des vitamines A, B1 et E, ainsi que des alpha-tocophérols, des gamma-tocophérols et des delta-tocophérols. On retrouve également dans ces aliments des micronutriments et des composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les saponines, les stérols, les phytates et les inhibiteurs de la trypsine.

Les graines de *M. oleifera* renferment une grande quantité de minéraux, tels que le potassium, le phosphore, le sodium, le zinc, le magnésium et le calcium (Saa RW, 2019).

Les graines de *M. stenopetala* sont une excellente source de protéines, d'huile comestible de haute qualité et de nombreux autres composés bénéfiques (Tefera, 2023).

Tableau 06 : Composition immédiate des graines de *M. stenopetala* (Eyassu, 2015).

Variables	Composition (g/100 g)
Matières grasses	41,4 ± 1,59 g
Protéines	42,6 ± 1,42 g
Cendres	4,6 ± 0,21 g
Fibres	5,1 ± 0,27 g
Sucre	-

7. Intérêt et bienfait de Moringa

Depuis longtemps l'homme reconnaît et utilise les plantes pour se nourrir et pour traiter diverses maladies. Selon l'Organisation mondiale de la santé, plus de 80% des populations africaines utilisent la médecine traditionnelle et la pharmacopée pour leur santé primaire soins.

Aujourd'hui encore, la science confirme les différentes vertus des plantes aromatiques, leurs huiles essentielles et leurs extraits bruts dont les domaines d'application sont très variés.

En effet, elles sont très utilisées dans l'industrie alimentaire dans les cosmétiques, les parfumeries aussi Elles rentrent également dans la composition de plusieurs médicaments, sous forme de crèmes, gélules et suppositoires. Leur utilisation s'appelle "l'aromathérapie", qui consiste à utiliser pour le traitement de diverses manifestations pathologiques.

Actuellement, l'arbre Moringa et ses espèces (*M. oleifera*, et *M. Stenopetala*) possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications dans les soins de santé ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux (Tamrat, 2017).

7.1 Intérêt écologique (Voir Annexe 1)

7.2 Intérêt nutritionnelle (Voir Annexe 2)

7.3 Intérêt médicinale

7.3.1 *Moringa oleifera*

M. oleifera est souvent considérée comme une panacée, peut être utilisée pour guérir plus de 300 maladies, aussi elle est utilisée depuis longtemps en phytothérapie par les Indiens et les Africains. (Gopalakrishnan, 2016). Les attributs médicaux et les activités pharmacologiques attribuées aux différentes parties du Moringa sont détaillés dans l'Annex (Kumar, 2010). **(Voire Annex 3)**

7.3.2 *Moringa stenopetala*

Dans la médecine traditionnelle, les feuilles, les racines et les graines de *M. stenopetala* et *M. oleifera* sont très anciennes. Les différentes parties de l'arbre *M. stenopetala* pourraient contenir des substances chimiques pour prévenir les maladies (Seifu, 2015). Les sujets atteints d'hypertension artérielle font cuire les feuilles et boivent de l'eau afin de se soulager. L'utilisation d'un extrait aqueux brut de feuilles de *M. stenopetala* entraînait une diminution significative de la pression artérielle systolique, de la pression artérielle diastolique et de la pression artérielle moyenne chez les cobayes anesthésiés au niveau normal. Les feuilles de *M. stenopetala* sont extraites afin de diminuer les niveaux de glucose et de cholestérol dans le sang (Sardabi, 2022).

D'autre part l'extrait aqueux de feuilles de *M. stenopetala* entraîne une augmentation du poids corporel et une diminution des taux de glucose et de cholestérol dans le sang (Seifu, 2015).

7.4 Intérêt cosmétique

Ces dernières années, une nouvelle tendance qui est apparue dans l'industrie en impliquant des ingrédients multifonctionnels. Ces types de substances se caractérisent par une activité multidirectionnelle, combinant des propriétés biologiquement actives et la capacité de donner aux cosmétiques une forme appropriée ou solutions sont devenues obsolètes telle que les huiles et extraits de plantes exotique. Toutefois, lors des études dans ce domaine, une attention particulière a été portée

sur l'arbre Moringa et ses variétés d'espèces (*M. Oleifera*, *M. Stenopetala*). Étant donné de la présence d'un large spectre de composés bioactifs précieux pour l'industrie cosmétique, la plante possède de puissantes propriétés antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires et contient aussi une teneur élevée en vitamines ces caractéristique ont des effets bénéfiques sur la peau humaine et remplacent avec succès les ingrédients synthétiques (Nizioł-Łukaszewska, 2020).

7.4.1 Huile de graine de Moringa

Le manuel historique d'huile de Moringa est appelé Sigur (se déplace comme une flèche), qui figure en tête de liste des éléments les plus utiles obtenus à partir de l'arbre. Cet Extraite des graines de l'arbre le plus riche en nutriments de la planète, un cadeau de la nature pour votre peau par ses qualités de légèreté, de sécheresse, de fluidité et de piquant. À l'heure actuelle, c'est l'huile le plus recherchée dans l'industrie de la beauté pour par ses qualités de légèreté, de sécheresse, de fluidité et de piquant. Et aussi ses effets anti-âge, cicatrisants et embellissant, où protéger la peau et la guérir des effets nocifs de la pollution environnementale qui est une grande préoccupation pour tout le monde (KAMA AYURVEDA, 2023).

7.4.2 Beurre de moringa

Riche en acides gras Oméga-3, en antioxydants et en vitamines B et C, cet émoullient végétal est connu pour nourrir, revitaliser et exfolier la peau, aidant ainsi à minimiser l'apparence des signes du vieillissement et à améliorer le teint. Son émoullience protège la barrière d'hydratation et favorise une excellente diffusion sur la peau et les cheveux, leur conférant alors douceur et brillance (one soak, s.d.).

Dans une, étude clinique in vivo les résultats montrent qu'après une application des articles testés, la formulation contenant 10 % de beurre de Moringa a augmenté l'hydratation de la peau à chaque instant jusqu'à quatre heures, bien mieux que n'importe quel autre article contenant du beurre. Le bâton anhydre contenant du beurre de moringa a produit une augmentation maximale de l'hydratation cutanée de 55 %, soit plus du double de l'hydratation cutanée produite par n'importe lequel des autres articles testés (Mulugeta, 2014).

7.4.3 Industries de parfum

Les parfumeurs apprécient l'huile pour son grand pouvoir d'absorption et de rétention des odeurs les plus fugitives. Cette huile de Moringa est recherchée car elle est très stable et résistante au rancissement et elle est depuis longtemps appréciée pour sa propriété enflorant par l'industrie de la parfumerie. D'autre part il est utile dans la fabrication de parfums et de produits de coiffure. Car il est connu pour sa capacité à absorber et à retenir les substances volatiles et est donc précieuse dans l'industrie de la parfumerie pour stabiliser les parfums et aussi il contient des antiseptiques et anti-inflammatoires (Mulugeta, 2014).

Partie 02 : Activité biologique

1. Activité biologique d'arbre de Moringa

1.1 Activité antioxydante

Les antioxydants ont une fonction essentielle dans la prévention de diverses maladies liées à l'âge, ainsi que dans l'inhibition et l'élimination des radicaux libres, ce qui offre une protection à l'homme contre les infections et les maladies dégénératives c'est à dire prévenir ou réduire les dommages oxydatifs lors de la transformation de ses antioxydants (Sreelatha, 2009).

En revanche, dans le secteur alimentaire, les antioxydants jouent un rôle crucial dans la préservation des aliments afin d'éviter les dégâts oxydatifs et leurs conséquences néfastes sur la qualité des aliments. Les antioxydants synthétiques comme le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), le gallate de propyle (PG) et la tert-butylhydroquinone (TBHQ) sont fréquemment employés comme additifs alimentaires dans le but d'aliments. Cependant, les évaluations de sécurité in vitro et in vivo ont montré que l'utilisation d'antioxydants synthétiques à des concentrations élevées avait des effets négatifs néfaste.

Aujourd'hui, Les producteurs, fabricants de produits alimentaires et les chercheurs sont donc constamment à la recherche de conservateurs naturels afin de satisfaire les attentes des consommateurs. Les végétaux sont source prédominante de métabolites secondaires qui exercent diverses activités biologiques, notamment une efficacité antioxydante. Selon un récent rapport a montré que, les huiles essentielles de plantes présentent un potentiel antioxydant plus élevé.

À prés une série d'étude et de test sur les deux espèces de moringa :

- Tout d'abord les extraits de feuilles matures et tendres de *M. oleifera* ont une puissante activité antioxydante contre les radicaux libres, préviennent les dommages oxydatifs des principales biomolécules et offrent une protection significative contre les dommages oxydatifs (Sreelatha, 2009).
- La présence de différents composés phénoliques et d'acides organiques aliphatiques dans l'extrait de feuilles de *M. Stenopetala* est limitée (Dessalegn, 2021).

1.2 Activité antiinflammatoire

Il s'agit d'une réaction physiologique du corps qui cherche à préserver l'hôte des blessures causées par des infections bactériennes, des stimuli nocifs et autres (Cui, 2019).

Même si pour beaucoup, la douleur et l'inflammation persistent, peu importe les médicaments disponibles pour le traitement. En outre, il existe de nombreux effets secondaires chez les médicaments disponibles, ce qui a entraîné la recherche de nouveaux médicaments issus de diverses sources, dont les plantes médicinales sont les plus importantes. Il est bien connu que les polysaccharides ont des propriétés anti-inflammatoires et immunomodulatrices. (Tamrat, 2017).

Après avoir effectué une série de tests in vitro sur deux espèces de Moringa, on peut conclure à cette conclusion : En tant que plante médicinale classique, il y a des études qui suggèrent que les feuilles de *Moringa oleifera* pourraient être une source potentielle d'antiinflammatoires dans le traitement des maladies inflammatoires (Sy, 2016). De cette façon, cette plante pourrait servir de source potentielle de composés bioactifs afin de créer de nouveaux médicaments naturels pour traiter les troubles inflammatoires (BENBALIA Ahlem, 2020).

1.3 Activité antibactérienne et antifongique

Il est possible que les huiles essentielles de *Moringa oleifera* soient une source efficace d'agents antimicrobiens naturels polyvalents qui pourraient avoir de nombreuses applications. Dans l'industrie pharmaceutique, par exemple, il est nécessaire de surveiller les diverses bactéries Gram positives et Gram négatives, qui peuvent également être impliquées dans des affections gastro-intestinales.

La mesure de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de Moringa contre divers micro-organismes ouvre la voie à son utilisation en tant que désinfectant ou conservateur naturel dans l'industrie alimentaire, notamment dans les cosmétiques, les parfumeries, les industries de savon et de détergents, avec une utilisation impressionnante. De plus, elles font partie de la composition de divers médicaments, tels que des crèmes, des gélules et des suppositoires. On appelle cette pratique « l'aromathérapie », qui implique l'emploi d'huiles essentielles pour traiter différentes affections (Kaidi, 2023).

1.4 Activité antidiabétique et hypoglycémiante

Le diabète représente un défi majeur pour la santé à l'échelle mondiale. *Moringa oleifera* et son rôle dans la lutte contre les complications associées au diabète chez les individus atteints de diabète. Les résultats des études et des tests in vitro ont démontré que la poudre des feuilles semble avoir une activité hypoglycémiante intéressante à long terme (DADDA, 2021).

Chapitre 02

Métabolites secondaires

1. Généralités sur les métabolites secondaires

Les plantes produisent un large éventail de composés organiques ou de produits naturels, généralement désignés sous le nom de métabolites secondaires (Tiwari, 2015).

Le concept de « métabolite secondaire » a été introduit par A. Kossel en 1891, qui désigne des molécules petites qui sont des intermédiaires ou produits regroupés au sein du règne végétal. Ces dernières années, l'importance croissante des métabolites secondaires a suscité un franc intérêt en tant que source unique de produits pharmaceutiques, d'additifs alimentaires, d'arômes et d'autres matériaux industriels, ainsi que l'utilisation de cultures de cellules végétales (Thirumurugan, 2018).

Même si les métabolites secondaires proviennent des métabolites primaires, ils ont également des fonctions adaptatives, telles que :

- Leurs fonctions en tant que composés de défense ou de signalisation.
- Les molécules jouent un rôle essentiel dans les interactions écologiques : elles favorisent la symbiose, le transport des métaux et également la concurrence.
- En ce qui concerne l'amélioration de la santé humaine, on peut citer les antibiotiques, les inhibiteurs d'enzymes, les immunomodulateurs, les agents antitumoraux et les stimulateurs de croissance des animaux et des plantes.
- Contribuant ainsi à l'amélioration de la productivité agricole : tels que les pesticides, les insecticides, les facteurs qui influencent la compétition et la symbiose écologiques, ainsi que les phéromones (Thirumurugan, 2018).

2. Classification

Plus de 2 140 000 métabolites secondaires sont connus et sont communément classés en fonction de leur grande diversité (Thirumurugan, 2018). De structure chimique (par exemple, ayant des anneaux, contenant un sucre), de composition (contenant de l'azote ou non), de leur solubilité dans divers solvants ou de la voie par laquelle ils sont synthétisés (par ex. phénylpropanoïdes, qui produit des tanins)

Ces métabolites sont classés en trois grandes classes (Tiwari, 2015) :

- Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes, tanins) et les quinones.
- Les terpénoïdes et leurs dérivés.
- Les alcaloïdes.

3. Les polyphénols

3.1 Définition

Les substances phénoliques sont présentes dans les fruits et légumes (amandes), les boissons (thé, vin...) et de nombreux autres produits alimentaires.

En comptant plus de 8 000 composés, les composés phénoliques constituent l'une des familles les plus importantes de métabolites secondaires. De manière structurale, ces composés se distinguent par un noyau benzénique (B, ou noyau aromatique) qui contient un groupement hydroxyle (B-OH) qui peut être libre ou lié à une liaison ester (B-C(=O) O-R) ou éther (B-O-R). Ce noyau est très rigide et très réactif chimiquement en raison de le déplacement d'électrons en résonance dans le plan du cycle formé par les six atomes de carbone (Bouaziz, 2014). Ces composés préservent la plante des agents pathogènes, des radicaux libres d'oxygène, des rayons UV et des parasites (Truzzi, 2021).

Parmi les polyphénols, on retrouve un ensemble de composés variés et répandus. Des flavonoïdes, des tanins et des dérivés phénylpropanoïdes (lignanes, esters, amides hydroxybenzoïques), des xanthones et de nouveaux composés (Fennouche, 2008).

3.2 Classification

Actuellement, plus de 8 000 structures phénoliques sont connues, dont plus de 6000 flavonoïdes ont été repérés (Tsao, 2010).

Malgré cela, La variété et l'étendue des polyphénols présents dans les plantes ont donné lieu à diverses classifications de ces composés naturels (Truzzi, 2021) comportant plusieurs familles : dérivés des acides benzoïques et cinnamique, flavanols, flavones, isoflavones, flavanes, flavanones, chalcones, aurones et stilbène. Certains sont des précurseurs de polymères pariétaux, comme la lignine et la subérine. D'autres sont des polymères intracellulaires tels que les tanins condensés et les tanins hydrolysables (Houfani, 2022).

On a classé les polyphénols en fonction de leur origine, de leur fonction biologique et de leur structure chimique. De plus, la plupart des polyphénols des plantes sont des glycosides avec des unités de sucre et des sucres acylés à des positions différentes dans les squelettes polyphénols. Afin de faciliter les échanges (Tsao, 2010).

