

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

**Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila**

**Institut des Sciences et de la Technologie**

**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de**

**Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie Appliquée**

**Thème :**

**Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait d'une  
plante utilisée en médecine traditionnelle en Algérie**

**Présenté par :**

- **BOUABDALLAH Zehor**
- **CHERIER Nedjla**
- **SAIFI Ahlam**

**Devant le jury :**

- **Président : AMARI Salima (MAA)**
- **Examineur : CHEKROUD Karim (MCA)**
- **Promoteur : AHMED GAID Kelthoum (MCB)**

**Année universitaire : 2021/2022**

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la santé, la prospérité, le courage et la force afin de passer devant tous les obstacles que nous avons rencontrés et de nous avoir permettre de compléter nos études ainsi que ce modeste travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde Gratitude à Mme AHMEDGAID. K., notre promotrice pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses remarques, ses conseils et ses Orientations*

*Nous tenons à remercier Mme AMARI .S., de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance*

*Nous tenons à remercier Mr.CHEKROUD. K., d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce présent travail.*

*Nous associons à nos remerciements le personnel de laboratoire de microbiologie qui nous a fourni de l'aide au cours de notre travail.*

*A tous nos enseignants du département de biologie de l'Université Abdelhafid Boussouf- Mila qui nous ont constamment soutenu et nous ont considéré comme un de leurs.*

*Enfin nous tenons à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, qu' ils trouvent ici notre sincère et profonde gratitude.*

***Merci à tous.***

## ***Dédicaces***

*Je remercie "le Bon Dieu" de m'avoir donné le courage pour réaliser ce travail et la patience pour aller jusqu'au bout de parcours de mes études*

*C'est avec une profonde gratitude et sincérité, Que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à "Mon père Laid "pour sa tendresse, son encouragement et l'homme qui présente pour moi l'ensemble des sacrifices, et qui m'a aidé toujours et durant la période des études «Papa je t'aime».*

*"Ma mère Fatiha " source d'amour, de tendresse bijoux de ma vie, et la femme qui m'a encouragée, aidée et guidée dans la chemin de la vie «Mama je t'aime».*

*J'espère qu'un jour, je peux leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, Que dieu leur prête bonheur et longue vie.*

*Je dédie ce travail aussi:*

*A mes sœurs : Dalila, Saliha, Roubila, Messouda, Noura, Soumia, Loubna.*

*A mes frères Allal, Hassen*

*A toutes ma famille Paternelle et Maternelle (Bouabdallah ,Bousbaa )*

*A mes meilleurs amies avec qui j'ai passé mes plus belles années (Rania,Ahlam ,Nadjla ,Anfel, Maissa, et Ines)*

*A tous les gens de ma promotion (2021\_2022), enseignants et étudiants.*

*A tous ce qui m'aiment et me souhaitent le bonheur et à tous qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à l'élaboration de ce rapport.*

**Zohor**

## ***Dédicaces***

*A mon très cher Père puisse dieu le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde merci beaucoup papa je t'aime tellement.*

*A ma très chère mère*

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protège et te donne la santé, le bonheur et longue vie*

*A mes très chères sœur Samar, Ikram*

*Mes frères Anis et Mouad .*

*Au trinôme*

*« Zohor et Ahlam » qui ont partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et leur famille.*

*A ma deuxième famille*

*Ma belle mère Halima Cher Salah.*

*Mes belles sœurs Insaf et Marwa*

*A toute la famille (Cherier, Ancer, Bennacer)*

*Aux chères amies*

*Qui ont été toujours avec moi avec leurs aides et soutiens; Lina ; Rola, Romaiassa Nihel Rihem*

*Aux personnes dont j'ai aimé la présence dans ce jour.*

***Nadjla***

## ***Dédicaces***

*Grâce à Dieu qui m'a donné le pouvoir et le courage à accomplir mon travail.*

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce travail :*

*A mon cher père : Ahmed*

*Mon exemple éternel et ma source de joie et de bonheur, pour ses encouragements incessants et son soutien aux moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et mon bien être.*

*Puisse Dieu le Très Haut, vous accorder santé, bonheur longue vie.*

*A ma chère mère : Karima*

*La lumière de mes jours, la source de mes efforts, mon soutien indéfectible et mon grand secours qui n'a jamais cessé de m'encourager et de me soutenir en permanence durant toutes les années de mes études. Sans toi, je n'ai pas pu être ce que je suis et je ne saurais pu progresser et achever ce travail.*

*Que Dieu vous bénisse et vous garde en bonne santé.*

*A ma chère sœur : Alaa Erhman*

*Qui n'a pas cessé de m'encourager et m'a poussé à poursuivre. Je vous souhaite le succès dans vos études et dans votre vie privée.*

*A mon trinôme : Nadjla et Zehor*

*Pour les moments forts et agréables que nous avons passés ensemble, J'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.*

*A mes très chères amies : Ikram, Zeyneb, Malak ,Inas , Rahma et Chahira.*

*Pour l'ambiance cordiale et l'aide qu'elles m'ont apportés à tout moment*

*A tous ceux qui sont trop chers pour moi.*

**AHLAM**

## Table des matières

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1

### Partie bibliographique

#### Chapitre I : Les plantes médicinales et les métabolites secondaires

I. 1. Les plantes médicinales .....	5
I.1.1. Définition .....	5
I.1.2. Histoire des plantes médicinales .....	5
I.1.3. Origine .....	6
I.1.3.1. Les plantes spontanées .....	6
I.1.3.2. Les plantes cultivées.....	6
I.2. La phytothérapie .....	6
II.2.1. La phytothérapie traditionnelle.....	7
II.2.2. La phytothérapie clinique .....	7
I.3. Les métabolites secondaires .....	8
I.3.1. Classification .....	8
II.3.1.1. Les composés phénoliques .....	8
II.3.1.1.1. Acides phénoliques .....	9
III.3.1.1.2. Flavonoïdes.....	10
II.3.1.1.3. Tanins.....	11

II.3.1.1.4. Coumarines .....	12
II.3.1.2. Les alcaloïdes .....	13
II.3.1.2.1. Les alcaloïdes vrais .....	13
II.3.1.2.2. Les pseudo-alcaloïdes .....	13
II.3.1.2.3. Les proto-alcaloïdes .....	14
II.3.1.3. Les terpénoïdes .....	14

## **Chapitre II: Présentation de la plante étudiée : Moringa oleifera**

II. Présentation de la plante étudiée : Moringa Oleifera .....	16
II.1. Généralités .....	16
II.2. Nomenclature.....	16
II.3. Taxonomie .....	16
II.4. Description botanique.....	17
II.5. Origine et distribution.....	18
II.6. Composition chimique de Moringa oleifera .....	19
II.7. Ecologie .....	19
II.8. Utilisations.....	20
II.8.1. Domaine alimentaire.....	20
II.8.2. Domaine médicale .....	20
II.8.3. Autres utilisations .....	22
II.9. Propriétés biologiques .....	22
II.9.1. Activité antibactérienne .....	22
II.9.2. Activité antioxydante .....	23
II.9.3. Activité anticancéreuse .....	23
II.9.4. Activité antidiabétique .....	23
II.9.5. Activités antalgiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques.....	24

II.9.6. Activité antiasthmatique .....	24
II.9.7. Activité anti-allergique .....	24
II.9.8. Activité neuropharmacologique.....	25
II.9.9. Activité cicatrisante .....	25
II.9.10. Activité cardiovasculaire .....	25

## **Partie expérimentale**

### **Matériel & Méthodes**

I.1 Matériel végétal .....	28
I.1.1. Lieu de récolte.....	28
I.1.2. Préparation de la plante.....	28
I.2. Matériel biologique.....	29
II.1.1. Extrait aqueux .....	30
I.1.2. Extrait éthanolique .....	30
II.1.3. Extrait chloroformique.....	30
II.2. Screening phytochimique .....	30
II.2.1. Recherche des groupes chimiques.....	30
II.2.1.1. Test de Polyphénols .....	30
II.2.1.2. Test des alcaloïdes .....	30
II.2.1.3. Test des saponosides .....	31
II.2.1.4. Test de coumarines .....	31
II.2.1.5. Test d'anthraquinoniques.....	31
II.2.1.6. Test des flavonoïdes.....	31
II.2.1.7. Test des mucilages .....	32
II.2.1.8. Test d'anthocyanes.....	32
II.2.1.9. Test des tanins.....	32