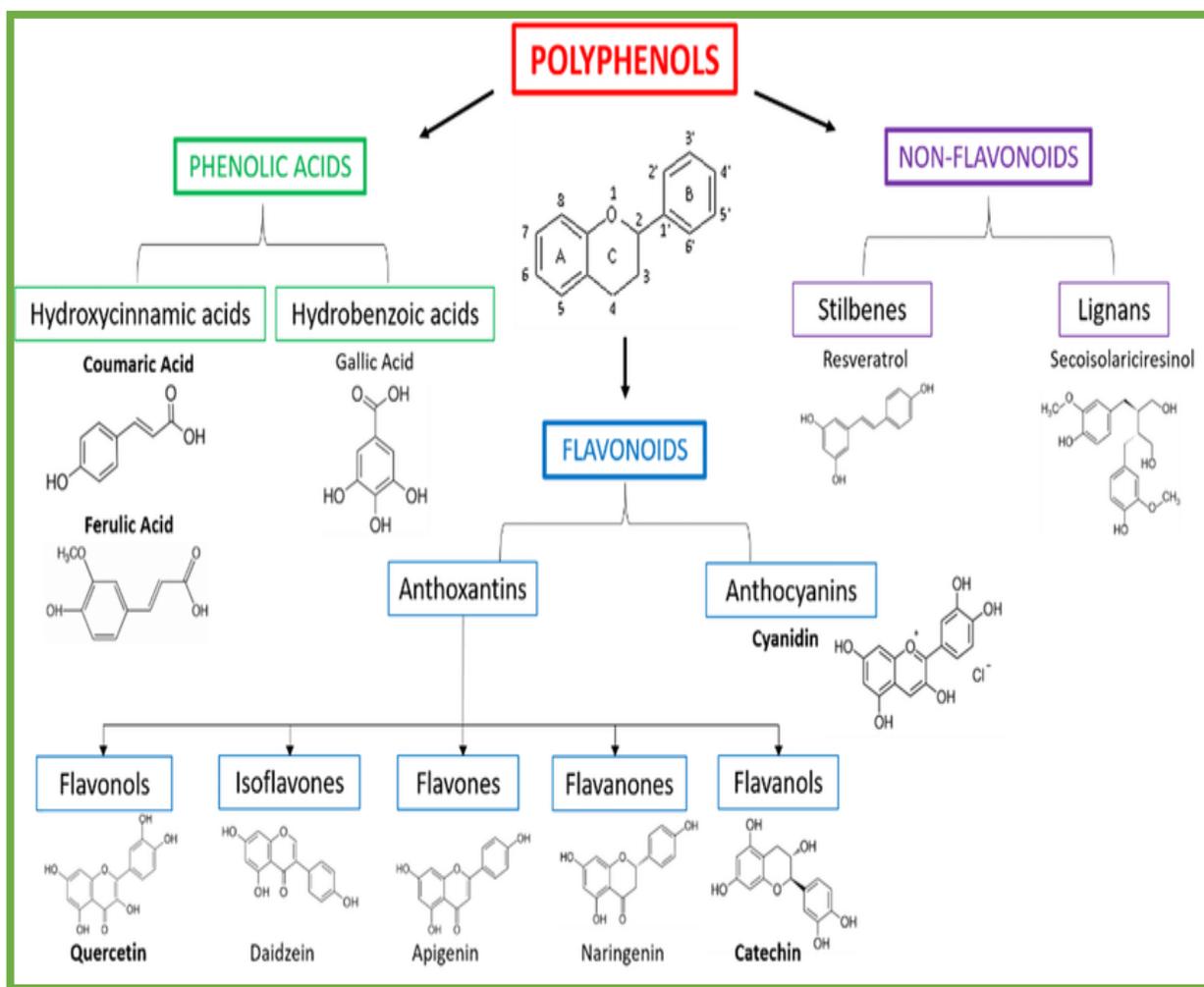


Figure 12: Classification des polyphénols (Beconcini, 2020).

3.2.1 Les flavonoïdes

3.2.1.1 Définition

Chez les végétaux, les flavonoïdes sont répandus et leur nombre ne cesse de croître, avec 6 467 molécules identifiées en 1999. Les flavonoïdes sont également les pigments qui donnent leur couleur aux fruits, légumes et graines. La fonction la plus répandue de ces composés est de produire la couleur des fleurs et des couleurs vives reconnues par les pollinisateurs des plantes, qui sont réparties en neuf sous-parties principales. En raison de leur composition, les flavonoïdes sont similaires au chromane et incluent les flavanols, flavanones et les isoflavanoïdes (Bouaziz, 2014).

3.2.1.2 Structures et classification

Ces composés représentent le système structurel global C6 – C3 – C6, où les deux unités C6 (anneau A et anneau B) sont phénoliques (Tsao, 2010).

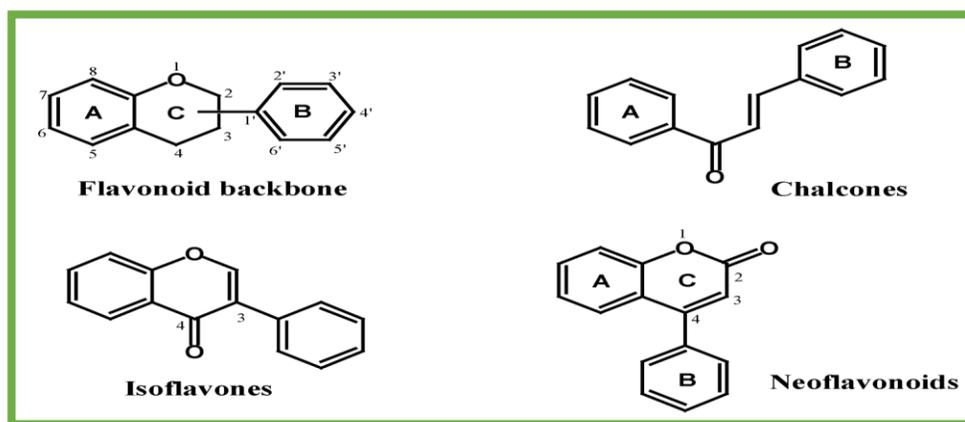


Figure 13 : Structures flavonoïdes de base (Tsao, 2010).

En fonction du modèle d'hydroxylation et des fluctuations du cycle chromane (cycle C), la majorité des flavonoïdes ont leur anneau B fixé à la position C2 de l'anneau C, certains flavonoïdes (isoflavones, néoflavonoïdes) dont l'anneau B est fixé respectivement aux positions C3 et C4 de l'anneau C sont également présents dans les plantes. Même s'ils ne possèdent pas le cycle hétérocyclique C, les chalcones sont toujours considérés comme des flavonoïdes. Les aglycones sont

des structures essentielles des flavonoïdes, mais la plupart de ces composés se trouvent dans les plantes sous forme de glycosides. La majorité des pétales de fleurs, des fruits et légumes, ainsi que de certaines variétés spéciales de céréales, comme le riz noir, contiennent des anthocyanidines qui ont des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et cardioprotectrices.

Celles-ci se trouvent principalement dans les plantes sous des formes glycosidiques, communément appelées anthocyanes.

En réalité, plus de 500 anthocyanes sont identifiés en se basant sur leur hydroxylation, leurs modèles de méthylation sur le cycle B et leur glycosylation avec diverses unités de sucre (17, 25).

Les anthocyanes sont rouges dans les conditions acides et bleues dans les conditions basiques, ce qui explique pourquoi leur couleur varie. Or, la couleur des composés anthocyaniques peut aussi être influencée par d'autres éléments tels que le degré d'hydroxylation ou le modèle de méthylation des cycles aromatiques et le modèle de glycosylation, c'est-à-dire le sucre par rapport au sucre acylé. La stabilité chimique des anthocyanes dans les solutions acides est élevée (Tsao, 2010).

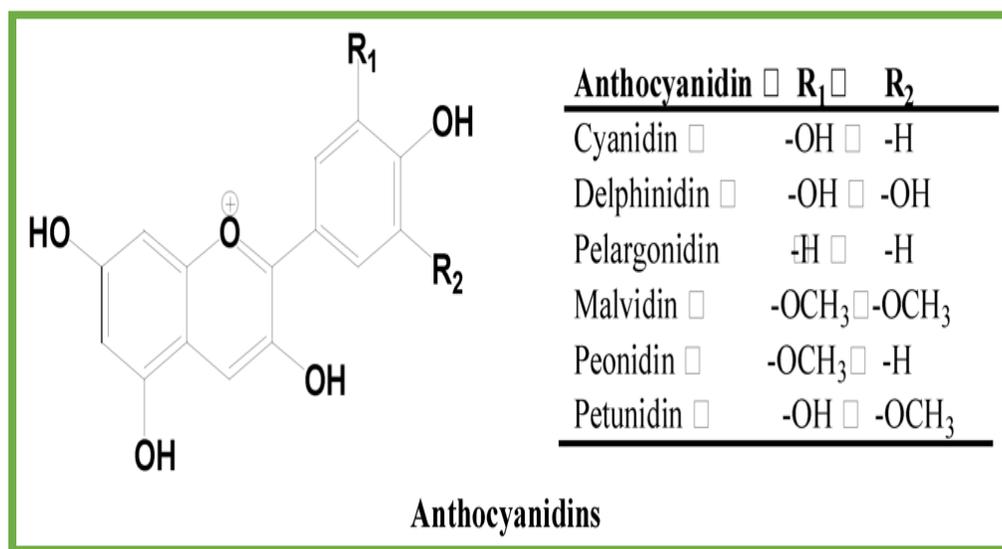


Figure 14 : Principales anthocyanidines (Tsao, 2010).

3.2.2 Les tanins

3.2.2.1 Définition

Les tanins constituent l'un des métabolites secondaires les plus fréquents des plantes, représentant entre 5 % et 10 % du poids sec des feuilles d'une plante. Elle tire son nom du tan, produit de l'écorce du chêne.

Depuis le Moyen Âge, l'écorce du chêne est réduite en poudre pour la fabrication du cuir. Ce procédé a été décrit chimiquement par le chimiste allemand Emil Fischer (prix Nobel 1902), qui a expliqué la composition du tanin et en a fait la synthèse. Cependant, ce processus n'a pas abouti à une mise en œuvre industrielle, car il n'était pas commercialement viable (Bouaziz, 2014).

3.2.2.2 Classification

Ces composés sont classés en deux catégories principales différents par leur structure et par leur source biogénétique : les tanins hydrolysables et les tanins condensés.

- ✚ Les tanins hydrolysables : constitués d'une molécule de glucose ou d'un sucre apparenté provenant de la glycolyse, qui réagit avec une ou plusieurs molécules d'acide phénolique. Il s'agit des tanins galliques et des tanins ellagiques, de l'acide gallique et de l'acide chébulique. Ces acides sont obtenus par la technique des shikimate (Bouaziz, 2014).

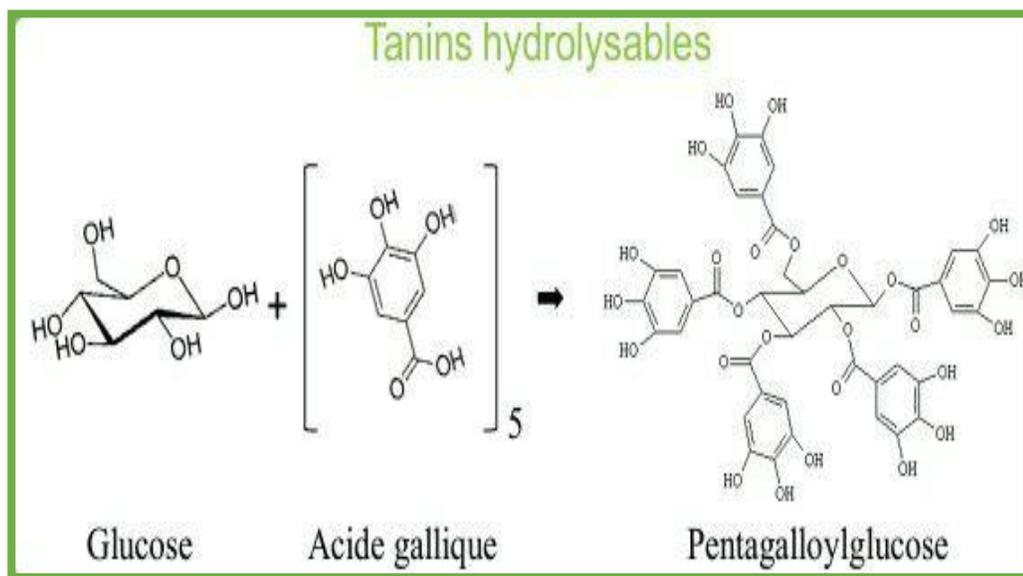


Figure 15 : Structures des tanins hydrolysables (Bouaziz, 2014).

- Les tanins condensés : également connus sous le nom de proanthocyanidines, il s'agit d'oligomères ou de polymères qui lient deux ou plusieurs molécules de flavan-3-ol aux liaisons C-C. Ce sont la catéchine (catéchol) et l'épicatéchine (épicatechol) et d'autres composés phénoliques comme les paracoques. Il est préférable que les tanins se rassemblent dans les vacuoles, ce qui les rend plus complètes (Bouaziz, 2014).

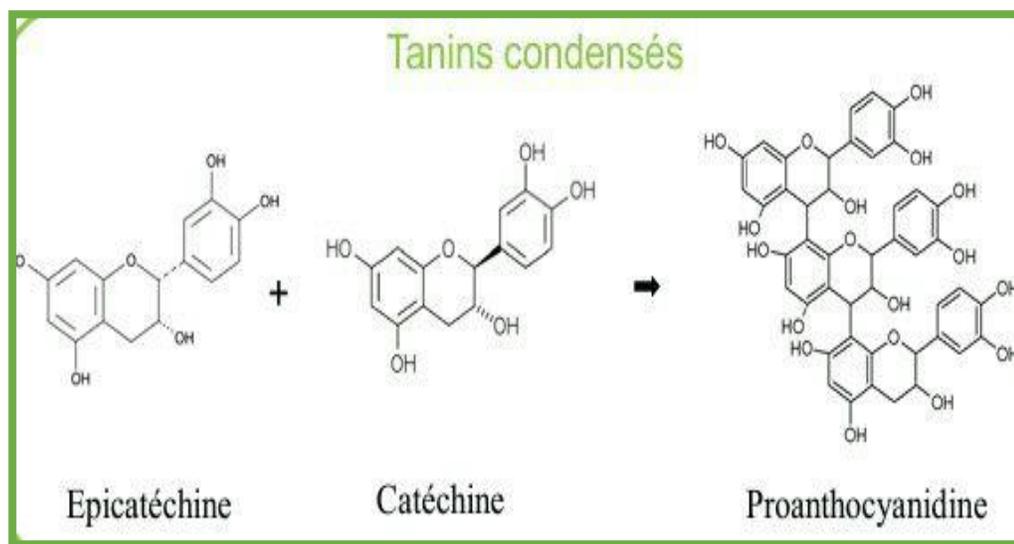


Figure 16 : Structure des tanins condensés (Bouaziz, 2014).

3.2 3 Les quinones

3.2.3.1 Définition

Les quinones sont des diènes plutôt que des composés aromatiques qui ont un noyau de benzène où deux atomes d'hydrogène sont remplacés par deux atomes d'oxygène, créant ainsi deux liaisons carbonyles. Les quinones représentent des substances chimiques solides.

En général, les composés phénoliques se transforment en pigments fortement colorés qui couvrent tout le spectre visible. Ils habitent les parties internes de la plante. Elles ont un rôle crucial dans la respiration des végétaux. Ils jouent le rôle de porteurs d'électrons en transformant les hydroquinones en quinones, ce qui les rend efficaces comme des couples rédox. L'ubiquinone (coenzyme Q) joue un rôle particulier en tant que porte-électrons sur la membrane mitochondriale interne en effectuant un transfert d'électrons pour compléter une pompe à protons dans la production respiratoire. Le rôle des quinones dans les membranes photosynthétiques est essentiel.

Les plastoquinones jouent un double rôle en tant qu'agents d'extinction photochimiques et non photochimiques lors de la photosynthèse (Koné, 2018).

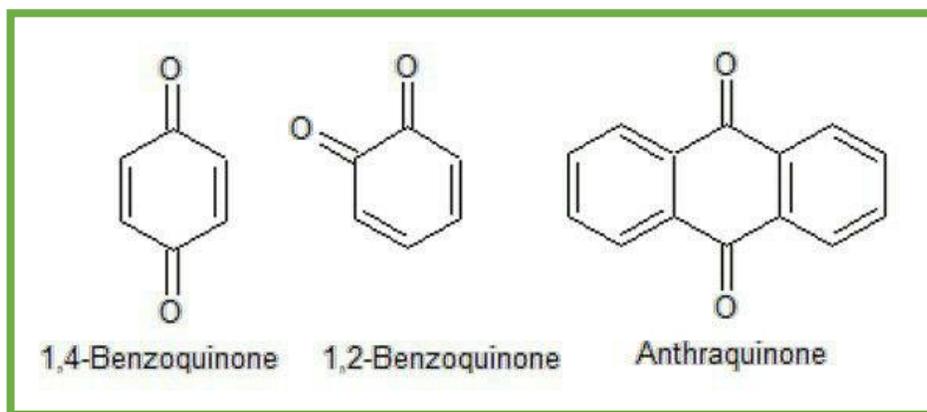


Figure 17 : Structures de quelques quinones (Koné, 2018).

4. Les terpènes et terpénoïdes

4.1 Définition

Les terpènes, ou isoprénoïdes, sont l'une des classes les plus diversifiées de métabolites secondaires. Ces éléments comprennent des arômes et des parfums, des antibiotiques, des hormones végétales et animales, des lipides membranaires, des attracteurs d'insectes, des anti-aliments et des médiateurs des processus essentiels de transport d'électrons. D'autres éléments ont été identifiés comme des composants essentiels des huiles essentielles et leur utilisation en tant que parfums pendant plus de deux mille ans. Les structures des terpènes simples dans les parfums sont très diverses (Koné, 2018).

4.2 Classification

Les unités isopréniques sont reliées pour former leur squelette carboné, ce qui est connu sous le nom de loi de l'isoprène. Ces squelettes peuvent être disposés de façon linéaire ou articulés en cycles essentiels d'isoprène à cinq atomes de carbone. On peut donc séparer les terpènes en hémiterpènes (C5), Sesquiterpènes (C10), monoterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterpènes (C25), triterpènes (C30), tétraterpènes (C40) (Koné, 2018).

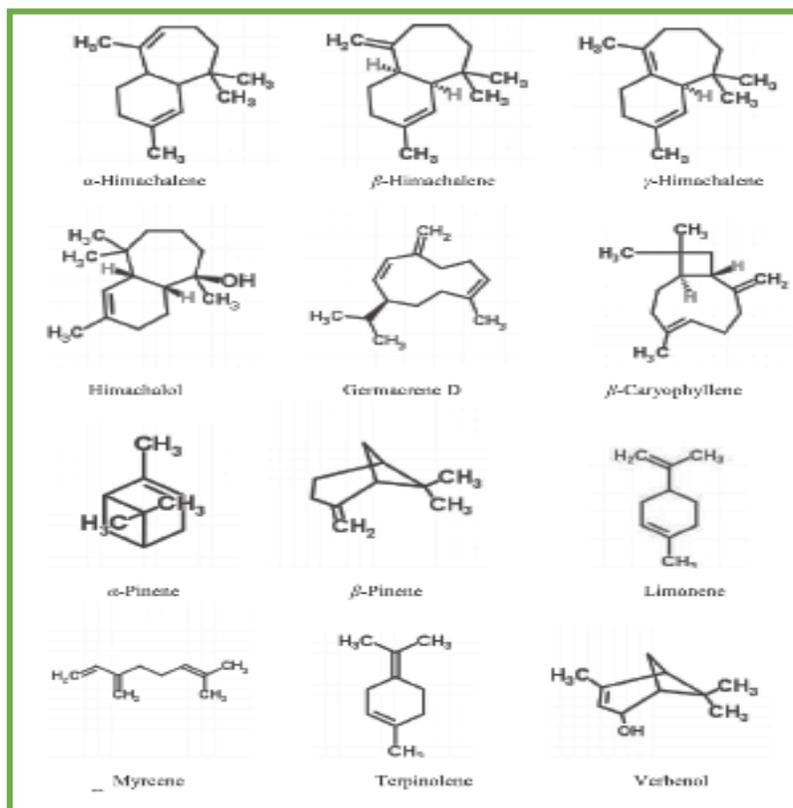


Figure 18 : Structures moléculaires des terpènes (Saab, 2017).

4.3 Les stérols

Un stérol est un acide gras avec un noyau de stérane dont le carbone 3 est hydroxylé. Chaque stéroïde végétal est principalement hydroxylé en C-3 et est en réalité composé de stérols. Dans le monde animal, les stéroïdes jouent un rôle crucial en tant qu'hormones, coenzymes et provitamines. Mais l'importance des phytostérols est moins bien connue. Certaines études ont démontré que certains des phytostérols ont une efficacité contre les affections cardiovasculaires (Koné, 2018).

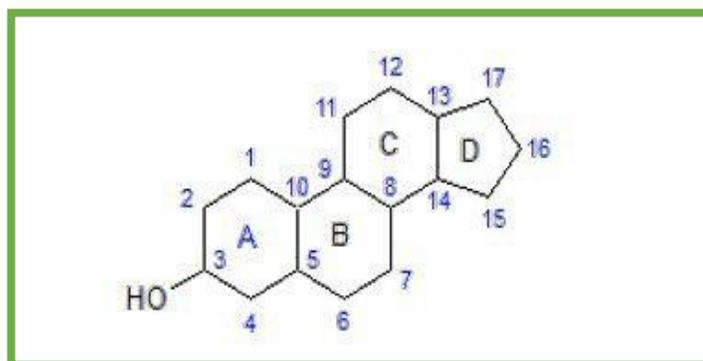


Figure 19 : Structure basic de stérols (Koné, 2018).

4.4 Les saponines

Les saponines se composent de six unités d'isoprène et sont également synthétisées à partir du squalène. Les saponines sont de grandes molécules de glycosides triterpéniques, avec un glycoside lié à un stérol ou à d'autres triterpènes, Ils sont répandus dans les plantes et se constituent de deux parties : la glycone (sucre) et l'aglycone ou le génine (triterpène).

En général, ils possèdent des propriétés détergentes et se forment facilement en mousses dans l'eau. Ils ont également une saveur amère et sont toxiques pour les poissons. Historiquement, de nombreuses plantes qui contiennent des saponines ont été employées comme des savons. Il s'agit principalement des savons de racine de *Chlorogalum pomeridianum*, d'écorce de *Quillaja saponaria*, de baie de *Sapindus saponaria* et de noix de *Sapindus mukurossi*.

D'autre part les aglycones peuvent appartenir à la catégorie des alcaloïdes triterpènes ou aux stéroïdes. Les saponines sont mono- ou polydesmodiques, en fonction du nombre de particules de sucre attachées. Récemment, plusieurs cyclases enzymatiques sont identifiées pour leur biosynthèse. (Koné, 2018).

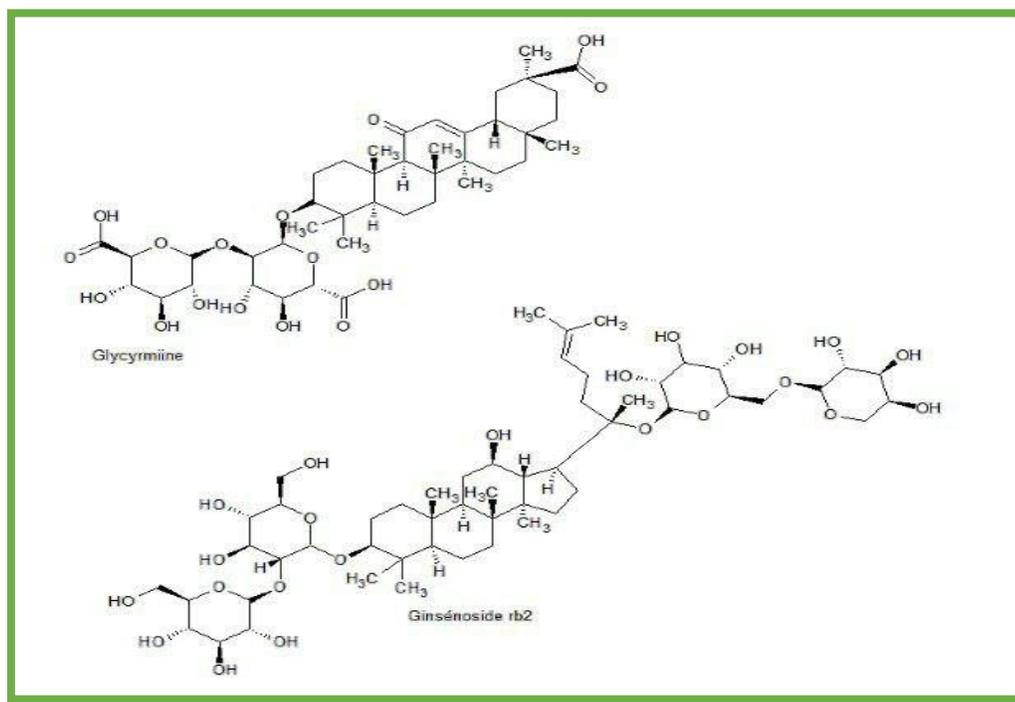


Figure 20 : Structures de deux saponines (Koné, 2018).

5. Les alcaloïdes

5.1. Définition

Leur nom d'alcaloïde est issu de leur composition chimique qui les rapprochait des substances alcalines lors de leur première description par Meissner 1919. Cette substance est produite par environ 25% des plantes vertes, mais elle est également produite par les champignons, comme l'ergot de seigle (*Claviceps purpurea*) qui produit l'acide lysergique. Au niveau animal, ils se rencontrent principalement chez les éponges, les millipèdes, les poissons et les amphibiens (grenouilles, crapauds et salamandres) (Bouaziz, 2014).

Ces substances sont des sels d'azote qui se forment à partir de bases. Ce pouvoir de formation de sels et de complexation des ions métalliques a contribué à leur séparation et à leur détection à l'époque préalable à la chromatographie. Les alcaloïdes assurent une protection de la plante contre les herbivores et les parasitiques (Koné, 2018).

5.2 Classification

Globalement, les plantes génèrent plus de 12 000 alcaloïdes qui sont classés en fonction de leur structure chimique ou de leur mécanisme de biosynthèse.

Effectivement, à la différence de la plupart des autres métabolites secondaires, chaque sous-classe d'alcaloïdes est formée par une voie de synthèse. Les alcaloïdes réels sont une famille très variée de molécules dotées d'un hétérocycle avec un atome d'azote provenant d'acides aminés lévogyres tels que la lysine, l'histidine, la phénylalanine, la tyrosine, le tryptophane et l'ornithine. Les chimistes font également une distinction entre (Bouaziz, 2014).

- Les proto-alcaloïdes qui ont un atome d'azote en dehors de l'hétérocycle et les pseudo-alcaloïdes dont le squelette carboné ne provient pas d'acides aminés (Bouaziz, 2014).
- Les pseudo-alcaloïdes : ne possèdent pas d'azote intra cyclique et l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale (Houfani, 2022).

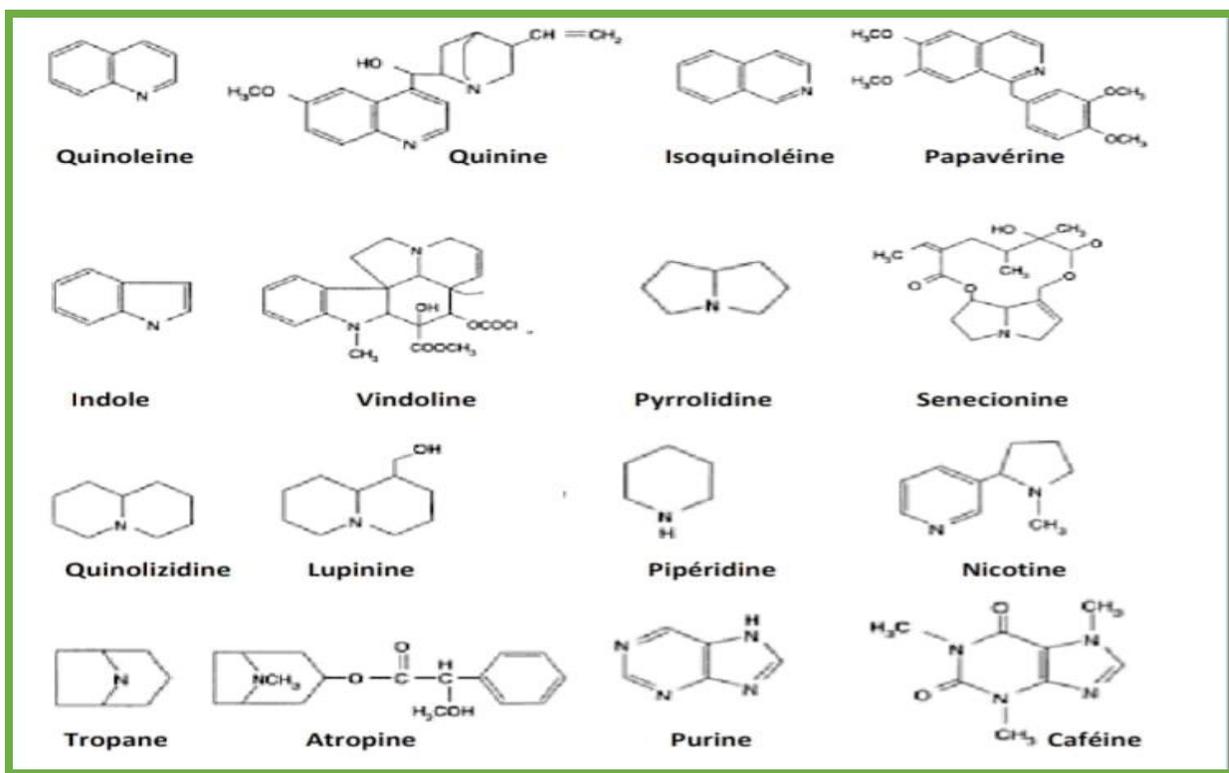


Figure 21 : Classes et exemples d'alcaloïdes (Houfani, 2022).

Chapitre 03

Matériels et Méthodes

1. Matériel végétale

1.1 Origine et provenance des échantillons

Les feuilles de *Moringa oleifera* et *stenopetala* proviennent du Sud de l'Algérie Oued-Souf, étaient récoltées en Avril 2024.

1.2 Préparation des échantillons

1.2.1 Récolte et lavage des feuilles

Les branches des feuilles de deux espèces de Moringa sont récoltées manuellement et sont trempées dans de l'eau pure, puis elles sont regroupées et attachées pour être séchées à l'eau (les feuilles sont lavées pendant qu'elles sont attachées aux branches afin de faciliter le processus de séchage et d'éviter la pourriture des feuilles) par Aqua Sud Farm.

1.2.2 Séchage des feuilles

Les feuilles doivent être placées dans un endroit à l'abri du soleil afin de les sécher pendant 5 jours, afin d'éviter tout changement de couleur ou évaporation des substances actives par la lumière du soleil ou la chaleur.



Figure 22 : Feuilles de Moringa après le séchage. **M. O** : *M. oleifera*, **M. S** : *M. stenopetala* (Prise par auteur)

1.2.3 Broyage des feuilles en poudre

Pour broyer les feuilles, vous pouvez utilisés un hachoir électrique ou mouline à café et épices.



Figure 23 : Poudre des feuilles de Moringa. **M.O** : *M. oleifera*, **M.S** : *M. stenopetala*
(Prise par auteur).

2. Méthodes

Conduite et organisation de travail :

Notre travail doit inclure plusieurs parties effectuées dans les laboratoires de l'Université Constantine 1 :

- ✚ La première partie de notre étude : consiste en un screening phytochimique des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* et de *Moringa stenopetala*, mené au sein du laboratoire de recherche en Biochimie Appliquée.
- ✚ La seconde partie : est dédiée à l'évaluation des activités antibactériennes des feuilles de *Moringa oleifera* et de *Moringa stenopetala* sur des souches microbiennes, et est réalisée au sein du laboratoire de microbiologie.

2.1 Étude physicochimique (screening phytochimique)

Le screening phytochimique est une technique chimique utilisée pour détecter la présence ou l'absence de certains composés appartenant aux familles de métabolites secondaires présents dans les organes végétaux. Cette méthode repose sur des tests phytochimiques spécifiques qui exploitent des

réactions telles que la coloration, la turbidité ou les précipitations, (Haddouchi, 2016). Ce test est de nature qualitative et peut être réalisé soit sur un broyat de la plante, soit sur un infusé. Le matériel végétal pulvérisé est ensuite soumis à une série d'extractions successives par macération dans des solvants de polarité croissante (Houfani Ikram, 2022).

2.1.1 Extraction par macération dans le méthanol aqueux (extraction solide/liquide)

➤ Principe

Une Technique d'extraction solide-liquide qui permet d'extraire les substances chimiques du matériel végétal par solvant, à température ambiante, sous agitation magnétique ou mécanique (Houfani Ikram, 2022).

Elle est réalisée avec du Méthanol/Eau distillée (v/v (70/30)) comme solvant d'extraction. Consiste à laisser séjourner la matière végétale (broyat) dans le méthanol aqueux jusqu'à l'obtention de métabolites secondaire ou principes actifs (Roumeissa, 2015).

➤ Mode opératoire

- Premièrement, émerger 100 g de poudre végétale de chaque espèce dans 1000 ml de méthanol aqueux pendant 72 h à température ambiante en utilisant une agitation magnétique pendant quelques heures.



Figure 24 : Agitation de mélange (Matière végétale et méthanol aqueux) (Prise par auteur).

- Après 24 heures, chaque extrait doit être filtré sur papier filtre à l'aide d'une pompe de filtration, puis réserver le filtrat obtenu.
- On répète la macération à deux reprises sur la matière végétale récupérée.

2.1.2 Concentration à sec de l'extrait

Cette étape a été réalisée au niveau du laboratoire de biochimie « laboratoire d'extraction de la matière organique » à l'Ecole nationale supérieure de la biotechnologie (ENSB) Université Constantine 3 Saleh Boubnider. Le macérol obtenu est soumis à une pression réduite à une température de 65°C lors d'une évaporation rotative (Rota-vapeur), permettant d'éliminer rapidement un solvant volatil en utilisant l'évaporation.



Figure 25 : Appareil Rota-vapeur (Prise par auteur).

L'extrait résulte de cette manipulation est utilisé pour l'activité antibactérienne.



Figure 26 : Les deux extraits hydro-méthanolique après évaporation (Prise par auteur).

2.2 Les criblages de métabolites secondaires

Dans notre étude, nous avons effectué un screening phytochimique qui consiste en un ensemble de réactions de coloration et de précipitation. Ces tests sont effectués à partir d'extraits hydro-méthanoliques ainsi que de poudre de matière végétale.

Le protocole de travailles pour les deux échantillons est identiques (Houfani Ikram, 2022):

A. Criblage des flavonoïdes

Test de wilstater on utilise deux tubes à essai.

- Le premier tube : un témoin (contient que l'extrait hydro-méthanoliques).
- Le deuxième tube : on ajoute 0.5ml d'extrait hydro- méthanoliques + 0.5 ml HCL concentré + quatre copeaux de Mg.

Résultat : L'apparition de Couleurs rouge indique la présence des flavonoïdes.

B. Criblage des anthocyanes

Pour ce test on utilise trois tubes à essai.

- Le premier tube : un témoin (contient que l'extrait hydro-méthanoliques).
- Le deuxième tube : On ajoute 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + quatre gouttes HCL pure.
- Le troisième tube : On ajoute 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + trois gouttes de NaOH.

Résultat : L'apparition de couleurs rouge pour le deuxième tube et couleurs bleu pour le troisième tube dénote la présence des anthocyanes.

C. Criblage des tanins

L'utilisation de deux tubes à essai.

- Le premier tube : un témoin (contient que l'extrait hydro-méthanoliques).
- Le deuxième tube : Additionné 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + cinq gouttes de gélatine de concentration 1%.

Résultat : Le précipité blanc signifie la présence des tanins

- Le troisième tube : addition de 5 gouttes de FeCl_3 .