II.3. Etude de l'activité antibactérienne .....	32
II.3.1. Préparation des extraits et calcul du rendement d'extraction .....	32
II.3.2. Dilutions .....	33
II.3.3. Préparation des inoculum.....	33
II.3.4. Ensemencement .....	33
II.3.5. Préparation et dépôt des disques.....	34
II.3.6. Lecture des résultats .....	34

## **Résultats & Discussion**

I. Résultats du screening phytochimique .....	36
I.1. Caractérisation des polyphénols .....	36
I.2. Caractérisation des alcaloïdes .....	36
I.3. Caractérisation des saponosides.....	37
I.4. Caractérisation des coumarines.....	37
I.5. Caractérisation des anthraquinones.....	37
I.6. Caractérisation des flavonoïdes .....	38
I.7. Caractérisation des mucilages.....	38
I.8. Caractérisation des anthocyanes .....	38
I.9. Caractérisation des tanins .....	39
I.9.1. Tanins condensés.....	39
I.9.1. Tanins hydrolysables.....	39
II. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne .....	40
II.1. Calcul du rendement de l'extrait méthanolique brut .....	40
II.2. Evaluation de l'activité antibactérienne .....	41
II.2.1. Pouvoir antibactérien de l'extrait méthanolique .....	42
II.2.2. Pouvoir antibactérien de l'extrait aqueux .....	43

DISCUSSION ..... 45

conclusion ..... 48

Références bibliographiques

Annexes

## Liste des abréviations

Abréviation	Mot
<i>M. oleifera</i>	<i>Moringa oleifera</i>
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la sante
<b>UV</b>	Ultra-violet
<b>Mm</b>	Micro mètre
<b>G /MOL</b>	Gramme par mole
<b>g/kg</b>	Gramme/kilogramme
<b>M</b>	Masse
<b>BN</b>	Bouillon nutritif
<b>GN</b>	Gélose nutritive
<b>MH</b>	Muller Hinton
<b>Min</b>	Minute
<b>FeCL3</b>	Chlorure ferrique
<b>HCl</b>	Acide chlorhydrique
<b>H2SO4</b>	Acide sulfurique
<b>NH4OH</b>	Ammoniaque
<b>Nm</b>	Nanomètre
<b>HTA</b>	Hyper tension artérielle
<b>KOH</b>	hydroxyde de potassium
<b>CM</b>	Extrait méthanolique concentré
<b>CM ½</b>	Extrait méthanolique dilué au ½
<b>CM ¼</b>	Extrait méthanolique dilué au ¼
<b>CA</b>	Extrait aqueux concentré
<b>CA ½</b>	Extrait aqueux dilué au ½
<b>CA ¼</b>	Extrait aqueux dilué au ¼
<b>R</b>	Rendement
<b>M</b>	Masse de l'extrait sec obtenu (g)
<b>M<sub>0</sub></b>	Masse initiale de la matière végétale (g)
<b>NaCl</b>	Chlorure de sodium
<b>BLSE</b>	Betalactmase à spectre élagri
<b>EAG</b>	Equivalent d'acide gallique
<b>EQ</b>	Equivalent de quercétine
<b>EC/g</b>	Equivalent de catéchine
<b>M.S</b>	Matière sèche
<b>IgG</b>	Immunoglobulin G
<b>K pneumonia</b>	Klebsiella pneumonia
<b>S aureus</b>	Staphylococcus aureus
<b>mm</b>	Millimetre

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Structure des acides phénoliques .....	9
<b>Figure 2</b> : Les différentes classes de flavonoïdes .....	11
<b>Figure 3</b> : Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés.....	12
<b>Figure 4</b> : Structure de coumarine.....	13
<b>Figure 5</b> : <i>Moringa oleifera</i> , feuille, inflorescences et fruits .....	16
<b>Figure 6</b> : Feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	17
<b>Figure 7</b> : Fleurs de <i>Moringa oleifera</i> .....	17
<b>Figure 8</b> : Fruits de <i>MoringaOleifera</i> .....	17
<b>Figure 9</b> : Graines de <i>MoringaOleifera</i> .....	18
<b>Figure 10</b> : Répartition topographique de <i>Moringaoleifera</i> .....	18
<b>Figure 11</b> : Fréquence de citation des différents usages médicaux de <i>Moringa</i> .....	21
<b>Figure 12</b> : Utilisations des différents organes de <i>Moringa</i> .....	22
<b>Figure 13</b> : Localisation géographique du lieu de la récolte .....	28
<b>Figure 14</b> : Feuilles de la plante <i>Moringa oleifera</i> après séchage .....	29
<b>Figure 15</b> : Feuilles de la plante <i>Moringa oleifera</i> broyées et tamisées .....	29
<b>Figure 16</b> : Résultat du test de la détection des polyphénols .....	36
<b>Figure 17</b> : Résultat du test de la détection des alcaloïdes.....	36
<b>Figure 18</b> : Résultat du test de détection des saponosides .....	37
<b>Figure 19</b> : Résultat du test de détection des coumarines .....	37
<b>Figure 20</b> : Résultat du test de détection des anthraquinones .....	37
<b>Figure 21</b> : Résultat du test de détection des mucilages .....	38
<b>Figure 22</b> : Résultat de détection des anthocyanes .....	38
<b>Figure 23</b> : Résultat de détection des tanins condensés .....	39
<b>Figure 24</b> : Résultat de la caractérisation des tanins hydrolysables.....	39
<b>Figure 25</b> : Evaporation rotative de l'extrait végétale et mesure du poids du résidu sec .....	41
<b>Figure 26</b> : Effet antibactérien exercé par les différentes dilutions de l'extrait méthanolique des feuilles de <i>M. oleifera</i> sur les cinq souches étudiées : <b>A</b> : <i>Staphylococcus aureus</i> , <b>B</b> : <i>Escherichia coli</i> BLSE, <b>C</b> : <i>Acinetobacter.sp</i> , <b>D</b> : <i>Serratia.sp</i> <b>E</b> : <i>Klebsiella pneumoniae</i> .....	42

**Figure 27** : Effet antibactérien exercé par les différentes dilutions de l'extrait aqueux des feuilles de *M. oleifera* sur les cinq souches étudiées : **A** : *Staphylococcus aureus*, **B** : *Escherichia coli* BLSE, **C** : *Acinetobacter.sp*, **D** : *Serratia.sp* **E** : *Klebsiella pneumoniae* ..... 43

## List des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Dénominations de <i>M. oleifera</i> .....	16
<b>Tableau 2</b> : Systématique de l'espèce <i>Moringaoleifera</i> .....	16
<b>Tableau 3</b> : Limites écologiques de <i>Moringaoleifera</i> (Louni, 2009) .....	19
<b>Tableau 4</b> : Sensibilité des souches en fonction des diamètres des zones d'inhibition .....	34
<b>Tableau 5</b> : Un récapitulatif des résultats du criblage phytochimique .....	40
<b>Tableau 6</b> : Diamètres d'inhibition de différentes souches sous l'action des extraitsméthanolique et aqueux(mm) .....	41

## Résumé

Le présent travail vise à la valorisation d'une plante tropicale à vertus multiples qui a été introduite pour cultivation en Algérie, il s'agit de l'espèce : « *Moringaoleifera* ».

L'étude consiste à la mise en évidence de la composition chimique des feuilles séchées de cette plante, et à l'évaluation de l'activité antibactérienne de ses extraits (aqueux et méthanolique) sur cinq souches pathogènes : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Serratia sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Klebsiella pneumoniae* et une espèce d'*Escherichia coli* BLSE (Béta lactamase à spectre élargi).

Les résultats du screening phytochimique montrent que les feuilles de *M. oleifera* sont riches en polyphénols, elles renferment les flavonoïdes, les coumarines, les saponines, les anthocyanes, les tanins hydrolysables, les alcaloïdes et les mucilages. Les dérivés anthracéniques et les tanins condensés sont absents.

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de feuilles a montré de meilleurs résultats pour l'extrait méthanolique. Ce dernier avec ses différentes concentrations exerce un pouvoir antibactérien très important sur la souche *Serratia. sp*, avec des diamètres de zones d'inhibition qui varient entre 18 et 22mm. *Staphylococcus* et *Acinetobacter.sp* sont très sensibles à l'extrait méthanolique concentré et moins sensibles à ses dilutions ( $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{4}$ ). La sensibilité de *K. pneumoniae* et *E. coli* BLSE est nulle.

Pour l'extrait aqueux, *S. aureus* s'est avérée l'espèce la plus sensible avec un halo de 18 mm pour l'extrait concentré. L'effet antibactérien est faible sur les souches *Serratia sp.* et *Acinetobacter sp.*, et nulle sur *Klebsiella pneumoniae* et *Escherichia coli* BLSE .