Résultat : Observation de changement de couleurs Virage au vert noirâtre indique la présence des tanin catéchiques, Virage au bleu noirâtre indique la présence des tanins gallique.

D. Cribrages des stérols et triterpènes (Test de Salkowski)

Dépigmenter d'abord 100 mg d'extrait hydro-méthanolique en ajoutant 10 ml de Cyclohexane, puis dissoudre le résidu dépigmenté dans 10 ml de chloroforme. Une fois que la solution obtenue a séché, quatre tubes à essai ont été utilisés.

- Le premier tube : un témoin (contient que l'extrait hydro-méthanoliques).
- Le deuxième tube : Additionné 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + 1ml de H_2SO_4 .

Résultat : L'apparition de coloration rouge (anneau) indique la présence de stérols insaturés.

- Le troisième tube : (Test de Loberman – burschard) consiste sur l'ajout de trois gouttes d'anhydride acétique et+ une goutte de H_2SO_4 .

Résultats : après une heure, on observe un changement de coloration rouge (anneau) indique la présence de stéroïdes et stérols, et une coloration rouge-violet indique la présence des triterpènes.

- Le quatrième tube : Test de (Badjet-kedde) Ajouter quelques grains d'acide picrique.

Résultat : L'apparition d'une coloration orange est due aux stéroïdes lactoniques.

E. Criblages des quinones et anthraquinones

On utilise trois tubes à essai.

- Le premier tube : un témoin (contient que l'extrait hydro-méthanoliques.
- Le deuxième tube : Additionné 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + 1ml de chloroforme + KOH 10%.

Résultat : L'apparition d'une coloration rouge indique la présence des anthraquinones.

- Le troisième tube : 1ml d'extrait hydro-méthanoïque + 1ml d'éther de pétrole + NaOH

Résultat : Le changement de couleur au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones.

F. Criblage des saponosides

Pour détecter les saponosides, on ajoute 1 ml d'eau distillée et 1 g de poudre végétale dans un tube à essai. Ensuite, on chauffe le mélange au bain marie à 85°C pendant 30 minutes. Ensuite, on agite vigoureusement le tube en position horizontale pendant environ 30 secondes, en tenant le tube en position horizontale pendant environ 30 secondes. Après 10 minutes de repos, on peut observer l'épaisseur de la mousse.

- Pas de mousse : test négatif.
- Mousse moins de 1 cm : test faiblement positif.
- Mousse de 1 à 2 cm : test positif.
- Mousse plus de 2 cm : test très positif.

G. Criblage des alcaloïdes

1-Préparations des réactifs :

- Dragendorff : 0.85g sous nitrate basique de bismuth + 8g d'Iodure potassium + 10ml d'acide acétique glaciale + 70ml d'eau distillé.
- Mayer : 1.35g chlorure mercurique + 5g d'Iodure potassium + 30 ml d'eau distillé.
Agiter jusqu'à dissolution puis ajouter 100 ml d'eau distillé (Houfani Ikram, 2022).

2- Pour faire les tests d'identification rapides des alcaloïdes, on peut préparer un extrait selon le procédé suivant

➤ Tube à essai de 16ml : On introduit 200 mg de poudre végétale avec 10 ml d'acide sulfurique. On agite pendant 2 min et on filtre sur papier filtre.

3- partager le filtrat entre 3 tubes, on ajoute respectivement au :

➤ Le premier tube : Quelques gouttes de réactif Dragendorff.

➤ Le deuxième tube : Quelques gouttes de réactif Mayer

➤ Le troisième tube : Reste comme témoin.

Résultat : La précipitation et la coloration de tube 1 en orange et de tube 2 en jaune confirme la présence des alcaloïdes.

2.3 Études de l'activité antimicrobienne des extraits des feuilles de Moringa

2.3.1 Souches microbiennes testés

Les souches microbiennes utilisées dans les tests font parties des populations spécifiques de micro-organismes, tels que des bactéries, ou des levures, qui ont été isolées et cultivées en laboratoire pour des applications biotechnologiques ou médicales aussi peuvent être utilisées pour la production de médicaments, d'enzymes, de probiotiques ou dans le domaine de la recherche scientifique. Le support microbien est composé de ces cinq souches :

Tableau 7 : Les souches bactériens référencés (Laboratoire de microbiologie UMC1).

Types	Souches microbiennes	Références
Bactéries	<i>Escherichia coli</i>	NCTG 10 538
	<i>Bacillus spizizenii</i>	ATCC 66 33
	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	NCI MB 8626
Levures	<i>Candida albicans</i>	ATTC 10231

Escherichia coli

Cette bactérie est un organisme procaryote de la famille des Entérobactéries. Formait un bâtonnet de Gram négatif. (FUTURA, s.d.). Elle est fréquemment présente dans le système digestif des êtres humains et des animaux à sang chaud. En tant qu'organisme intestinal, elle est la bactérie la plus importante du groupe TCB (Paruch, 2012).

Bacillus spizizenii

Bacillus subtilis subsp. Spizizenii nommé d'après le bactériologiste américain J. Spizizenii, dont les études fondamentales sur *Bacillus. Subtilis*. (Nakamura LK, 1999). CA Dunlap et al. ont reclassé *Bacillus subtilis subsp. Spizizenii* dans la nouvelle espèce *Bacillus spizizenii*. Certaines plateformes et bases de données peuvent encore identifier cette espèce par son ancien nom (*Bacillus spizizenii* (Nakamura et al.) Dunlap et al, s.d.). *Bacillus spizizenii* est un agent pathogène humain aérobie, sporulé et à Gram positif, qui produit des composés antibiotiques et a été isolé chez des personnes collectées avant 1952 (BacDive, s.d.).

Staphylococcus aureus

Les staphylocoques sont des bactéries présentes naturellement sur la peau et les muqueuses de l'être humain (ELESAN, s.d.). Il existe plusieurs espèces de staphylocoques dont *Staphylococcus aureus*, ou (staphylocoque doré) est la souche la plus fréquemment rencontrée en pathologie humaine et vétérinaire. Elle partage avec la bactérie *Escherichia coli* le triste privilège d'être au premier rang des germes responsables d'infections nosocomiales (infections contractées à l'hôpital). En France, *Staphylococcus aureus* est également en tête des bactéries responsables d'intoxications alimentaires. Qui peut être à l'origine de maladies infectieuses (INSTITUT PASTEUR, s.d.).

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa est un bâtonnet à Gram négatif couramment associé aux infections nosocomiales. Dans la liste mondiale des agents pathogènes prioritaires de 2017, l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) a classé *Pseudomonas aeruginosa* dans la catégorie de la plus haute priorité (Karruli, 2023)

Candida albicans

Dans le genre *Candida*, l'espèce *Candida albicans* fut décrite par Christine Marie Berkhout en 1923. Est une levure opportuniste, est le pathogène fongique le plus commun chez l'homme. Elle est responsable entre autres, de diverses candidoses orales et de vaginites, deux infections très répandues (Kammalac, 2014).

2.3.2 Le principe de travailles

La première étape consiste en la réactivation des souches microbiennes par ensemencement de bactéries sur des milieux sélectifs (Gélose Muller Hinton.), concernant les levures, l'eau distillée est le milieu de culture.

Ensuite, la boîte de pétrie est incubée dans l'étuve, à une température de 37°C pour les bactéries et à une température de 30 °C pour les levures, jusqu'à ce qu'elle soit utilisée pour la culture, la croissance et la conservation des bactéries.

L'étape suivante implique l'évaluation de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion de disques :

Une technique qualitative basé sur la dilution du composé antimicrobien en milieu solide à partir de disque stérile imprégnés dans l'extrait à tester permettant de déterminer l'activité inhibitrice de croissance de germe par la mesure du diamètre d'inhibition autour d'un disque (Houfani Ikram, 2022).

2.3.3 Mode opératoire

- Couler les boîtes par le milieu de culture gélose Mueller-Hinton (GMH).

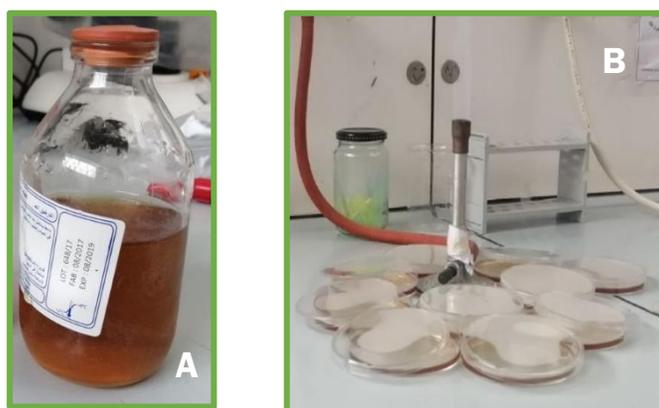


Figure 27 : (A) : milieu de GMH, (B) : milieu GMH couler dans les boîtes des Pétri (Prise par auteur).

- Préparation de différentes concentrations 200,100 et 50 mg/ml des deux extraits de M.O, M.S et on a mesuré ces concentrations dans 1ml de méthanol.



Figure 28 : (E₁) : Concentrations d'extrait de M.O, (E₂) : concentrations d'extrait de M.S (Prise par auteur).

- L'ensemencement des suspensions microbiennes dans la surface de milieu de culture coulé et solidifié à l'aide d'un écouvillon stérile.



Figure 29: L'ensemencement des souches bactériennes (Prise par auteur).

- Déposer à l'aide d'une pince les disques de 6mm de diamètre qui ont été imprégnés de 0,5 ml de chaque concentration des extraits sur la surface du milieu de culture.

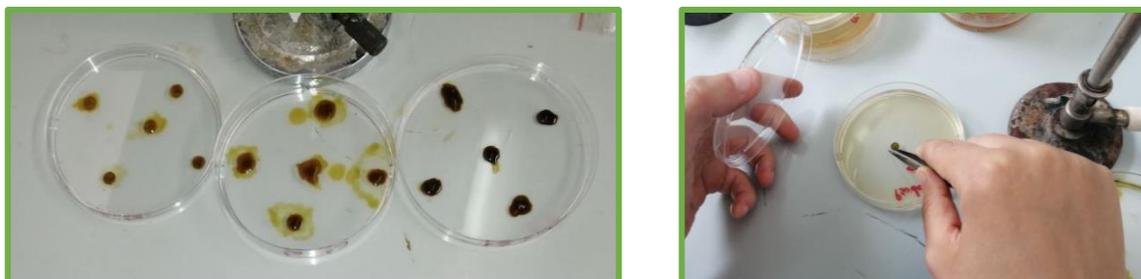


Figure 30 : La déposition des disques avec extraits dans le milieu de culture (Prise par auteur).

- Préparation des boîtes de témoin positif de chaque souche qui contient des deux antibiotiques ampicilline (AMP) de concentration 30 µg/Disque et aztreonam (ATM) de concentration 10 µg/Disque. Un contrôle négatif à l'aide d'un disque imbibé de méthanol de 100 µg/Disque. Incubées des boîtes prépare pendant 24 heures à 37°C pour les bactéries concernant les levures jusqu'à 48h. La lecture de l'activité antimicrobienne en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition, exprimée en mm.

Chapitre 04

Résultats et Discussion

1. Screening phytochimique

1.1 Résultat

Les résultats de l'analyse préliminaire de la composition phytochimique des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. et *Moringa stenopetala* sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Les métabolites secondaires, tels que les polyphénols, ont été identifiés dans les parties aériennes de la plante, comprenant principalement des flavonoïdes, des tanins, des stéroïdes, et des alcaloïdes et terpènes.

Tableau 8 : Résultats de mise en évidence des métabolites secondaires d'espèce *M. oleifera* (+++présences majeures, ++ Présence moyenne, + présence, - Absence)

Molécules bioactif		Réactifs	Macérat de <i>M. oleifera</i>
Flavonoïdes		HCL + Mg	+++
Anthocyanes		HCL + NaOH	---
Tanin	Gallique	Gélatine 1%	++
	Catéchiques	FeCL ₃ 1%	+++
Stéroïdes	Stérols	H ₂ SO ₄	+++
	Stéroïdes	C ₄ H ₆ O ₃ + H ₂ SO ₄	+++
	Triterpènes		--
	Steroïdelactoniques	C ₆ H ₃ N ₃ O ₇	+
Quinones	Quinones	KOH + CHCL ₃	++
	Anthraquinones	Éther de pétrole + NaOH	++
Alcaloïdes		Bi (NO ₃) ₃ + KI + CH ₃ COOH + HgCL ₂	+++
Saponoside		/	-

On a observé une grande quantité de flavonoïdes, de stéroïdes et d'alcaloïdes dans les feuilles. L'espèce *Moringa oleifera* est très riche en alcaloïdes et flavonoïdes, ce qui explique la toxicité de cette plante, ce qui explique sans doute son utilisation thérapeutique dans le traitement de différentes

maladies. En outre, la présence de ces composés bioactifs pourrait être liée à ses propriétés antimicrobiennes.

Tableau 9 : Résultats de mise en évidence des métabolites secondaires d'espèce *M. stenopetala*
(+++présences majeures, ++ Présence moyenne, + présence, - Absence)

Molécules bioactif		Réactifs	Macérat de <i>M.stenopetala</i>
Flavonoïdes		HCL + Mg	++
Anthocyanes		HCL + NaOH	---
Tanin	Gallique	Gélatine 1%	+
	Catéchiques	FeCL ₃ 1%	++
Stéroïdes	Stérols	H ₂ SO ₄	++
	Stéroïdes	C ₄ H ₆ O ₃ +H ₂ SO ₄	++
	Triterpènes		--
	Steroïdelactoniques	C ₆ H ₃ N ₃ O ₇	+
Quinones	Quinones	KOH+CHCL ₃	+++
	Anthraquinones	Éther de pétrole + NaOH	++
Alcaloïdes		Bi (NO ₃) ₃ + KI + CH ₃ COOH + HgCL ₂	+
Saponoside		/	-

Une présence modérée de flavonoïdes, de stéroïdes et d'alcaloïdes a été observée dans les feuilles. L'espèce de *Moringa stenopetala* présente une quantité inférieure d'alcaloïdes et de flavonoïdes par rapport au *Moringa oleifera*, mais elle demeure utile dans le traitement de différentes affections. Il est possible que la présence de ces composés bioactifs soit également liée à ses propriétés antimicrobiennes.

1.2 Discussion de résultat

➤ Criblage de flavonoïdes

Le criblage des flavonoïdes dans le filtrat des feuilles de *M. oleifera* et *M. stenopetala* a été confirmé par l'apparition d'une coloration rouge lors du test effectué. Cependant, l'intensité des couleurs indique que l'extrait de *M. oleifera* est plus riche en flavonoïdes que celui de *M. stenopetala*.

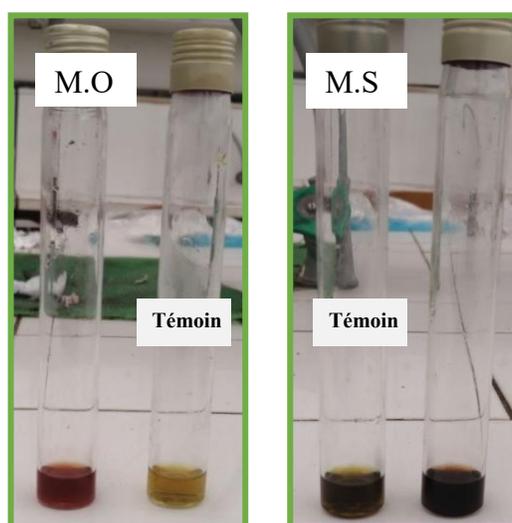


Figure 31: Résultat de criblage des flavonoïdes.

➤ Criblage des anthocyanes :

Les macérats de *M. oleifera* et de *M. stenopetala* ne contiennent pas d'anthocyanes, comme en témoigne l'absence de changement de couleur dans les phases aqueuses, sans virage ni vers le rouge ni vers le bleu.

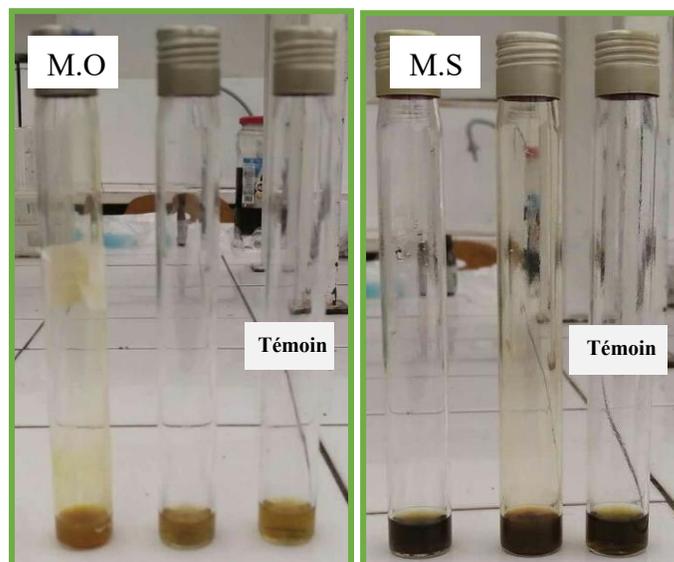


Figure 32 : Résultat de criblage des anthocyanes.

➤ Criblage des tanins

L'incorporation de 1% de gélatine dans le macérât a induit la formation d'un précipité blanc lors du test effectué, signalant ainsi la présence de tanins galliques. Par ailleurs, l'emploi de réactif FeCl_3 pour détecter les tanins a produit une coloration bleu-noir dans les deux filtrats.

Toutefois, l'intensité de ces deux colorations diffère, révélant que le premier macérât, celui de *M. oleifera*, est plus riche en tanins galliques comparativement au second, issu de *M. stenopetala*.

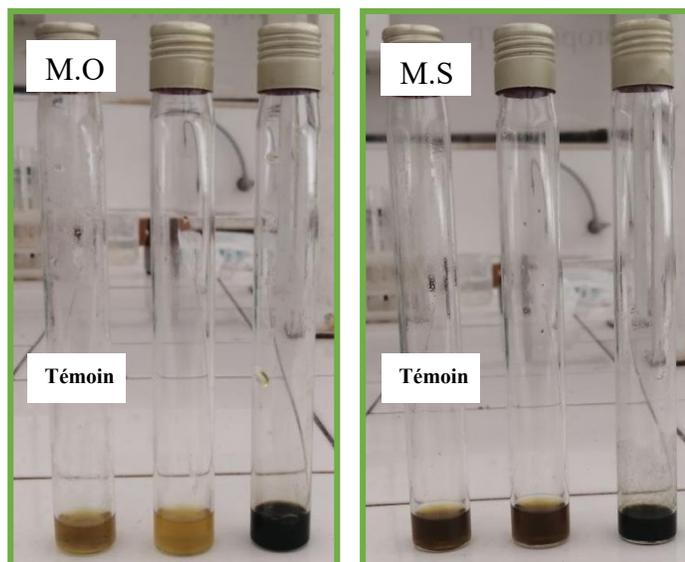


Figure 33 : Résultat de criblage des tanins.

➤ Criblage de stéroïdes, stérols et triptènes

Un anneau rouge s'est manifesté dans les deux macérats lors de l'ajout des réactifs H₂SO₄ et anhydride acétique. Cependant, l'intensité de la couleur était nettement plus marquée dans le deuxième macérât *M. stenopetala* par rapport à celui de *M. oleifera*, ce qui laisse présager une teneur supérieure en stérols et en stéroïdes pour cette espèce. En revanche, l'absence de triterpènes est à noter. Les deux extraits présentent des stéroïdes lactoniques, bien que l'intensité de la coloration soit modérée.

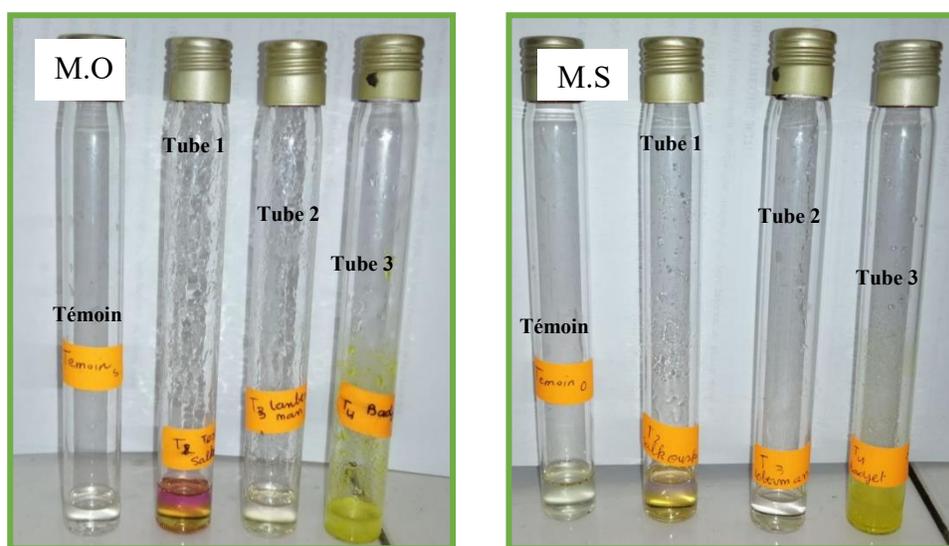


Figure 34 : Résultat de criblage des stéroïdes, stérols et triptènes.

➤ Criblage des quinones et anthraquinones

Une coloration rouge est apparue dans les deux macérats à la suite de l'application de réactifs KOH. L'intensité de cette coloration était nettement plus prononcée dans le macérât *M. stenopetala* comparée à celle d'autre de *M. oleifera*, suggérant ainsi une concentration plus élevée en anthraquinones chez *M. stenopetala*.

En parallèle, la présence de quinones a été observée dans les deux filtrats, présentant une intensité de coloration moyenne.

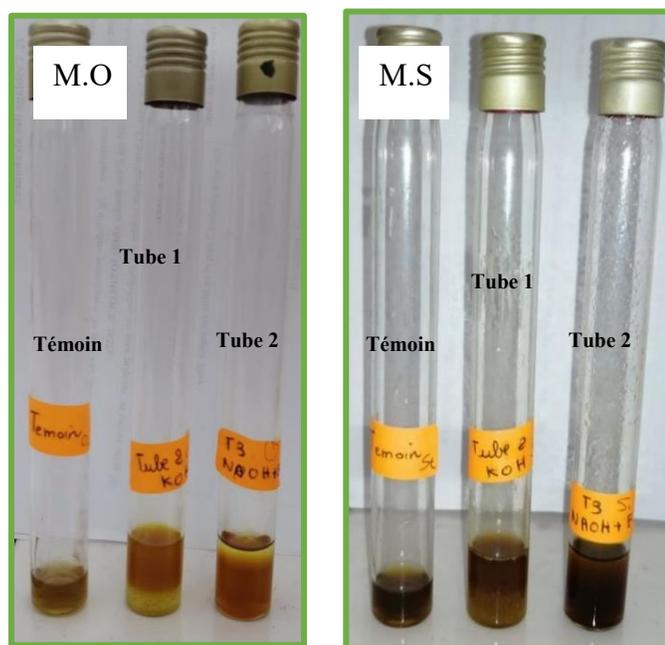


Figure 35 : Résultat de criblage des quinones et anthraquinones.

➤ Criblages des saponosides

Suite au chauffage des deux tubes pendant une minute et une simple agitation, l'absence de mousse dans les deux filtrats a été constatée. Ainsi, cela indique que les deux espèces ne contiennent pas de saponines.

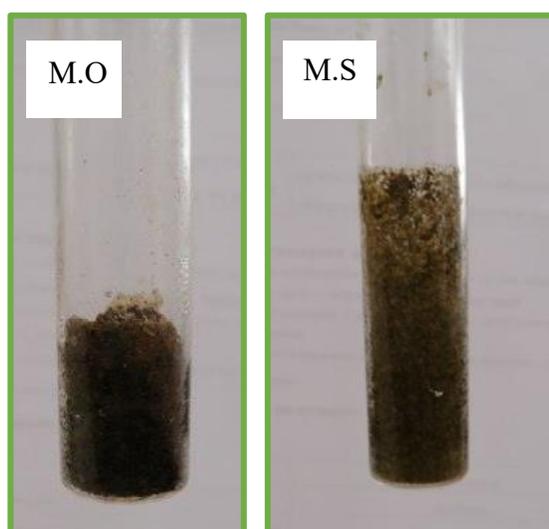


Figure 36 : Résultat de criblage des saponosides.

➤ Criblage des alcaloïdes

Un changement de couleur, virant vers le jaune et l'orange, accompagné d'une précipitation, a été noté dans les tubes contenant les réactifs de Mayer et Dragendorff. Cette modification était particulièrement prononcée dans le premier filtrat, indiquant que les feuilles de *Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala* contiennent des alcaloïdes.

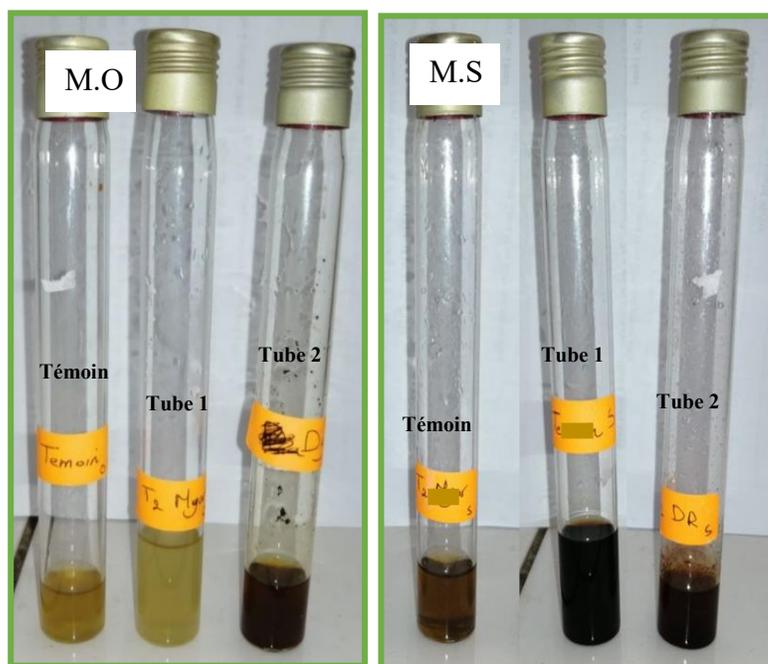


Figure 37 : Résultat de criblage des alcaloïdes.

2. Activité antimicrobienne des extraits

Afin d'évaluer *in vitro* l'efficacité antimicrobienne de nos deux extraits issus des feuilles de deux espèces de *Moringa*, nous avons utilisé la technique de diffusion des disques sur un milieu de culture gélosé.

Nous évaluons cette activité après 24 heures d'incubation à 37°C pour les bactéries (*Escherichia coli*, *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*) et après 48 heures pour la levure *Candida albicans*.

Pour déterminer cette activité, nous mesurons le diamètre de la zone d'inhibition de la croissance microbienne autour des disques, en incluant le diamètre des disques (6mm) contenant les trois concentrations des deux extraits en comparaison avec deux antibiotiques (ampicilline et aztreonam) après incubation à la même température.

Les antibiotiques sont utilisés comme témoins positifs pour les deux extraits : l'ampicilline (AMP) est utilisée sur les souches microbiennes de (Gram +) et l'aztreonam (ATM) sur les souches de (Gram -).

2.1 Résultats

Les tableaux (10 et 11), présentent les résultats récapitulatifs qui montrent que les différentes concentrations des extraits affichent des activités antimicrobiennes variables contre les quatre bactéries et la levure testées.

Tableau 10 : Le diamètre de la zone d'inhibition d'extrait de *M. oleifera* en fonction des concentrations

Souches bactériens	Zone d'inhibition (mm)					
	Extrait de <i>Moringa oleifera</i>			Témoin négatif	Témoin positif	
	Concentration					
	C ₁ = 100 mg/D	C ₂ = 50 mg/D	C ₃ = 25 mg/D	Méthanol 100 µl/D	AMP 10µg/D	ATM 30µg/D
<i>Escherichia coli</i> NCTG 10 538	14	14	11	0	-	15
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 66 33	16	14	14	0	31	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	19	12	12	0	30	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCI MB 8626	21	21	15	0	-	23
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	≈ 06	07	08	0	-	20

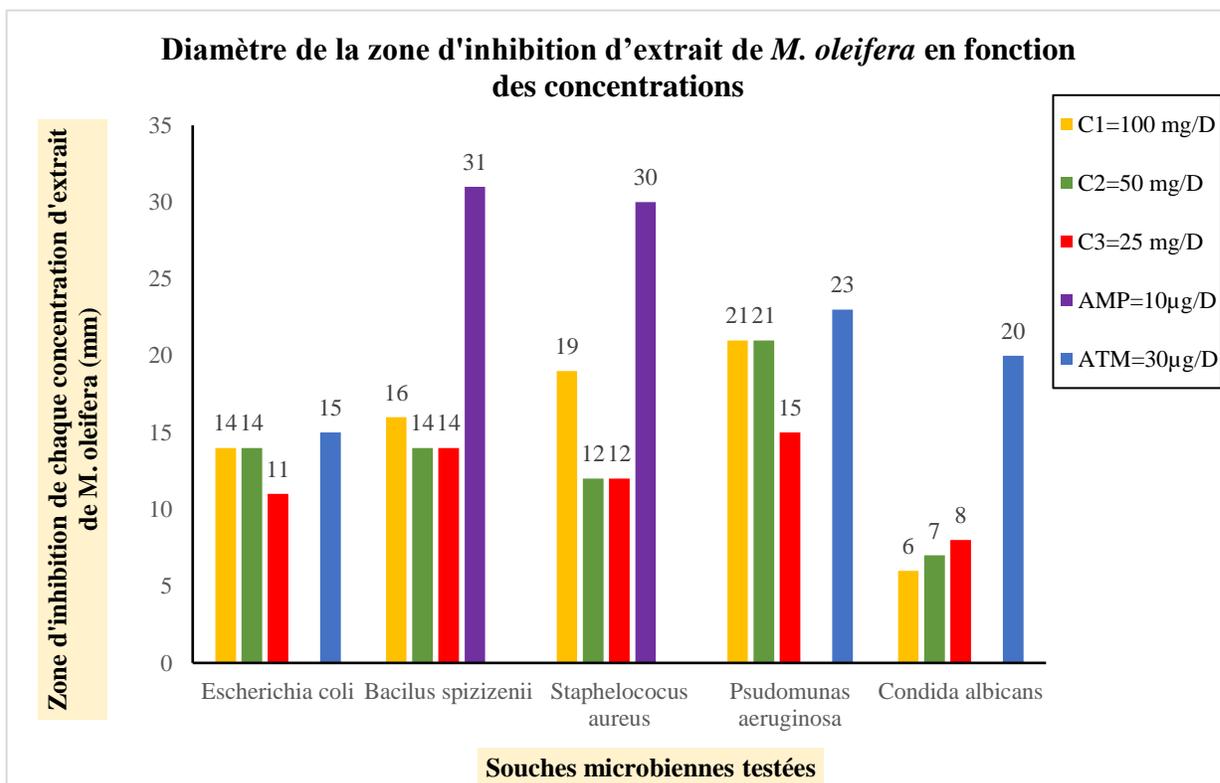


Figure 38 : Histogramme récapitule les zones d'inhibition d'extrait de *M. oleifera*.

2.2 Discussion de résultat de premier tableau

A partir des résultats de tableau (10) on peut faire les observations suivantes concernant l'activité antimicrobienne des différentes concentrations d'extrait de *M. oleifera* contre les souches microbiennes testées par rapport au témoin positif :

La concentration 100 µl/D de témoin négatif (méthanol) n'a montré aucune activité antimicrobienne contre les souches testées, (le même témoin pour les deux extraits).

Pour la bactérie *E. coli* (Gram -), on observe que les concentrations C₁ à 100 mg/D et C₂ à 50 mg/D ont montré une activité similaire avec une zone d'inhibition de 14 mm, tandis que C₃ à 25 mg/D était légèrement inférieure avec une zone d'inhibition de 11 mm. On peut noter que l'aztreonam à 30 µg/D montre une activité modérée contre *E. coli* par rapport à l'extrait avec une zone d'inhibition de 15 mm.

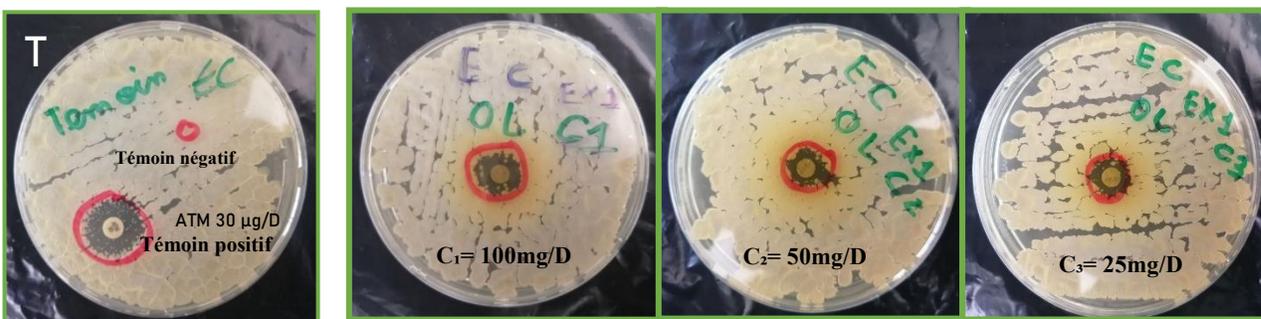


Figure 39: Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur *E. coli*. T : Témoin positif (ATM), négatif (Méthanol).

En ce qui concerne la *Bacillus spizizenii* (Gram +), on constate que la concentration C_1 a été active avec une zone d'inhibition de 16 mm, suivie de près par C_2 et C_3 qui étaient équivalentes avec une zone d'inhibition de 14 mm environ. L'extrait, bien que modéré, n'a pas une activité supérieure à celle de l'Ampicilline à 10 µg/D contre cette souche.