Les résultats obtenus permettent de valider les utilisations thérapeutiques traditionnelles des feuilles de *Moringa oleifera* dans le traitement de quelques maladies infectieuses, et justifient l'utilisation de ses extraits dans les formulations pharmaceutiques.

**Mots clés :** *Moringa oleifera*, feuilles, screening phytochimique, activité antibactérienne.

## Abstract

The present work aims to the valorization of a tropical plant with multiple virtues which was recently introduced for cultivation in Algeria: "*Moringa oleifera*".

The study consists of the chemical characterization of the plantleaves, and the evaluation of the antibacterial activity of its extracts (aqueous and methanolic) against five pathogenic strains: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Serratia sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* ESBL (Extended Spectrum Beta Lactamase).

Phytochemical screening showed that *M. oleifera* leaves are rich in polyphenols, they contain flavonoids, coumarins, saponins, anthocyanins, hydrolysable tannins, alkaloids and mucilages. Anthraquinons and condensed tannins were absent.

The evaluation of the antibacterial activity of leaves extracts showed better results for the methanolic extract which exerts a very significant antibacterial effectspecially against *Serratia.sp*(for alldilutions), the inhibition zone diameters ranged from 18 to 22 mm.

*Staphylococcus* and *Acinetobacter. sp*were very sensitive to the concentrated methanolic extract and less sensitive to its dilutions ( $\frac{1}{2}$  and  $\frac{1}{4}$ ). *K. pneumoniae* and *E. coli* ESBL were resistant.

For aqueous extract,*S. aureus*was the most sensitive strain with an inhibition zone of 18 mm for the concentrated extract. The extracts showed lower antibacterial activity against *Serratiasp.* and *Acinetobactersp.*, and had no effect against *Klebsiellapneumoniae* and *Escherichiacoli*ESBL.

These findings validate the traditional therapeutic uses of *Moringa oleifera* leaves in the treatment of some infectious diseases, and justify the use of its extracts in pharmaceutical formulations.

**Key words:** *Moringa oleifera*, leaves, phytochemical screening, antibacterial activity.



## الملخص

يهدف هذا العمل إلى اثبات قيمة نبات استوائي متعددالمزايا تم استجلابه للزراعة في الجزائر، وهو "المورينجا أوليفيرا"

تشملالدراسة تحديد التركيب الكيميائي للأوراق المجففة لهذا النبات، وتقييم النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلصاته (المائية والميثانولية) على خمس سلالات ممرضة: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923، *Escherichiacoli* بيتا لاكتاماز ممتد الطيف، *Serratiasp.*، *Acinetobactersp.* و *Klebsiellapneumoniae*.

أظهرت نتائج الفحص الكيميائي النباتي أن أوراقالمورينجا أوليفيرا غنية بالبوليفينول، وتحتوي على مركبات الفلافونويد والكومارين والصابونين والأنثوسيانين والعفص القابل للتحلل المائي والقلويدات والصمغ. مع غياب مشتقات الأنثراسين والعفص المكثف .

أظهر تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلصات الأوراق نتائج أفضل للمستخلص الميثانولي. هذا الأخير بتركيزاته المختلفة يمارس تأثيرا مضادا للجراثيم جد معتبر على سلالة *Serratiasp.*، حيث أن أقطار منطقة التثبيط تتراوح بين 18 و 22 مم. تبين أيضا أن السلالتين *S. aureus* و *Acinetobacter. sp* حساستان للغاية لمستخلص الميثانول المركز وأقل حساسية تجاه باقي المستخلصات المخففة (1/2 و 1/4). أما *K. pneumoniae* و *E. coli* ESBL فلم تبدي أي حساسية.

بالنسبة للمستخلص المائي، تعتبر *S. aureus* أكثر السلالات حساسية وذلك بقطر قدره 18 مم للمستخلص المركز. كما تبين أن التأثير المضاد للبكتيريا ضعيف على *Serratia sp* و *Acinetobactersp.* ومنعدم على *Klebsiellapneumoniae* و *Escherichiacoli* BLSE.

النتائج التي تم الحصول عليها تثبت صحة الاستخدامات العلاجية التقليدية لأوراق المورينجا أوليفيرا في علاج بعض الأمراض المعدية، وتبرر استخدام مستخلصاتها في المستحضرات الصيدلانية.

**الكلمات المفتاحية:** المورينجا أوليفيرا، الأوراق، الفحص الكيميائي النباتي، النشاط المضاد للبكتيريا.

## INTRODUCTION

Depuis les temps anciens, et à la recherche de secours pour son mal, l'homme chercha des « remèdes » dans la nature, ses débuts dans l'utilisation des plantes médicinales étaient instinctifs, c-à-d sans savoir qu'elles contenaient ce que nous appelons aujourd'hui des « principes actifs », tout était basé sur l'expérience. Aujourd'hui, l'utilisation de ces plantes est largement répandue dans le monde, elle est fondée sur les expériences de la médecine populaire et leur application se fait par automédication ou sur recommandation d'un médecin ou d'un pharmacien (Petrovska, 2012 ; Ríos, Recio, 2005 ; et Gitishree *et al.*, 2022).

Les plantes médicinales et la phytothérapie jouent un rôle important dans le développement de nouveaux médicaments. Celles-ci présentent des vertus médicinales variées grâce aux différents composés qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, coumarines, saponosides, huiles essentielles...

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 80% de la population mondiale utilise les plantes médicinales pour traiter les problèmes de santé primaires, faisant de « la phytothérapie », qui est l'art de soigner avec les plantes (Shay *et al.*, 2015 ; Fayçal *et al.*, 2019).

La médecine traditionnelle a toujours eu une place importante en Algérie, en effet, ce pays méditerranéen est caractérisé par une flore très diversifiée et une longue tradition en médecine traditionnelle qui utilise des techniques populaires efficaces à base de plantes (Hamel *et al.*, 2018). Cependant, l'utilisation des plantes médicinales pour l'industrie cosmétique et pharmaceutique, ainsi que pour la production alimentaire, reste un domaine très vierge en Algérie (Mira *et al.*, 2013).

*Moringa oleifera*, appelé également « l'arbre miracle », pousse essentiellement dans les pays tropicaux et subtropicaux (Sidney *et al.*, 2015). Elle a été introduite en Algérie au début du 20<sup>ème</sup> siècle (Foidlet *et al.*, 2001), aujourd'hui, cette plante est largement cultivée au Sahara Algérien (Boulal *et al.*, 2021).

Toutes les parties de cette plante ont été utilisées dans la médecine traditionnelle, ses différents usages ont été transmis depuis des siècles dans de nombreuses cultures à travers le monde. Ses propriétés thérapeutiques comprennent des activités antipyrétiques, antiépileptiques, anti-inflammatoires, antiulcéraires, antihypertensives, hypocholestérolémiantes, antioxydantes, antidiabétiques, hépatoprotectrices, antibactériennes et antifongiques (Abalaka *et al.*, 2012).

Dans ce contexte, notre étude a pour but de mettre en évidence la composition physico-chimique des feuilles de *Moringa oleifera* et d'évaluer l'activité antibactérienne de ses extraits contre certaines bactéries pathogènes.

Le présent mémoire est axé sur deux parties :

Une première qui consiste à une étude bibliographique sur les métabolites secondaires, les plantes médicinales et la phytothérapie avec une description botanique de l'espèce étudiée ;

Et une deuxième partie qui présente les différentes techniques utilisées au cours du travail et expose ensuite l'ensemble des résultats obtenus avec une discussion.



# **Partie bibliographique**



**Chapitre I :**

***Les plantes médicinales  
et les métabolites  
secondaires***

## **I. 1. Les plantes médicinales**

### **I.1.1. Définition**

Selon la Pharmacopée Européenne, les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Dans le Code de Médicament et de la Pharmacie, il n'existe pas de définition légale d'une plante médicinale au sens juridique (Bouzouita, 2016).

Depuis l'Antiquité, de grandes civilisations (chinoise, romaine...etc.) ont utilisé les plantes médicinales pour leurs propriétés curatives, cosmétiques, chimiques, nutritionnelles, pharmaceutique, agricoles et industrielles (Lahsissene, 2009).

Ces plantes sont largement utilisées dans les cultures traditionnelles du monde entier et deviennent de plus en plus populaires dans la société moderne (Van, 2018).

### **I.1.2.Histoire des plantes médicinales**

Depuis très longtemps, les plantes médicinales jouent un rôle déterminant dans la conservation de la santé des hommes et dans la survie de l'humanité (Andrew *et al.*, 2010).

La société humaine a été en contact étroit avec son environnement depuis sa formation, utilisant les éléments de l'environnement pour obtenir de la nourriture et des médicaments. Pendant longtemps, les informations sur les plantes médicinales se sont progressivement diffusées et transmises de génération en génération (Jamshidiet *al.*, 2018).

Dès 3000 av.J.-C., les civilisations ont prospéré en Egypte, au Moyen-Orient, en Inde et en Chine, et l'utilisation des plantes est devenue plus élaborée. La première collection consacrée aux plantes médicinales était le papyrus égyptien Ebers, qui remonte à 1500 av.J.-C., Ce ci répertoria une douzaine de plantes médicinales, y compris les utilisation, les sorts et les incantations. Parmi les plantes répertoriées, on trouve le balsamier En Inde, les Veda et des poèmes épiques rédigés eux aussi vers 1500 av.J.-C. qui contiennent des preuves de la connaissance des plantes de cette époque (Andrew *et al.*, 2010).

### **I.1.3. Origine**

Les plantes médicinales peuvent être des plantes spontanées dites "sauvages" (de cueillette), ou bien des plantes cultivées (Chabrier, 2010).

#### **I.1.3.1. Les plantes spontanées**

Ce sont les plantes plus anciennement utilisées. Ils font un pourcentage notable du marché mondial, leur répartition et leur développement dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de sol, du climat, la température, l'altitude...etc. Cette diversité fait de ces plantes des véritables réservoirs de spécificités génétiques (Salfo, 2021).

#### **I.1.3.2. Les plantes cultivées**

Grâce à des techniques de culture standardisées, ces plantes sont en mesure d'obtenir des matières premières de haute qualité en quantités suffisantes et homogènes. En fait, ces plantes médicinales sont cultivées conformément aux directives de l'OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte des plantes médicinales (OMS, 2003).

Ces directives concernent la culture et la récolte de plantes médicinales et à certaines opérations post-récolte, ils peuvent être adaptées aux réglementations en vigueur dans différents pays.

L'importante diversité générée au sein des espèces cultivées, bien que très inférieure à celle de la flore spontanée, constitue également un réservoir de spécificité génétique (Chabrier, 2010).

## **I.2. La phytothérapie**

Ce mot vient du grec *phuton* qui signifie « plante » et *therapeia* qui signifie « traitement ». La phytothérapie est donc basée sur les vertus thérapeutiques des plantes et de leurs extraits pour le traitement et la prévention des maladies (Gayet, 2018).

Elle permet à la fois de traiter la maladie et de prévenir d'autres, l'état du malade est pris en charge dans sa globalité afin de comprendre l'origine de ses symptômes et d'en prévenir leur apparition (Bouzouita, 2016).

Malgré les progrès scientifiques considérables de la médecine moderne, la phytothérapie occupe encore une place très importante en offrant de multiples avantages en proposant des remèdes naturels.

En effet, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs, qui se tournent vers des traitements moins agressifs pour l'organisme. (Andrew, 2010)

La phytothérapie peut également être associée aux traitements classiques. Aujourd'hui, la elle connaît un renouveau remarquable en Occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques, telle que l'asthme ou l'arthrite.

En Algérie, l'utilisation des plantes médicinales est très populaire. Les connaissances traditionnelles relatives aux plantes et à leurs utilisations ont été transmises d'une génération à une autre pour le traitement de diverses maladies (diabète, morsures de serpent et des scorpions, brûlures, les maladies respiratoires, allergies, les maladies digestives...) (Ozenda, 1991).

On peut distinguer deux types de phytothérapie :

### **II.2.1. La phytothérapie traditionnelle**

Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement, elle est considérée comme traditionnelle non conventionnelle du fait de l'absence d'études cliniques. C'est une thérapie de substitution qui a pour but de traiter les symptômes d'une affection (Josèphe, 2011).

### **II.2.2. La phytothérapie clinique**

Elle est basée sur les avancées scientifiques et les études sur les différents extraits actifs des plantes, ceux-ci doivent être standardisés.

Le développement des principes actifs d'origine végétale consiste à décrire la matière végétale de base ainsi que la technique de préparation à base de drogues végétales (Bouzabata, 2017).



### I.3. Les métabolites secondaires

Les plantes se caractérisent par la présence de métabolites dits « secondaires ». Contrairement aux métabolites primaires présentes dans toutes les voies de synthèse (protéines, glucides et lipides), les métabolites secondaires comprennent d'autres voies de synthèse de composés qui ne sont pas directement impliqués dans la croissance des plante. (Royer, 2013).

Ces métabolites se différencient en fonction des espèces, ils servent comme moyen de défense contre les agressions des pathogènes et des insectes (Koné, 2009) et interviennent aussi dans la défense contre la sécheresse et lumière UV (Gravot, 2008).

#### I.3.1. Classification

On distingue trois grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux :

- Les composés phénoliques: les acides phénoliques, flavonoïdes, tanins, coumarines
- Les alcaloïdes : les alcaloïdes vrais, les pseudo-alcaloïdes, les proto-alcaloïdes.
- Les terpénoïdes.

##### II.3.1.1. Les composés phénoliques

La définition des composés phénoliques est basée sur la structure et l'origine biogénétique des composés. Ceux-ci se caractérisent par la présence d'un noyau benzénique, portant un groupement hydroxyle libre ou engagé dans une fonction ester, éther ou hétéroside. (Krief, 2003).

Les composés phénoliques permettent d'améliorer les propriétés organoleptiques de certains végétaux (fruits et légumes frais ou transformés). Ils contribuent également dans la résistance aux attaques fongiques et bactériennes (Aubert *et al.*, 1994).

Ces composés sont généralement classés selon leur origine, leur fonction biologique et leur structure chimique (Tsao, 2010).

**II.3.1.1.1. Acides phénoliques**

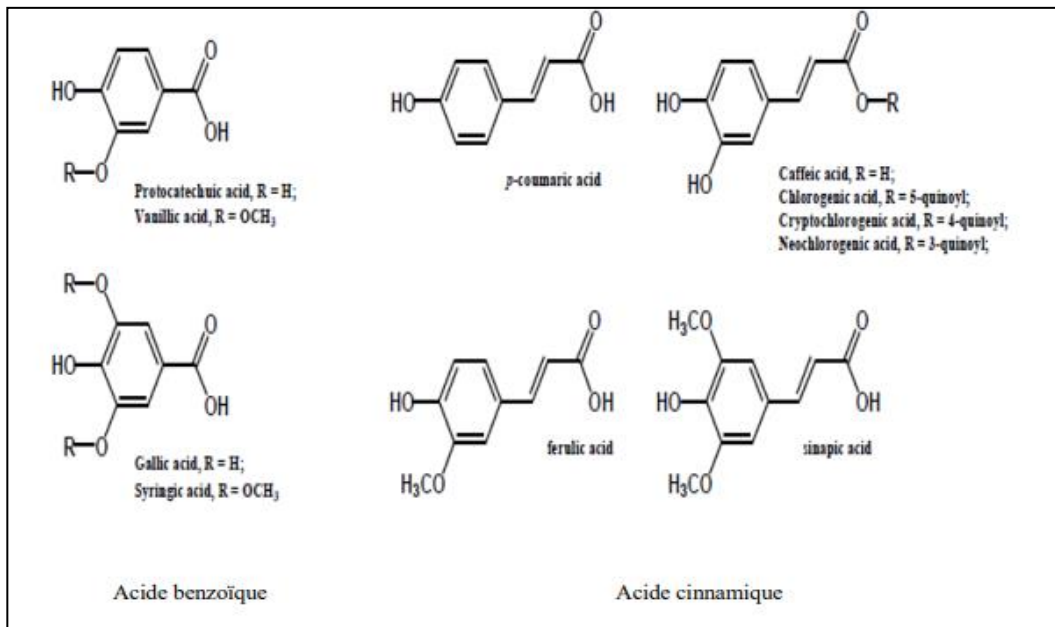
Les acides phénoliques sont des composés phénoliques ayant un groupe acide carboxylique (figure 09). Ils constituent l'une des principales classes des composés phénoliques végétaux. On les trouve dans différents aliments à base de plantes (les graines, les peaux de fruits et les feuilles de légumes). Ils sont généralement présents sous forme liée tels que des amides, des esters ou des glycosides et rarement sous forme libre (Kumar & Goel, 2019).

Ces composés sont divisés en deux sous-groupes : les acides hydroxy-cinnamiques et hydroxy-benzoïques.