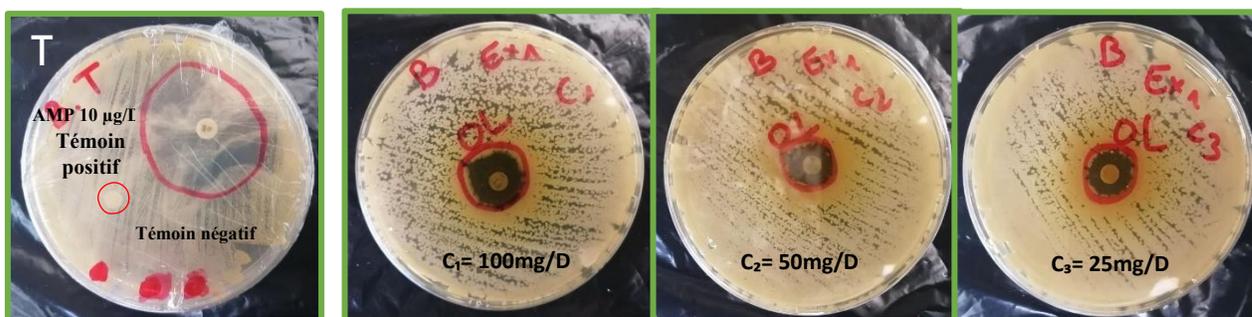


Figure 40 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M. O sur *B. spizizenii*. T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

Dans le cas de *Staphylococcus aureus* (Gram +), la concentration C_1 a été significativement efficace contre cette souche avec une zone de 19 mm par rapport à C_2 et C_3 , ces deux dernières présentant une activité similaire de 12 mm mais faible. En revanche que la concentration C_1 , d'extrait montre une activité inférieure par rapport à l'activité d'antibiotique qui présente une zone d'inhibition de 30 mm.

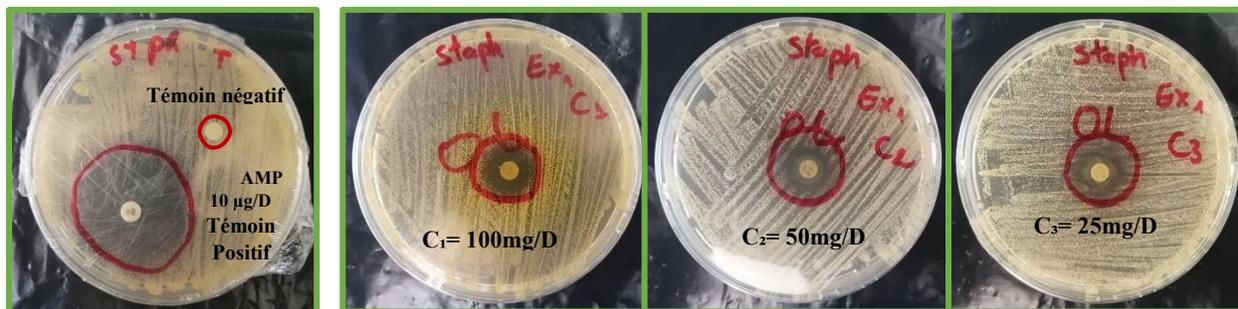


Figure 41 : Photo représentative des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations d'extrait de M.O sur *S. aureus*. **T** : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

L'activité des concentrations C_1 et C_2 a été très puissante contre la souche de *Pseudomonas aeruginosa* (Gram -) avec une zone d'inhibition de 21 mm, tandis que C_3 était modérément active. L'extrait semble très efficace contre cette souche, avec une activité comparable proche à l'aztreonam qui possède une zone d'inhibition de 23 mm.

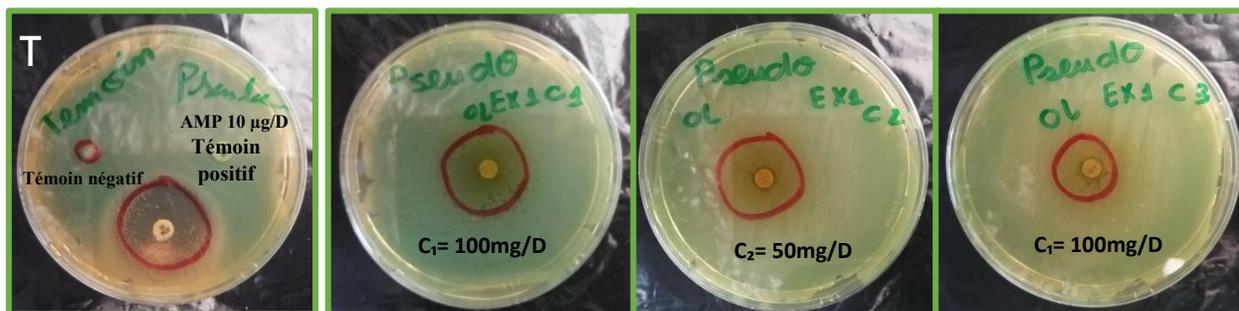


Figure 42 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur *P. aeruginosa*. **T** : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

En général, on pourrait s'attendre à ce que les concentrations plus élevées aient des zones d'inhibition plus larges, mais pour *Candida albicans* (Gram +), la concentration C_3 présente la plus grande zone d'inhibition (8 mm), suivie par C_2 avec (7 mm) et C_1 avec une zone d'inhibition d'environ 6 mm. L'extrait utilisé n'a pas suffi à induire un effet inhibiteur notable contre *C. albicans* par rapport à l'aztreonam qui a été nettement plus efficace avec une zone d'inhibition de 20 mm contre cette levure.

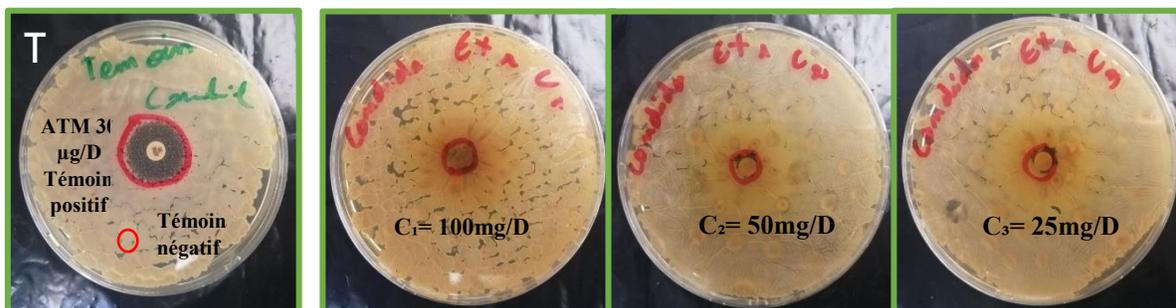


Figure 43 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.O sur *C. albicans*. **T :** Témoin positif (AMT), négatif (Méthanol).

En résumé, l'extrait de *M. oleifera* présente des degrés d'activité antimicrobienne variables selon les souches, les concentrations et par rapport aux antibiotiques utilisés. La concentration C₁ semble être la plus efficace contre la majorité des souches microbiennes testées, suivie de près par C₂, tandis que la concentration C₃ présente généralement la plus faible activité. Il est possible d'affirmer que l'extrait est très efficace contre *E. coli* et *P. aeruginosa*, mais son efficacité contre *C. albicans* est peut la négliger.

Tableau 11 : Le diamètre de la zone d'inhibition d'extrait de *M. stenopetala* en fonction des concentrations.

Souches bactériens	Zone d'inhibition (mm)					
	Extrait de <i>Moringa stenopetala</i>			Témoin négatif	Témoin positif	
	Concentration					
	C ₁ = 100 mg/D	C ₂ = 50 mg/D	C ₃ = 25 mg/D	Méthanol 100 µl/D	AMP 10µg/D	ATM 30µg/D
<i>Escherichia coli</i> NCTG 10 538	11	07	08	0	-	15
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 66 33	14	08	07	0	31	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	15	13	07	0	30	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCI MB 8626	15	15	14	0	-	23
<i>Candida albicans</i> ATTC 10231	07	09	08	0	-	20

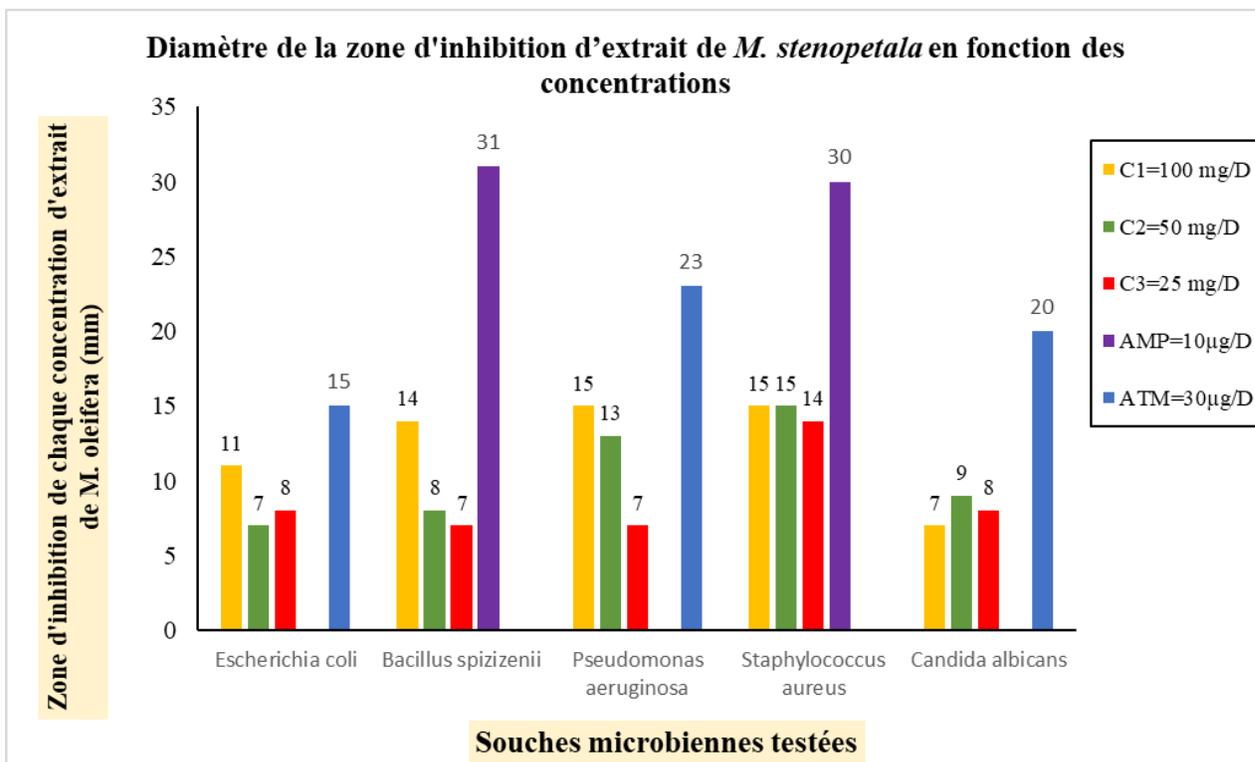


Figure 44 : Histogramme récapitule les zones d'inhibition d'extrait de *M. stenopetala*.

2.3 Discussion de résultat de deuxième tableau

Selon les résultats de deuxième tableau au-dessus on peut faire les observations suivantes concernant les activités antimicrobiennes des différentes concentrations d'extrait de *M. stenopetala* contre les souches microbiennes testées par rapport au témoin positif : Dans l'extrait de *M. stenopetala*, la concentration C₁ a montré la plus grande zone d'inhibition de 11 mm, suivie de C₃ puis C₂ avec des zones d'inhibition entre 6 et 8 mm pour *E. coli* (Gram -). On peut noter que les concentrations d'extrait (C₁, C₃) sont modérées, mais inférieures à celle d'antibiotique utilisé qui présente une zone d'inhibition de 15 mm.

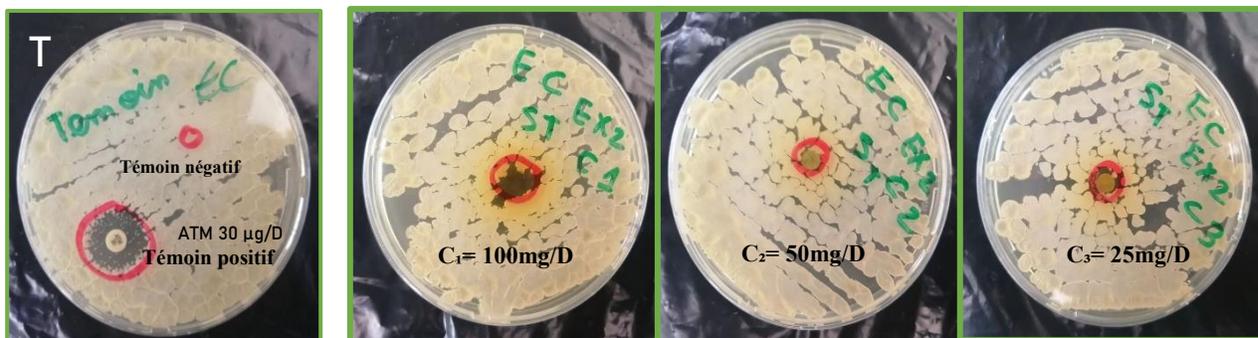


Figure 45 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur *E. coli*. T : Témoin positif (ATM), négatif (Méthanol).

Pour la *B. spizizenii* (Gram +), la concentration C_1 reste la plus efficace que C_2 et C_3 par sa zone d'inhibition de 14 mm. La zone d'inhibition de l'ampicilline est de 31 mm, ce qui indique une activité restée inférieure dans l'extrait mais moyen par rapport témoin positif.



Figure 46 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M. S sur *B spizizenii*. T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

L'extrait à la concentration C_1 est plus efficace contre la bactérie *S. aureus* (Gram +) avec une zone d'inhibition de 15 mm. Cette souche est moins sensible aux concentrations C_2 et C_3 , avec des zones d'inhibition respectives de 13 mm et 6 mm. L'efficacité de l'ampicilline est deux fois supérieure à celle obtenue avec l'extrait à C_1 .

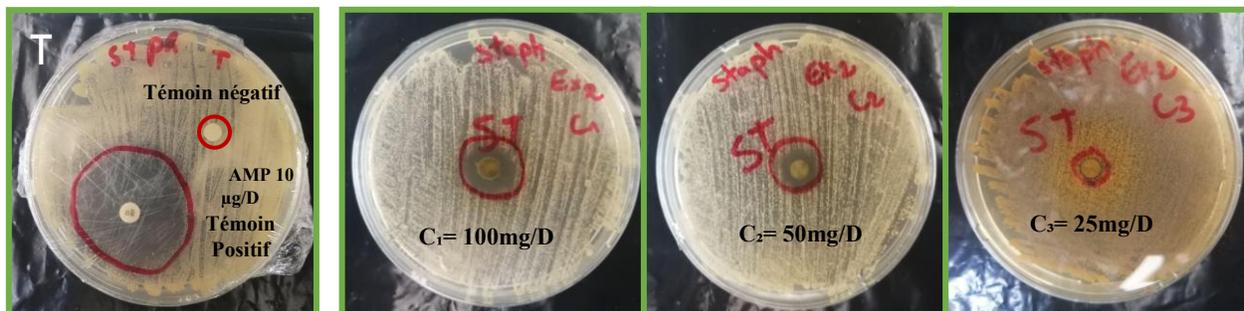


Figure 47 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur *S. aureus*. T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

En ce qui concerne la bactérie *P. aeruginosa* (Gram +), l'extrait a montré une activité remarquable aux concentrations C_1 et C_2 , avec des zones d'inhibition identiques de 15 mm. La concentration C_3 a été nettement supérieure, ce qui a entraîné une zone d'inhibition de 14 mm. Les concentrations C_1 et C_2 sont légèrement moins efficaces que celles de l'aztreonam qui a donné une zone d'inhibition de 23 mm.

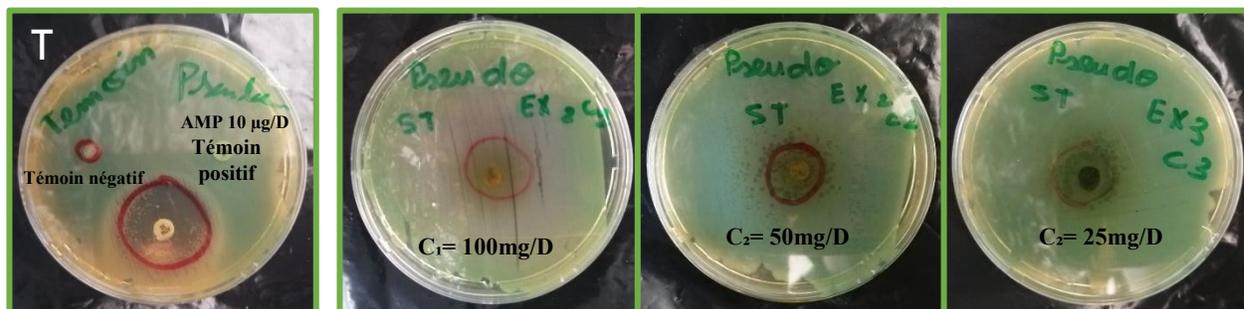


Figure 48 : Photo représentative des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations d'extrait de M. S sur *P. aeruginosa*. T : Témoin positif (AMP), négatif (Méthanol).

Dans le cas de *Candida albicans* (Gram +), on observe que même si la concentration C_1 est la plus élevée, elle a la plus petite zone d'inhibition (7 mm) aux trois concentrations. Cependant, la concentration efficace est celle de C_2 , avec une zone d'inhibition de 9 mm. La plus faible concentration C_3 présente une zone d'inhibition de 8 mm, qui est supérieure à celle de C_1 et inférieure à celle de C_2 .