**a. Acides hydrox-cinnamiques**

Ceux-ci sont des dérivés de l'acide cinnamique, ils se trouvent dans les aliments souvent sous forme d'esters simples avec de l'acide quinique ou du glucose. La forme liée soluble la plus rencontrée est l'acide chlorogénique (une forme combinée d'acides caféique et quinique).

Les quatre acides hydroxy-cinnamiques les plus courants sont l'acide férulique, caféique, p-coumarique et sinapique (Kumar & Goel, 2019).



**Figure 1 :** Structure des acides phénoliques (Tsao, 2010)

### **b. Les acides hydroxy-benzoïques**

Ils se dérivent de l'acide benzoïque et se caractérisent par une structure commune en C6-C1. Ils peuvent se trouver sous une forme soluble ou bien liée aux fractions de la paroi cellulaire sous forme de lignine. On les trouve dans quelques végétaux mais en faibles concentrations.

Les acides hydroxy-benzoïques les plus courants sont les acides p-hydroxy-benzoïque, proto-catéchique, vanillique et syringique (Kumar & Goel, 2019).

### **III.3.1.1.2. Flavonoïdes**

C'est un groupe de substances naturelles avec des structures phénoliques variables, ils se trouvent abondamment dans les fruits, les légumes, les céréales, le thé et le vin (Panche, 2016). Ils sont caractérisés chimiquement par deux cycles benzéniques reliés par une chaîne carbonée linéaire organisé en C6-C3-C6 (Corcoran, 2012).

Les flavonoïdes contribuent à l'amélioration de la santé et à la prévention des maladies chroniques (Birt & Jeffery, 2013) et sont systématiquement utilisés dans plusieurs applications nutritionnelles, pharmaceutiques et médicales.

Ils sont subdivisés en : flavones, flavonols, flavanones, flavanonols, flavanols ou catéchines, anthocyanes et chalcones (Fig. 11). Cette division est basée sur le carbone du cycle C sur lequel le cycle B est attaché et du degré d'insaturation et d'oxydation du cycle C (Panche *et al.*, 2016).

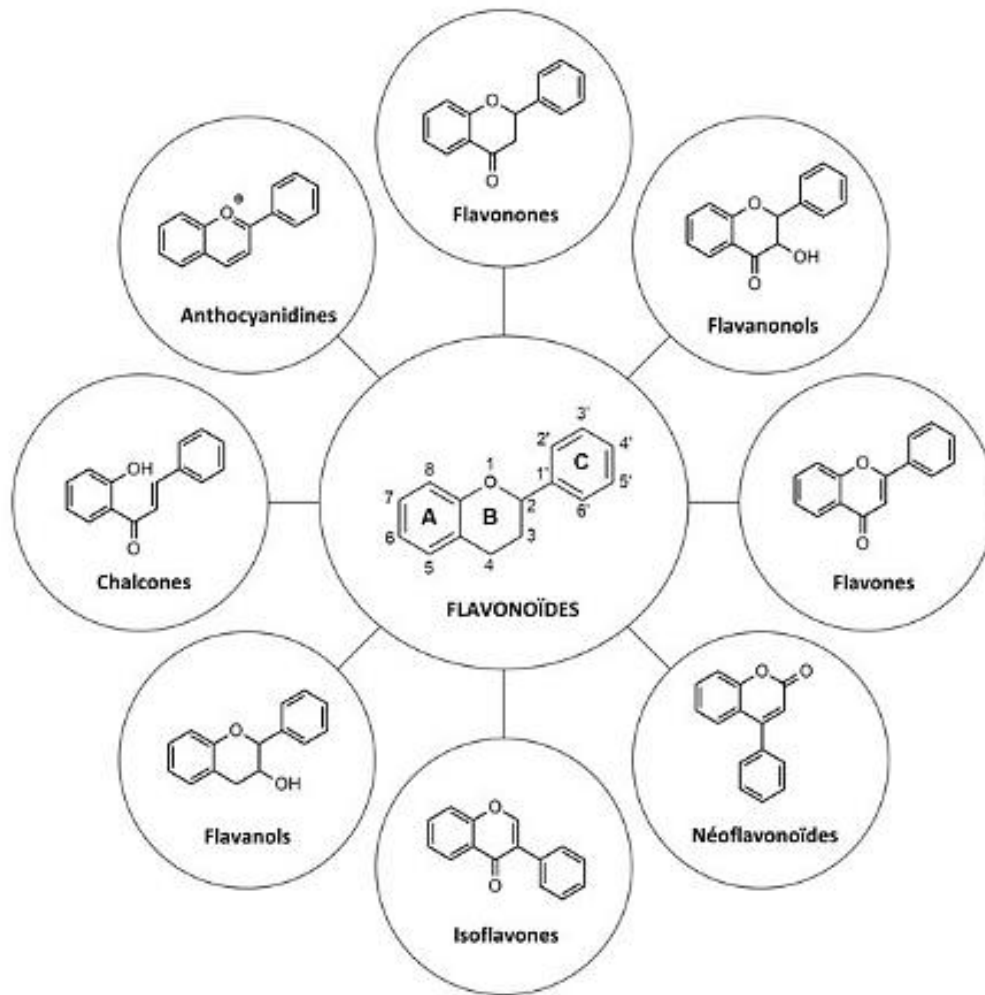


Figure 2 : Les différentes classes de flavonoïdes (Rousserie, 2019)

### II.3.1.1.3. Tanins

Les tanins sont un groupe unique de métabolites phénolique avec un poids moléculaire qui varie de 500 à 3000 G/MOL. (Serrano *et al.*, 2009). Ils sont solubles dans l'eau et partiellement solubles dans l'éthanol. Ils se caractérisent par des propriétés astringentes et ils peuvent se complexer avec les protéines, en présence de sels ferriques, ils donnent naissance à un précipité bleu-noir.

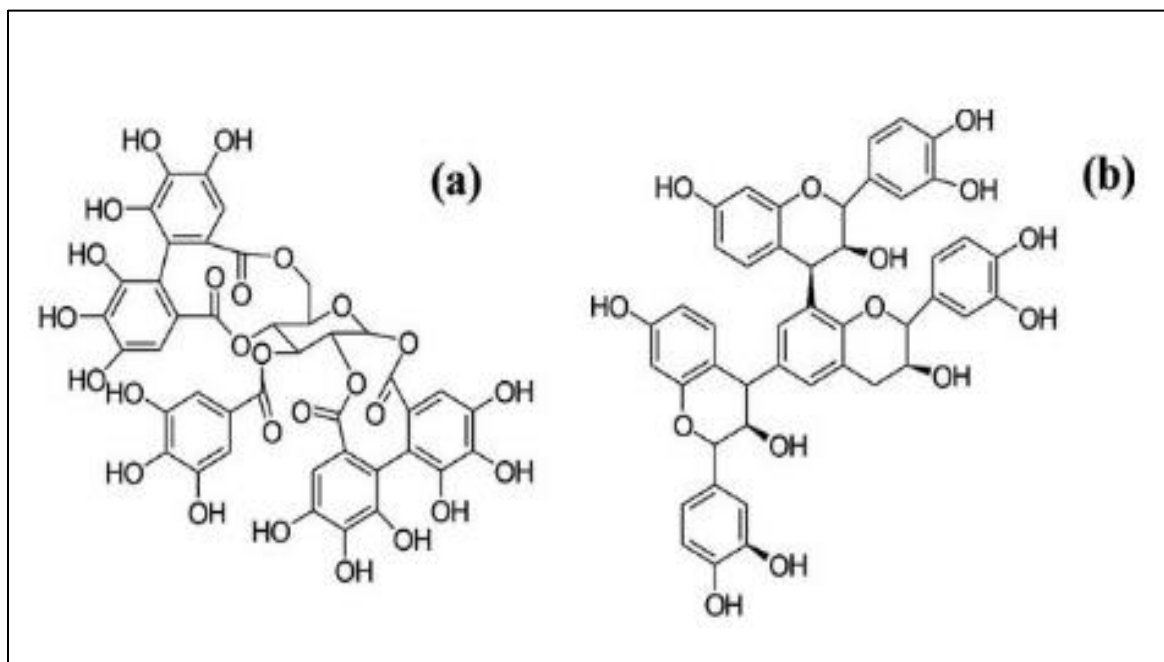
Les tanins se trouvent dans différentes parties des plantes et sont utilisés essentiellement pour durcir le cuir et l'empêcher de se dessécher et de se fissurer (Peinado, 2012). Ils sont classés en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (ou non hydrolysables).

- **Tanins hydrolysables :**

Ils sont constitués d'une molécule centrale de glucose liée à des molécules d'acide gallique (gallotanins) ou d'acide hexahydroxydiphénique (ellagitanins). Le tanin hydrolysable le plus courant est l'acide tannique, qui est un gallo-tanin formé par une molécule de pentagalloyl glucose estérifiée par cinq unités d'acide gallique. (Pietta *et al.*, 2003)

- **Les tanins condensés :**

Ce sont des flavanes polymères qui ne sont pas facilement hydrolysables. Ils sont souvent constitués de molécules de catéchine et d'épicatéchine reliées par des liaisons carbone-carbone. Les oligomères contenant 2 à 4 unités sont appelés procyanidines oligomères (Pietta *et al.*, 2003).

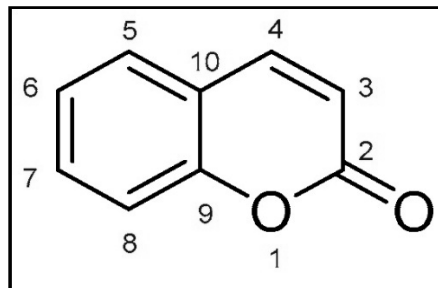


**Figure 3 :** Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés (Raja *et al.*, 2014)

#### II.3.1.1.4. Coumarines

Les coumarines sont des lactones des acides 2-hydroxy-7-cinnamiques (Benayache, 2005). Ils sont très répandus chez les végétaux sous forme libre soluble ou bien liée à des sucres.

Ces métabolites présentent des propriétés biologiques intéressants : anti-inflammatoire, anticoagulante, anti tumorale, diurétiques, antimicrobienne, antivirale et analgésique (Ochocka *et al.*, 1995 ; Ojala *et al.*, 2000; Taguchi *et al.*, 2000).



**Figure 4 :** Structure de coumarine

### II.3.1.2. Les alcaloïdes

Ces composés naturels sont présents dans 20 % des espèces végétales. Ils sont principalement dérivés d'acides aminés et se caractérisent par la présence d'azote. Ils constituent une classe très diversifiée de composés organiques hétérocycliques azotés plus ou moins basiques de faible poids moléculaire (Barek, 2019).

Plus de 10.000 alcaloïdes ont été isolés à partir des sources végétal, animales, ou de micro-organismes (Badiaga, 2011). Les sous-groupes des alcaloïdes sont :

#### II.3.1.2.1. Les alcaloïdes vrais

Ce sont les alcaloïdes les plus abondants, ils sont dérivés d'acides aminés et contiennent un atome d'azote dans le système hétérocyclique. Les alcaloïdes vrais sont caractérisés par un goût amer, ils sont toxiques et ils possèdent de nombreuses activités biologiques importantes (Badiaga, 2011).

#### II.3.1.2.2. Les pseudo-alcaloïdes

Ils présentent les caractéristiques des vrais alcaloïdes mais ne sont pas des dérivés d'acides aminés (Badiaga, 2011), ils ne possèdent pas d'azote intra cyclique et l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale (Barek, 2019).

### II.3.1.2.3. Les proto-alcaloïdes

Appelés fréquemment « amines biologiques », les proto-alcaloïdes sont des aminés simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique. Ils sont solubles dans l'eau et de nature basique (Badiaga, 2011).

### II.3.1.3. Les terpénoïdes

Il existe des dizaines de milliers de composés terpénoïdes connus dont le caroténoïdes, le tocophérol, le phytol, les stérols et les hormones.

Les terpénoïdes sont vitaux pour la croissance et la survie des organismes photosynthétiques, car ils interviennent dans la conversion de la lumière en énergie chimique et dans l'assemblage et le fonctionnement des centres de réaction photosynthétiques (Tholl, 2006 ; Mazid *et al.*, 2011 ; Min *et al.*, 2022).

Cette classe de composés organiques inclut des hémiterpènes, monoterpènes, sesquiterpènes et diterpènes (Dudareva *et al.*, 2004).

**Chapitre II :**

*Présentation de la plante  
étudiée : Moringa oleifera*



## II. Présentation de la plante étudiée : *Moringa Oleifera*

### II.1. Généralités

*Moringaoleifera* (Synonyme : *Moringapterygosperra Gaertner*) appartient à la famille mongénérique des arbustes et arbres des *Moringaceae* qui comprend environ 13 espèces. Cette espèce a été décrite comme un « arbre de vie », un « arbre miracle » ou une « plante divine » en raison de ses nombreuses propriétés nutritionnelles, médicinales et industrielles (Hêdji *et al.*, 2014).



**Figure 5 :** *Moringa oleifera*, feuille, inflorescences et fruits(Polprasid, 1993).

### II.2. Nomenclature

IL existe différents nomenclature de l'arbre *Moringaoleifer* présentées ci-dessous(Hêdji *et al.*, 2014; AbdullRaziset *al.*, 2014)

**Tableau 1 :** Dénominations de *M. oleifera*

Arabe	Français	Anglais
البن شجرة اليسر الحبة الغالية الثوم البري اليم شجرة الفجل عصا الطبلة شجرة الرحمة الشجرة المعجزة شجرة الحياة	Mouroungue, Moringa ailé, Benzolive, pois quénique et Néverdier ben ailé, Noix de behen, Moringoa ou Moringa.	Horseradish tree  Drumstick tree, Never die tree, West Indian Ben tree,Radish tree

### II.3. Taxonomie

La position systématique de *Moringaoleifera* est présentée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2 :** Systématique de l'espèce *Moringaoleifera* (Imohiosen *et al.*, 2014).

Règne	<i>Plantae</i>
-------	----------------

<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Super Division</b>	<i>Spermatophyta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Dilleniidae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Capparales</i>
<b>Famille</b>	<i>Moringaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Moringa</i>
<b>Espèce</b>	<i>Oleifera</i>

#### II.4. Description botanique

C'est un arbre pérenne, à croissance rapide, atteignant environ 7 à 12 m d'hauteur, avec des troncs qui mesurent 20 à 40 cm de diamètre (Zongo, 2013).

Les feuilles, composées de tripennées (20 à 70 cm de long), se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles ont un long pétiole avec 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposés, plus un à l'apex, ovales ou en forme d'ellipse (1 à 2 cm de long) (Foidlet *al.*, 2001).



**Figure 6 :** Feuilles de *Moringa oleifera*

Les fleurs mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont blanches ou de couleur crème, avec des points jaunes à la base, elles dégagent une odeur agréable (Hêdjiet *al.*, 2014).



**Figure 7 :** Fleurs de *Moringa*

Les fruits forment des gousses à trois lobes avec 20 à 60 cm de longueur. A l'état sec, ils s'ouvrent en trois parties, chaque gousse contient 12 à 35 graines.



**Figure 8 :** Fruits de *Moringa Oleifera*

Les graines sont rondes, avec une coque marron semi-perméable. La coque présente trois ailes blanches qui s'étendent de la base au sommet à 120 degrés d'intervalle. Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an. Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (Foidl et al., 2001).



Figure 9 : Graines de *MoringaOleifera*

## II.5. Origine et distribution

L'histoire de l'espèce *Moringa oleifera* remonte à 150 ans avant Jésus Christ, elle a été utilisée par les anciens rois et reines dans l'alimentation, pour la vigilance mentale et garder la peau saine. (Khawaja et al., 2010).

Cette plante est originaire de la région d'Agra et d'Oud dans le nord-est de l'Inde au sud de l'Himalaya. Elle pousse dans les zones tropicales et subtropicales, en Éthiopie, aux Philippines et au Soudan, en Asie tropicale, en Amérique latine, dans les Caraïbes, en Floride, aux États-Unis d'Amérique et dans les îles du Pacifique (FAO.org).

*Moringaoleifera* est aujourd'hui cultivée à travers le Moyen-Orient, ainsi que tout le long de la ceinture tropicale. Elle a été introduite en Afrique de l'Est au début du 20ème siècle (Foidlet et al., 2001).

*Moringa. oleifera* se développe bien dans une grande variété de sols, elle peut pousser dans les zones humides ou celles chaudes et peut survivre même dans des sols peu fertiles et dans des conditions de sécheresse (Anwar et al., 2007).