Par rapport au témoin positif (ATM) présente une zone d'inhibition de 20 mm, montrant une efficacité supérieure à toutes les concentrations de l'extrait testé.

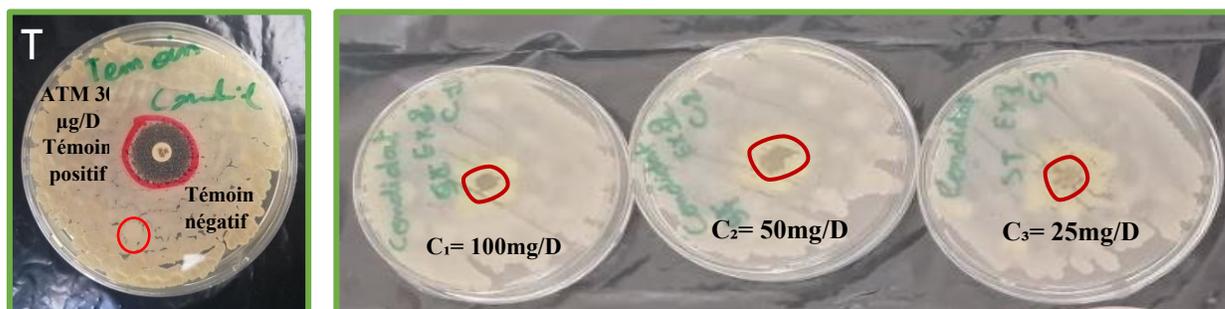


Figure 49 : Photo représentative des zones d'inhibition des différentes concentrations d'extrait de M.S sur *C. albicans*. **T** : Témoin positif (ATM), négatif (Méthanol).

Pour résumer, l'extrait de *Moringa stenopetala* présente une efficacité antimicrobienne, notamment aux concentrations C_1 et C_2 , contre la majorité des souches testées. Malgré sa faible efficacité par rapport aux antibiotiques, elle demeure remarquable surtout contre *Pseudomonas aeruginosa*. Cependant, l'extrait révèle une activité assez faible contre *Candida albicans* par rapport aux autres souches et à l'amoxicilline.

2.4 Comparaison entre les résultats de deux extraits

On peut faire une comparaison d'activité microbienne entre les extraits de *M. oleifera* et *M. stenopetala* à partir du tableau au-dessous.

Tableau 12 : Diamètre de la zone d'inhibition des deux extraits de Moringa en fonction des concentrations.

Souches bactériens	Zone d'inhibition (mm)					
	Extrait de <i>M. oleifera</i>			Extrait de <i>M. stenopetala</i>		
	Concentration					
	C ₁ = 100 mg/D	C ₂ = 50 mg/D	C ₃ = 25 mg/D	C ₁ = 100 mg/D	C ₂ = 50 mg/D	C ₃ = 25 mg/D
<i>Escherichia coli</i> NCTG 10 538	14	14	11	11	07	08
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 66 33	16	14	14	14	08	07
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	19	12	12	15	13	07
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NCI MB 8626	21	21	15	15	15	14
<i>Candida albicans</i> ATTC 10231	≈ 06	07	08	07	09	08

De manière globale, l'extrait de *Moringa oleifera* donne une meilleure activité antimicrobienne que celui de *M. stenopetala* dans la majorité des cas.

Contre les bactéries à Gram négatif testées (*E. coli* et *P. aeruginosa*), les deux extraits ont montré une efficacité similaire et plutôt bonne, en particulier aux concentrations C₁ et C₂. *M. oleifera* a généralement induit des zones d'inhibition légèrement supérieures.

Pour les bactéries à Gram positif (*Bacillus spizizenii* et *Staphylococcus aureus*) *M. oleifera* s'est avéré nettement plus actif, induisant des zones d'inhibition beaucoup plus grandes que *M. stenopetala* à la plupart des concentrations testées.

Concernant l'activité contre *Candida albicans*, *M. oleifera* a également démontré une légère supériorité, bien que les deux extraits n'aient montré qu'une efficacité modérée contre cette levure.

De façon générale, les concentrations les plus élevées (C₁ et C₂) des deux extraits ont été les plus efficaces contre la majorité des souches, comparées à la concentration C₃.

Bien que *M. stenopetala* ait démontré une certaine activité antimicrobienne intéressante, les résultats indiquent que l'extrait de *M. oleifera* semble posséder un potentiel supérieur en tant qu'agent antimicrobien à explorer davantage.

Conclusion

À l'antiquité, la flore du sud de l'Algérie présentait une biodiversité considérable. Elle était riche de plusieurs milliers d'espèces botaniques aromatiques et médicinales à usage curatif ou préventif. Ces espèces sont adaptées aux conditions de sécheresse et se composent principalement de plantes résistantes telles que les arbustes épineux, les herbes xérophytes et les espèces de moringas.

Le genre Moringaceae possède différentes vertus grâce à ses feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines, offrant ainsi une valeur nutritionnelle et thérapeutique significative. En particulier, les feuilles peuvent être utilisées dans le traitement de nombreuses maladies, comme le confirment des travaux et études expérimentales menés dans différents pays africains et asiatiques.

Dans le cadre de la valorisation de ces ressources, notre étude porte sur *Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala* de la wilaya d'El Oued, commune de Debila, dans l'est de l'Algérie. Elle met en évidence les métabolites secondaires et examine l'activité antibactérienne des deux extraits préparés par macération de 100 g de feuilles avec du méthanol aqueux pendant 72 heures. L'analyse physicochimique a montré que l'extraction par macération a donné des résidus bruts de couleur allant du marron clair au marron foncé.

Les tests qualitatifs et les valeurs nutritives ont permis de confirmer la richesse des feuilles de ces deux espèces en molécules bioactives avec des différences quantitatives. Concernant l'évaluation du pouvoir antimicrobien, l'activité a été déterminée sur quatre souches bactériennes Gram (négatif et positif) : *Escherichia coli* (NCTG 10538), *Bacillus spizizenii* (ATCC 6633), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) et *Pseudomonas aeruginosa* (NCIMB 8626), ainsi qu'une levure, *Candida albicans* (ATTC 10231), en référence à deux antibiotiques, ATM et AMP, selon la méthode de diffusion sur disque.

Les résultats de l'étude antimicrobienne des feuilles des deux espèces indiquent que l'extrait méthanolique possède un pouvoir antimicrobien important vis-à-vis des souches testées, comparé aux antibiotiques avec des zones d'inhibition variables. Concernant la levure *Candida albicans*, les résultats montrent que les deux feuilles ont une faible activité avec une zone d'inhibition très réduite par rapport à celle des antibiotiques.

Ces résultats suggèrent que *M. oleifera* et *M. stenopetala* pourraient représenter une source naturelle et prometteuse de molécules chimiques aux activités biologiques très importantes. Pour poursuivre et approfondir ce travail, il serait judicieux de :

- Réaliser une étude ethnobotanique sur l'utilisation du moringa dans le régime alimentaire et les préparations culinaires de la population de la région d'El Oued.
- Essayer d'incorporer les feuilles fraîches ou la poudre de feuilles de moringa dans le régime alimentaire et les préparations culinaires de la population de la région d'El Oued.
- Mener des enquêtes sur les conditions environnementales de la culture de cette plante afin de les améliorer, dans l'objectif de maintenir ces plantes qui constituent un réservoir très intéressant pour la recherche futur.

Références bibliographiques

-A-

AgriMaroc. (2024, 05 20). Consulté le 06 04, 2024, sur Le Moringa en 2022, une culture qui s'adapte aux climats arides: <https://www.agrimaroc.ma/moringa-culture-adapte-climats-arides/>

Agro Produce UK. (2023, avril 18). Consulté le 03 10, 2024, sur The Environmental Benefits of Moringa: <https://www.agroproduceuk.com/post/the-environmental-benefits-of-moringa>

AGROCONSULT HAITI S, A. (2016). Analyse des Potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haïti.

Alshammaa, D. a. (2014, 07). Phytochemical Characterization using GC-MS Analysis of Methanolic Extract of Moringa oleifera. 6(5), 9-26. Consulté le 03 12, 2024

ANOTHER TREE. (2024, janvier 31). Consulté le 03 4, 2024, sur Le Moringa, c'est quoi ? Tout savoi: <https://anothertree.com/moringa-c-est-quoi/>

Anwar, F. a.-u. (2007, 01). oringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses}. Phytotherapy research : PTR, 21, 17 -25 .

-B-

BacDive. (s.d.). Consulté le 05 18, 2024, sur Bacillus spizizenii 231, NRS-231DSM 347, ATCC 6633, CCM ...: <https://bacdive.dsmz.de/strain/1187>

Bacillus spizizenii (Nakamura et al.) Dunlap et al. (s.d.). Consulté le 05 18, 2024, sur ATCC: <https://www.atcc.org/products/6633>

Baylis, M. (2023, 03 31). Fleurs de Moringa : Origine, Comestible, Bienfaits Et Utilisations. Consulté le 03 14, 2024, sur Gardeners Mag.: <https://gardenersmag.com/moringa-flower/#:~:text=Moringa%20flowers%20are%20the%20blossoms%20of%20the%20Moringa,nutrients%20%E2%80%93%20making%20it%20a%20powerful%20medicinal%20plant.>

Beconcini, D. a. (2020, 02). Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Cherry Extract: Nanosystems-Based Strategies to Improve Endothelial Function and Intestinal Absorption. Foods (Basel, Switzerland), 9, 6.

BENBALIA Ahlem, a. B. (2020, 09). Etude de l'activité anti-inflammatoire. (S. STU, Éd.) Consulté le 05 25, 2024, sur https://dspace.univ-guelma.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/10675/BENBALIA_AHLEM_Sciences%20biologiques.._Immunologie%20appliqu%C3%A9e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bouaziz, A. L. (2014). Identification de métabolites secondaires des plantes. Identification de métabolites secondaires des plantes, protecteurs des photorécepteurs à cônes pour le traitement de la rétinopathie pigmentaire. Consulté le 05 20, 2024, sur https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Identificationdem%C3%A9tabolitessecondairesdesplantes%2C+protecteurs+desphotor%C3%A9cepteurs%C3%A0c%C3%B4nespourle+traitementdelar%C3%A9tinopathiepigmentaire+Alexandra+LyorBouaziz&btnG=#

Brilhante, R. S. (2017). {La recherche avance sur les multiples utilisations du *Moringa oleifera* : une alternative durable pour les populations socialement marginalisées. (Elsevier, Éd.) *Journal Asie-Pacifique de médecine tropicale*, 10(7), 621-630.

-C-

Carine C. Hédji, D. N. (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*, 8, 7277--7289. Récupéré sur <https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/109569>

Cui, C. e. (2019, 07 01). Caractérisation du polysaccharide MRP-1 des racines de *Moringa oleifera* à effet anti-inflammatoire. (Elsevier, Éd.) *journal international de macromolécules biologiques*, 132, 844-851. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.03.210

Cutle, W. (2018, janvier 18). *Moringa stenopetala* pod at Koko Crater BG on O'ahu Moringaceae. Consulté le 05 14, 2024, sur flickr: <https://www.flickr.com/photos/wlcutler/26377692778/in/photostream/>

-D-

DADDA, W. a. (2021). Contribution à l'étude du potentiel hypoglycémiant du *Moringa*. Adrar, Département de Sciences de la nature et de la vie, ALGERIE. Consulté le 04 2024, sur <https://dspace.univadrarunivadrar.edu.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/5465/Contribution%20%C3%A0%20l%27%C3%A9tude%20du%20potentiel.pdf?sequence=1>

DAO, M. C. (2015). orphological characteristic variation of eleven provenances of *Moringa oleifera* seedlings grown in the Northern Sudanese area of Burkina Faso. *African Journal of Plant Science*, 9(10), 401-411. doi:10.5897/AJPS2015.1334

Dessalegn, E. e. (2021, 01 01). Composés phénoliques et activité antioxydante in vitro du *Moringa stenopetala* cultivé dans le sud de l'Éthiopie. *Journal international des propriétés alimentaires*, 24(1), 1681-1692. doi:10.1080/10942912.2021.1990943

Djeneba, C. D. (2022, 01 26). Caractérisation et composition biochimique et nutritionnelle du Moringa Oleifera récolté dans le district de Bamako, Mali en 2020. *Revue Mali Santé Publique*, 5-13.
doi:0.53318/msp.v12i01.2416

-E-

ELESAN. (s.d.). Récupéré sur Staphylocoque: <https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/maladies-generale/staphylocoque-causes-traitements>

Eyassu, S. (2015). Actual and Potential Applications of Moringa stenopetala, Underutilized Indigenous Vegetable of Southern Ethiopia: A Review. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 3(4), 15.

-F-

Fennouche, N. a. (2008). Contribution a l'etude du mécanisme de biosynthèse des polyphénols chez les plantes médicinales. Jijel. Consulté le 05 20, 2024, sur <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/8153>

FUTURA. (s.d.). Récupéré sur Colibacille : qu'est-ce que c'est ? : <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-colibacille-5138/>

-G-

Gopalakrishnan, L. e. (2016). {Moringa oleifera : Une revue sur son importance nutritive et ses applications médicinales. (Elsevier, Éd.) *Science alimentaire et bien-être humain*, 5(2), 49--56.

-H-

Habtemariam, S. (2017). The African and Arabian Moringa Species Chemistry, Bioactivity and Therapeutic Applications (éd. 1st Edition). Consulté le 05 13, 2024

Haddouchi, F. a. (2016, 12 12). Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*. doi:10.1007/s10298-016-1086-8

Heredia, J. B.-G. (Éd.). (2021). Biological and Pharmacological Properties of the Genus Moring (éd. 1). CRC Press. doi:10.1201/9781003108863

Heuzé V, T. G. (2019, 03 9). Moringa oleifera. Consulté le 03 2024, sur Feedipedia : <https://www.feedipedia.org/node/124#:~:text=Morphology,The%20roots%20are%20deep>.

Houfani Ikram, K. N. (2022, 06 25). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne chez l'espèce (Moringa oleifera Lam.). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne chez l'espèce (Moringa oleifera Lam.). Consulté le 05 20, 2024, sur Mémoires Master Français 2022: [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2022/Contribution%20%C3%A0%20l'%C3%A9tude%20phytochimique%20et%20%C3%A9valuation%20de%20l'activit%C3%A9%20antimicrobienne%20chez%20l'esp%C3%A8ce%20\(Moringa%20oleifera%20Lam.\).pdf](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2022/Contribution%20%C3%A0%20l'%C3%A9tude%20phytochimique%20et%20%C3%A9valuation%20de%20l'activit%C3%A9%20antimicrobienne%20chez%20l'esp%C3%A8ce%20(Moringa%20oleifera%20Lam.).pdf)

Houfani, I. K. (2022, 25 06). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne chez l'espèce (Moringa oleifera Lam.). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne chez l'espèce (Moringa oleifera Lam.), 29. Consulté le 05 20, 2024, sur [https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2022/Contribution%20%C3%A0%20l'%C3%A9tude%20phytochimique%20et%20%C3%A9valuation%20de%20l'activit%C3%A9%20antimicrobienne%20chez%20l'esp%C3%A8ce%20\(Moringa%20oleifera%20Lam.\).pdf](https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2022/Contribution%20%C3%A0%20l'%C3%A9tude%20phytochimique%20et%20%C3%A9valuation%20de%20l'activit%C3%A9%20antimicrobienne%20chez%20l'esp%C3%A8ce%20(Moringa%20oleifera%20Lam.).pdf)

-I-

ikuru, N. e. (2011). Perspectives et défis dans l'utilisation du Moringa oleifera Lam. pour la durabilité des agroécosystèmes au Nigeria. Journal international de l'agriculture et du développement rural, 14(2), 660--665.

INSTITUT PASTEUR. (s.d.). Récupéré sur STAPHYLOCOQUE: <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/staphylocoque>

-K-

Kaidi, K. a. (2023, 07 09). L'Effet antibactérien et antifongique d'huile essentielle des feuilles de Moringa oleifera L. 5, 58-66.