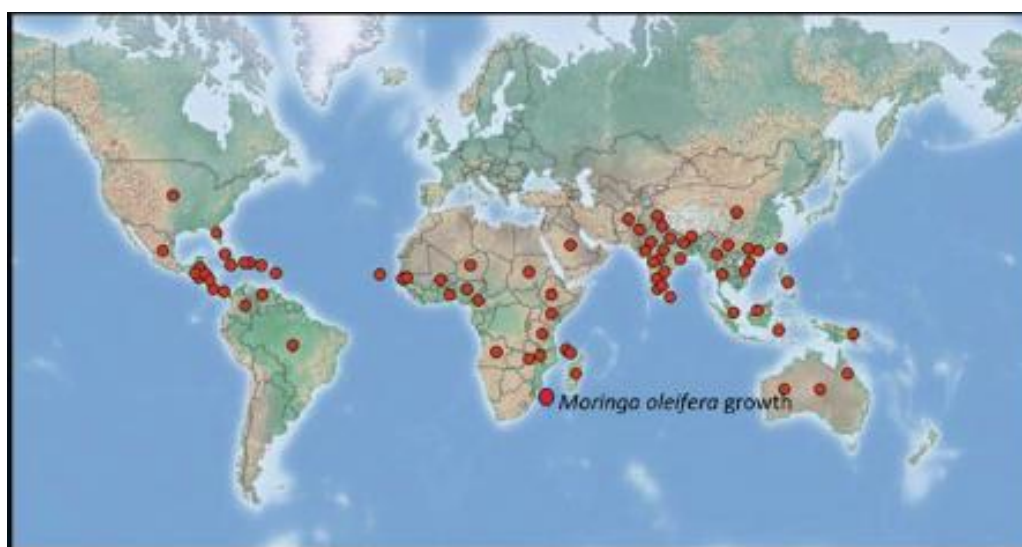


Figure 10 : Répartition topographique de *Moringaoleifera* (Bhattacharya, et al., 2018)

## II.6. Composition chimique de *Moringa oleifera*

La composition chimique de la plante est affectée par le type du sol, le climat et les conditions de sa cultivation (Odjegbaet *al.*, 2013), ceci justifie les variations dans la composition chimique notées dans différentes études. L'état des feuilles (fraîches ou séchées) affecte également les valeurs obtenues.

Les études sur la composition des feuilles de *Moringa oleifera* lui attribuent une valeur nutritionnelle très élevée. Les feuilles sèches contiennent 23,6 % de glucides servant de source d'énergie, 35,0 % de fibres brutes à effet bénéfique dans le transit intestinal, et 10,0 % de cendre révélant une teneur élevée en minéraux nécessaires pour le bon fonctionnement physiologique de l'organisme (Ajaet *al.*, 2013).

La teneur en protéines brutes est de 30,29 %, (Moyoet *al.*, 2011), ceux-ci contribuent à la croissance et à la réparation des tissus corporels. La matière grasse brute est estimée à 6,50 %, elle peut servir de source d'énergie alternative en cas de pénurie en glucose pour la production d'ATP.

## II.7. Ecologie

*M. oleifera* peut être trouvée naturellement ou bien cultivée dans différents types de sols et de climats, elle pousse sur des sols pauvres de pH 5 à 9 et s'adapte dans des régions chaudes, sec, et humide et sous un climat aride d'une pluviométrie de 250-300 mm / an (Paulo *et al.*, 2004).

La germination des graines dure environ un mois à une température entre 18°C et 30°C, les graines peuvent être semées directement dans le sol sans trempage préalable dans l'eau (Malo, 2014). La floraison et la fructification se fait dans un an avec une vitesse de croissance qui est très rapide (Phillipe, 2008)

Les limites écologiques de *Moringa Oleifera* sont rapportées dans le tableau suivant :

**Tableau 3** : Limites écologiques de *Moringaoleifera*(Louni, 2009)

Caractéristiques	Conditions acceptables	Conditions optimales
Altitude	0 – 1500 m	100 – 700 mètres

<b>Température moyenne annuelle</b>	8°C – 45°C	22°C – 25 °C
<b>Précipitations</b>	100 – 1500 mm	700 - 900 mm
<b>Types de sols</b>	Tous sauf les vertisols	Les sols sablonneux ou limoneux bien drainés
<b>PH du sol</b>	4.5 - 8	Neutres à légèrement acide

## II.8. Utilisations

Cette plante est connue dans le monde entier pour ses bienfaits nutritionnels et médicinaux et ses utilisations industrielles. C'est l'un des arbres tropicaux les plus utiles et toutes ses parties sont exploitées.

### II.8.1. Domaine alimentaire

*Moringa oleifera* est couramment utilisée en alimentation dans les sociétés africaines et asiatiques. La qualité nutritionnelle de ses feuilles a été exploitée dans les domaines de la nutrition et de la diététique en Afrique, en Europe et aux Etats-Unis. Elle fait partie des plats traditionnelles africaines (couscous et mbeulekhé) et ses jeunes feuilles sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade (Foidlet *al.*, 2001; Ndonget *al.*, 2007).

Les feuilles de *Moringa* sont également utilisées comme complément dans l'alimentation du bétail, la supplémentation de ses feuilles fraîches peut augmenter significativement la production de lait (Mall, 2017).

### II.8.2. Domaine médicale

Les préparations de *Moringa oleifera* sont rapportées dans la littérature scientifique pour avoir une large gamme d'activités pharmacologiques ; antimicrobiennes, hypotensives, hypoglycémiques, immunomodulatrices et anti-inflammatoires (Padayachee & Baijnath, 2019).

Plusieurs travaux ont montré que les feuilles de cette plante sont énergisantes, et sont capables de renforcer le système immunitaire (Bennett *et al.*, 2003). Elles sont dotées d'une activité anthelminthique (Rastogie *et al.*, 2009 ; Ola-Fadunsin et Ademola, 2013 ; Tayo *et al.*, 2014), et

pourront être utilisées comme agent bioceutique pour remplacer les antibiotiques dans les fourrages (Yang *et al.*, 2006).

Lesfeuilles sont également utilisées comme antalgique, leur consommation permet de prévenir et de réguler l’hypertension artérielle, de diminuer le taux de glycémie, et de traiter certains troubles digestifs.

Les racines de cette plante possèdent des propriétés stimulantes sur le système immunitaire, sa gomme exsudée est utilisée dans les rhumatismes, dans les otites et otalgies, et l’écorce permet de soigner les douleurs gingivales de la carie dentaire.

La figure 6 présente les différentes indications d’usage du *Moringa oleifera* dans la médecine traditionnelle. Il est à noter que les indications les plus fréquentes sont : l’hypertension artérielle (HTA) et le diabète (Atakpama *et al.*, 2014).

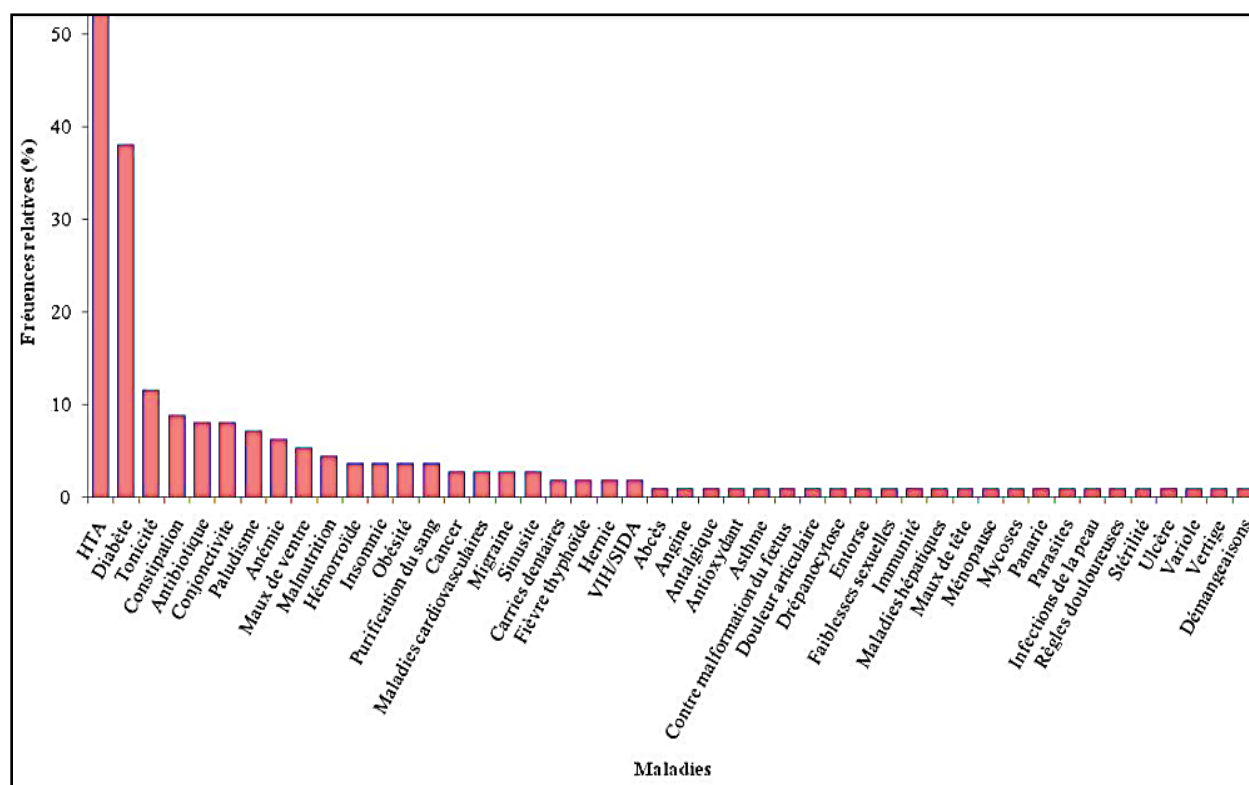


Figure 11 : Fréquence de citation des différents usages médicaux de Moringa

(Atakpama *et al.*, 2014)