KAMA AYURVEDA. (2023, 10 29). Récupéré sur 8 avantages étonnants de l'huile de Moringa pour la peau et ses utilisations: <https://www.kamaayurveda.in/blog/moringa-oil>

- Kammalac, T. N. (2014, 12 18).** Diversité génétique d'isolats de *Cryptococcus* et *Candida* issus des patients VIH positifs à Yaoundé et étude de leur sensibilité aux antifongiques et aux extraits de plantes. Consulté le 05 22, 2024, sur https://theses.hal.science/tel-01132146/file/2014_NGOUANA__archivage.pdf
- Karruli, A. C.-M. (2023, 02 16).** Traitement fondé sur des données probantes des infections à *Pseudomonas aeruginosa* : une réévaluation critique. *Antibiotics*, 12(02), 399. doi:10.3390/antibiotics12020399
- Klimek-Szczykutowicz, M. G.-B.-M.-S.-K. (2024).** *Moringa oleifera* (drumstick tree)—nutraceutical, cosmetological and medicinal importance. *Frontiers In Pharmacology*, 15, 1288382. Récupéré sur <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2024.1288382/full>
- Koné, K. P. (2018, Juillet).** {Applications des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertenseurs de la pharmacopée ivoirienne. Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny - Yamoussoukro, 40. Récupéré sur <https://theses.hal.science/tel-02055347>
- Koné, K. P. (2018, 07 3).** Applications des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne. Applications des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne; 17 -- 25., 17 - 25. Consulté le 05 20, 2020, sur <https://theses.hal.science/tel-02055347>
- Kumar, P. S. (2010).** {Medicinal uses and pharmacological properties of *Moringa oleifera*. *International Journal of Phytomedicine*, 2(3), 210-216. doi:10.5138/ijpm.2010.0975.0185.02031
- L-**
- Laleye, O. A. (2015).** Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700. doi:10.4314/ijbcs.v9i5.38
- M-**
- Mallenakuppe, R. a. (2015).** History, taxonomy and propagation of *Moringa oleifera*--a review. *SSR Institute of International Journal of Life Sciences*, 3-15. doi:10.21276/SSR-IJLS.2019.5.3.7
- Mallenakuppe, R. H. (2019).** History, taxonomy and propagation of *Moringa oleifera*. *SSR Institute of International Journal of Life Sciences*, 5, 2322-2327. doi:10.21276/SSR-IJLS.2019.5.3.7

- Meena, A. a. (2010).** Moringa oleifera: a review. Journal of Pharmacy Research, 840--842.
- Mikore, D. a. (2017).** Determination of proximate and mineral compositions of Moringa oleifera and Moringa stenopetala leaves cultivated in Arbaminch Zuria and Konso, Ethiopia. AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY, 16(15), 808-818. Récupéré sur <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/CFAE43263694.pdf>
- Mikore, D. a. (2017).** Determination of proximate and mineral compositions of Moringa oleifera and Moringa stenopetala leaves cultivated in Arbaminch Zuria and Konso, Ethiopia. African Journal of Biotechnology, 16(15), 809. doi:10.5897/AJB2017.15919
- Mohamed E Abd El-Hack, A. H.-S.-T. (2022).** Pharmacological, nutritional and antimicrobial uses of Moringa oleifera Lam. leaves in poultry nutrition: an updated knowledge. Poultry Science, 101(9), 102031. Récupéré sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122003224>
- Moringa sp. (Néverdier). (2011).** Consulté le 03 10, 2024, sur Doc Player: <https://docplayer.fr/25034791-Moringa-sp-neverdier.html>
- Mouas, Y. a. (2017).** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin Rosmarinus officinalis L. Revue Agrobiologia, 7(1), 364.
- Moyo, B. a. (2011).** Nutritional characterization of Moringa (Moringa oleifera Lam.) leaves. African journal of biotechnology, 10(60), 12925--12933. doi:10.5897/AJB10.1599
- Mulugeta, G. e. (2014).** Potentiels industriels et agricoles du Moringa. Journal of Natural Sciences Research, 4(2), 1-14.

-N-

- Nakamura LK, R. M. (1999, 07).** Relationship of Bacillus subtilis clades associated with strains 168 and W23: a proposal for Bacillus subtilis subsp. subtilis subsp. nov, and Bacillus subtilis subsp. spizizenii subsp. nov,. International Journal of Systematic Bacteriology, 49, 1211-1215. Consulté le 05 2024, sur <https://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/49/3/ijjs-49-3-1211.pdf?expires=1715975923&id=id&accname=guest&checksum=A6780BFE7EB254E7D0A12CCC E8CAB4CC>
- Nizioł-Lukaszewska, Z. ,.-T.-B. (2020, 07 01).** Extraits de Moringa oleifera L. en tant qu'ingrédients bioactifs qui augmentent la sécurité des cosmétiques pour le corps. Recherche et pratique en dermatologie, 2020, 1-14. doi:10.1155/2020/8197902
- Ntshambiwa, K. a. (2023, 03 01).** Nutritional composition, bioactive components and antioxidant activity of Moringa stenopetala and Moringa oleifera leaves grown in Gaborone, Botswana 2023. Food Production, Processing and Nutrition, 5(1), 1-13. doi:10.1186/s43014-022-00124-x

-O-

one soak. (s.d.). Récupéré sur Beurre de moringa: <https://www.onesoak.ca/product-page/beurre-de-moringa-biologique#:~:text=Riche%20en%20acides%20gras%20om%C3%A9ga,et%20%C3%A0%20am%C3%A9liorer%20le%20teint.>

-P-

Parrotta, J. A. (2014, 01 30). Moringa oleifera}. ResearchGate, 1-8. doi:10.1002/9783527678518.ehg2005015

Paruch, A. M. (2012). Specific features of Escherichia coli that distinguish it from coliform and thermotolerant coliform bacteria and define it as the most accurate indicator of faecal contamination in the environment. (Elsevier, Éd.) Ecological Indicators, 23, 140-142. doi:10.1016/j.ecolind.2012.03.026

-R-

Raghavendra, H. a. (2016). Nutritive composition and antimicrobial activity of Moringa stenopetala (Baker f.) Cufod. {Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences, 10(3), 1--9. Consulté le 03 2024, sur https://www.researchgate.net/profile/Prashith-Tr/publication/310502464_Nutritive_Composition_and_Antimicrobial_Activity_of_Moringa_stenopetala_Baker_f_Cufod/links/583060f208aef19cb817f3e0/Nutritive-Composition-and-Antimicrobial-Activity-of-Moringa-stenope

reNature. (2022, 09 13). Consulté le 03 4, 2024, sur Moringa Oleifera: <https://www.renature.co/commodities/moringa/#:~:text=The%20History%20of%20Moringa,the%20northern%20region%20of%20India.>

Research square. (s.d.). Consulté le 03 2024, sur Plantation et perception des agriculteurs sur les impacts environnementaux de l'arbre Moringa stenopetala à Offa Woreda, sud de l'Éthiopie: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2842893/v1>

Roumeissa, L. a. (2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale: Artemisia herba alba Asso. Biochimie moléculaire et santé. Algérie: Université de Frère Menturi Constantine, 71, 28.

-S-

Saa RW, F. E. (2019, 05 07). Traitements et utilisations de Moringa oleifera Les graines dans l'alimentation humaine. Food Sci Nutr, 7(6), 1911-1919. doi:10.1002/fsn3.1057

- Saab, A. a. (2017, 07).** Phytochemical and pharmacological properties of essential oils from Cedrus species. *Natural Product Research*, 32, 1-13. doi:10.1080/14786419.2017.1346648
- Saini, R. K.-S. (2016).** Phytochemicals of Moringa oleifera: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3Biotech*, 6, 1-14.
- Sardabi, F. a. (2022, 4).** Potential benefits of Moringa peregrina defatted seed: Effect of processing on nutritional and anti-nutritional properties, antioxidant capacity, in vitro digestibility of protein and starch, and inhibition of α -glucosidase and α -amylase enzymes. *Food Chemistry Advances*, 1, 100034.
- Seifu, E. (2015).** Actual and potential applications of Moringa stenopetala, underutilized indigenous vegetable of Southern Ethiopia: a review. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 3(4).
- Seifu, E. (2015, 01).** Actual and potential applications of Moringa stenopetala, underutilized indigenous vegetable of Southern Ethiopia: a review. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 3(4), 4. doi: 10.24102/ijafr.v3i4.381
- Seifu, E. (2015).** ctual and potential applications of Moringa stenopetala, underutilized indigenous vegetable of Southern Ethiopia: a review. *nternational Journal of Agricultural and Food Research*}, 3, 4.
- Spandana, U. a. (2016).** A Review on Meracle tree: Moringa oleifera. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 189-191.
- Sreelatha, S. a. (2009, 11 11).** Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Moringa oleifera Leaves in Two Stages of Maturity. *Plant foods for human nutrition* , 64(4), 303-311. doi:10.1007/s11130-009-0141-0
- Sy, A. N. (2016, 09 12).** Mise en évidence de l'activité anti-inflammatoire des sous-fractions méthanoliques des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae) chez le rat. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 760. doi:10.4314/ijbcs.v10i2.25

-T-

- Tamrat, Y. e. (2017, 09 29).** Activités anti-inflammatoires et analgésiques des fractions solvantes des feuilles de Moringa stenopetala Bak. (Moringaceae) chez des modèles de souris. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 1-10. doi:10.1186/s12906-017-1982-y
- Tefera, A. T. (2023).** African Moringa stenopetala Plant: An Emerging Source of Novel Ingredients for Plant-Based Food. *IntechOpen eBooks*, 108. doi:10.5772/intechopen.112213
- Tesfaye, A. e. (2022).** Enquêtes ethno-pharmacologiques sur Moringa stenopetala Bak. Cuf. et ses défis de production dans le sud de l'Éthiopie. (C. É.-U. Bibliothèque publique des sciences de San Francisco, Éd.) {PLoS One, 17(9), e0274678.

Thirumurugan, D. e. (2018). Un chapitre d'introduction : les métabolites secondaires. (R.-U. IntechOpen Londres, Éd.) Métabolites secondaires-sources et applications, 1, 13.

Thurber, M. D. (2009, 05 07). Adoption of Moringa oleifera to Combat Under-Nutrition Viewed Through the Lens of the “Diffusion of Innovations” Theory. Ecology of Food and Nutrition, 48(3), 212-225.

Tiwari, R. e. (2015). Métabolites secondaires des plantes . Journal international de recherche en ingénierie et de sciences générales, 3(5), 661-670.

Truzzi, F. e. (2021, 05 24). Un aperçu des polyphénols alimentaires et de leur système de classification biopharmaceutique (BCS). (MDPI, Éd.) Journal international des sciences moléculaires, 22(11), 5514. doi:10.3390/ijms22115514

Tsao, R. (2010, 12). Chimie et biochimie des polyphénols alimentaires. (MDPI, Éd.) Nutrients, 2(12), 1231-1246. doi:10.3390/nu2121231

-Y-

Yehe, M. D. (2019). tude physico-chimique d'un coagulant naturel: la poudre de graines de Moringa oleifera. Revue ivoirienne des sciences et technologie, 33, 287--299.

Annexe

Annexe 01

Intérêt écologique de Moringa

Espèce	Intérêt écologique
<i>Moringa oleifera</i>	<p>La feuille de <i>M. oleifera</i> peut aussi servir de stimulateur naturel de croissance des plantes, car elle renferme diverses hormones de croissance et minéraux.</p> <p>Leur capacité à produire jusqu'à 650 tonnes de matière verte par hectare lui permet de fournir une quantité importante de nutriments essentiels tels que le calcium (26,4 g/kg), le phosphore (1,36 g /kg) et le potassium (21,7 g/ kg).</p> <p>D'autre part elle présente aussi des propriétés biopesticides et peut être utilisé comme brise-vent et paillis.</p> <p>Ces avantages écologiques laissent entendre que le Moringa pourrait être utilisé pour la préservation des agroécosystèmes en tant que stratégie visant à soutenir la pratique émergente de culture continue pour assurer la sécurité alimentaire (ikuru, 2011).</p>
<i>Moringa stenopetala</i>	<p>Une plante efficace pour augmenter la fertilité des sols. Il valorise et conserve la matière organique du sol et améliorer la capacité du sol à fournir des éléments nutritifs aux plantes et contribue à un écosystème durable.</p> <p>Elle peut être utilisé comme source de revenus supplémentaire et pourrait améliorer la sécurité du revenu des ménages. Et aussi pour fournir de la nourriture, suivi de la protection des champs agricoles et du contrôle de l'érosion des sols (Research square, s.d.).</p>

Annexe 02

Intérêt nutritionnelle de Moringa

Espèce	Intérêt nutritionnelle
<i>Moringa oleifera</i>	<p>Elle renferme plus de 90 substances chimiques nutritionnelles, telles que des protéines, des lipides, des glucides et des fibres végétales. C'est un aliment utilisé dans les tropiques pour combattre la malnutrition, notamment chez les enfants et les nourrissons (Brilhante, 2017).</p> <p>En fait, le moringa apporterait 7 fois plus de vitamine C que les oranges, 10 fois plus de vitamine A que les carottes, 17 fois plus de calcium que le lait, 9 fois plus de protéines que le yaourt, 15 fois plus de potassium que les bananes et 25 fois plus de fer que les bananes (Gopalakrishnan, 2016).</p>
<i>Moringa stenopetala</i>	<p>La feuille de <i>M. stenopetala</i> est une excellente source de protéines, de glucides et de minéraux. Ses derniers sont nécessaires à la physiologie normale du corps, c'est-à-dire qu'elles peuvent servir de nourriture ou d'aliment pour les animaux. Multivitaminés pour stimuler la croissance et le bien-être</p> <p>De plus leur consommation dans l'alimentation des volailles et du bétail peut être bénéfique en tant que supplément protéique approprié (Raghavendra, 2016).</p>

Annexe 03

Utilisation médicinale *Moringa oleifera*

Partie de plante	Utilisation médicinale
Racine	Antilithique, rubéfiant, vésicant, carminatif, anti fertilité, anti-inflammatoire, stimulant dans les affections paralytiques ; agir comme tonique cardiaque/circulatoire, utilisé comme laxatif, abortif, traiter les rhumatismes, les inflammations, les douleurs articulaires, les douleurs lombaires ou rénales et la constipation.
Feuilles	Purgatif, appliqué en cataplasme sur les plaies, frotté sur les tempes pour les maux de tête, utilisé pour les hémorroïdes, les fièvres, les maux de gorge, les bronchites, les infections des yeux et des oreilles, le scorbut et le catarrhe ; on pense que le jus des feuilles contrôle les niveaux de glucose, appliqué pour réduire le gonflement glandulaire.
Écorce de tige	Rubéfiant, vésicant et utilisé pour guérir les maladies oculaires et pour le traitement des patients délirants, prévenir l'hypertrophie de la rate et la formation de glandes tuberculeuses du cou, détruire les tumeurs et guérir les ulcères. Le jus de l'écorce de racine est introduit dans les oreilles pour soulager les maux d'oreilles et également placé dans une cavité dentaire comme analgésique et a une activité antituberculeuse.
Gommiers	Utilisé pour les caries dentaires, il est astringent et rubéfiant ; La gomme, mélangée à de l'huile de sésame, est utilisée pour soulager les maux de tête, la fièvre, les troubles intestinaux, la dysenterie, l'asthme et parfois utilisée comme abortif, ainsi que pour traiter la syphilis et les rhumatismes.

Fleure	Haute valeur médicinale comme stimulant, aphrodisiaque, abortif, cholagogue ; utilisé pour soigner les inflammations, les maladies musculaires, l'hystérie, les tumeurs et l'hypertrophie de la rate ; abaisser le cholestérol sérique, les phospholipides, les triglycérides, les VLDL, le rapport cholestérol LDL/phospholipides et l'indice athérogène ; diminuer le profil lipidique du foie, du cœur et de l'aorte chez les lapins hypercholestérolémies et augmenter l'excrétion du cholestérol fécal.
Graine	L'extrait de graines exerce son effet protecteur en diminuant les peroxydes lipidiques hépatiques, des composés antihypertenseurs, le thiocarbonate et les glycosides isothiocyanates, ont été isolés de la phase acétate de l'extrait éthanolique de gousses de Moringa (Anwar, 2007).

Année universitaire : 2023-2024

Présenté par : Bouaichi Achwak
Djeghri Serine

Screening phytochimique et l'évaluation d'activités antimicrobienne des feuilles de **Moringa** (*Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala*)

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biochimie Appliquée

La famille Moringaceae considéré comme l'un des arbres de médecine traditionnelle les plus utiles et riche au monde. C'est un arbuste originaire du sud d'Asie, Afrique. Elle possède des propriétés nutritionnelles, thérapeutique et biologique importante qui lui confèrent un grand intérêt scientifique.

Cette plante, souvent décrite sous les noms « Arbre miracle » « Arbre aux mille vertus » et « Le don de dieux à l'homme » comprend plus de 13 espèces parmi lesquelles les plus connus sont le *Moringa Oleifera* et le *Moringa Stenopetala* dans le sud algérien.

Notre étude porte sur la mise en évidence des métabolites secondaires dans le filtrat hydro -méthanolique obtenu par macération des feuilles pendants 72h dans le méthanol aqueux. L'objectif est déterminé et détecter la teneur des molécules bioactives au niveau des feuilles de *Moringa oleifera* et *Moringa stenopetala*.

Les résultats de ce test qualitatif ainsi que les valeurs nutritives des feuilles ont permis affirmer la richesse de ces deux espèces en métabolites secondaires tell que les polyphénols, tanins, stéroïdes et alcaloïdes avec une différence quantitative.

Concernant l'évaluation du pouvoir antimicrobien réalisée sur quatre souches bactériennes, *Escherichia coli*, *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, et une levure *Candida albicans*, en référence à deux antibiotiques, ampicillines et aztreonam selon la méthode de diffusion sur disque.

Les résultats montrent que ces deux espèces, possède une activité antimicrobiennes significative contre les bactéries et les levures avec différents diamètres d'inhibition.

Mots-clefs : Moringaceae, *Moringa oleifera*, *Moringa stenopetala*, polyphénol, Tanins, Stéroïdes, Alcaloïdes, screening phytochimique, activité antimicrobienne.

Laboratoires de recherche : laboratoire de Biochimie et Microbiologie (U Constantine 1 Frères Mentouri).
Laboratoire d'ENSB (U Constantine 3 Salah Boubnider).

Président du jury : Kassa L.M (MC(A) - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Zeghbid Nassim Lotfi (MC(B) - UFM Constantine 1).

Examineur(s) : Aya Sofia Bouchoukh (Vacataire- UFM Constantine 1).