**II.8.3. Autres utilisations**

*Moringa oleifera* est une plante précieuse avec de multiples utilisations : fourrage animal, biogaz (issu des feuilles), produits de nettoyage domestique (feuilles broyées), fabrication de colorant bleu (bois), nutriments foliaires (jus extrait des feuilles), engrais verts (des feuilles), gomme (des troncs d'arbres), clarificateur de jus de miel et de canne à sucre (graines en poudre), médicament (toutes les parties de la plante), biopesticide (les feuilles), corde (écorce), tanin pour le tannage des peaux (écorce et gomme), lubrification de machines fines, fabrication de parfums et de produits de soins capillaires (l'huile des graines) (Fuglieet al., 1999 ; Tsakniset al., 1999).

Certaines de ces utilisations sont présentées dans la figure ci-dessous :

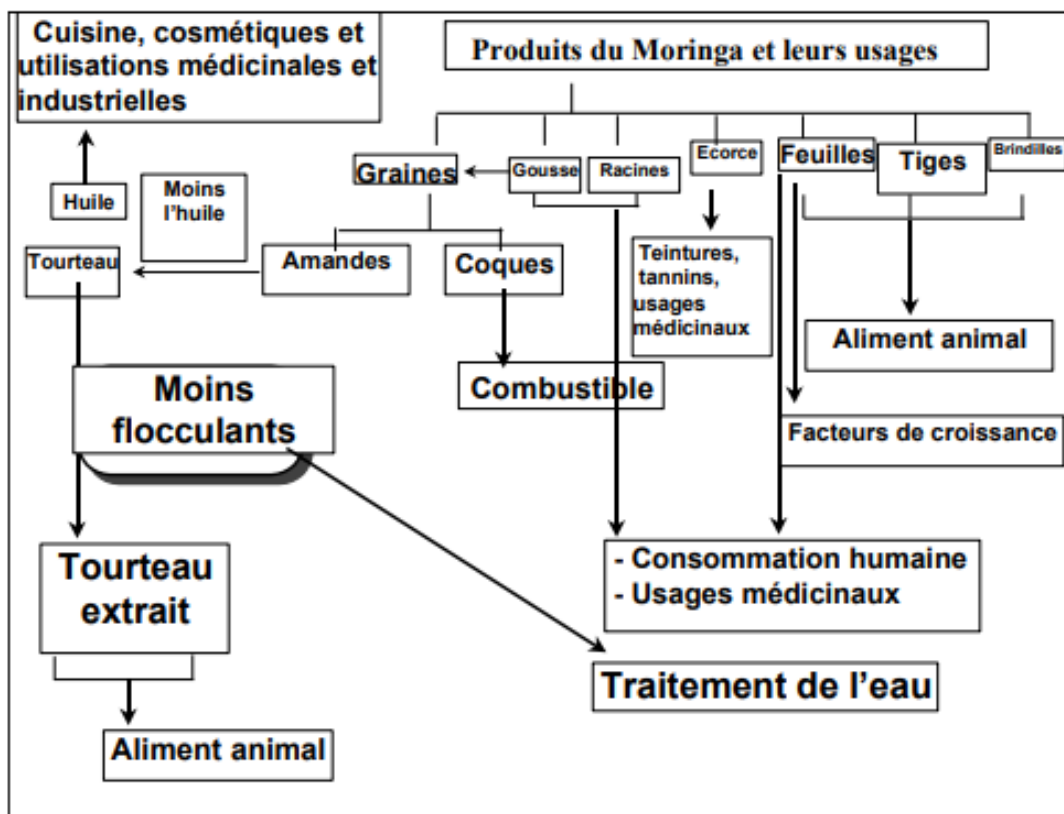


Figure 12 : Utilisations des différents organes de Moringa (Foidlet et al., 2001)

**II.9. Propriétés biologiques**

**II.9.1. Activité antibactérienne**

*Moringa* a été décrite pour avoir des propriétés antibactériennes importantes (Bijal et Bhumika, 2015). Les extraits au solvant de ses composants (feuilles, fleur, pulpe et graines) exercent des effets antibactériens intéressants sur *E. coli* et *S. aureus*.

Certains de ces extraits ont été proposés pour une utilisation dans le traitement de divers troubles infectieux, seuls ou en association avec d'autres antibiotiques (Dzotametal., 2015). Aussi, les feuilles fraîches et l'extrait aqueux des graines inhibent la croissance de *Pseudomonas aeruginosa* et de *S. aureus* (Caceres et al., 1991).

La présence de divers métabolites et de différentes substances lipophiles peut éventuellement contribuer à l'augmentation de l'action antimicrobienne (Jabeen et al., 2008).

### II.9.2. Activité antioxydante

L'acide ascorbique, le  $\beta$ -carotène, les isothiocyanates, les polyphénols et la rutine ; sont des antioxydants puissants présents dans les feuilles de *Moringa oleifera*. Les extraits de feuilles dans divers solvants organiques tels que le méthanol, l'acétone, le dichlorométhane, l'eau, l'éther diéthylique, le chloroforme et l'acétate d'éthyle montrent des propriétés antioxydantes importantes.

L'extrait d'acétate d'éthyle de *Moringa oleifera* a une plus grande activité de piégeage du radical anion superoxyde ( $O_2^-$ ) pour empêcher l'interaction des radicaux libres actifs avec les macromolécules biologiques, il réduit ainsi les dommages aux tissus.

L'activité antioxydante plus élevée des feuilles a une relation linéaire avec les composés phénoliques, ce qui améliorent la stabilité oxydative des produits alimentaires (Bajpai et al., 2005 ; Mahajan et Mehta, 2007 ; Verma et al., 2009 ; Atawodi et al., 2010 ; Charoensin, 2014 ).

### II.9.3. Activité anticancéreuse

*Moringa* est employée dans le traitement du cancer et présente également un potentiel chimio préventif contre les cancérigènes chimiques via la voie hépatique., l'isothiocyanate de 4-(4'-O-acétyl-alpha-L-rhamnopyranosyloxy) benzyle et le composé apparenté niazimicine se sont révélés être des puissants inhibiteurs de l'ester de phorbol dans les cellules lymphoblastoïdes (Guevara et al., 1999 ; Murakami et al., 1998 ; Bharali et al., 2003).

### II.9.4. Activité antidiabétique

La médication avec *M. oleifera* donne aux patients diabétiques une meilleure tolérance au glucose (De pilon, 2011 ; Mbikay, 2012 ; Yassa, 2014). L'extrait aqueux des feuilles de *Moringaoleifera* présente une activité antidiabétique et présente ainsi un rôle de contrôle glycémique (Ndonget al., 2007).



L'étude des effets antidiabétiques *In vivo* d'extraits au méthanol de gousses de *Moringaoleifera* chez des rats albinos diabétiques a montré une réduction de progression du diabète chez les rats traités avec l'extrait pendant 21 jours tout en induisant une réduction significative de la glycémie et de l'oxyde nitrique, avec des augmentations des taux sériques d'insuline et de protéines (Gupta *et al.*, 2012).

### II.9.5. Activités antalgiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques

La quasi-totalité des parties de *Moringa* s'est avérée présenter une activité analgésique (extrait de feuilles, de graines et d'écorce)(Nitin *et al.*,2008 ; Kumbhare *et al.*,2011).

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait de feuille et d'écorce montrent une activité anti-inflammatoire comparable au diclofénac. Des propriétés anti-inflammatoires de la racine ont également été rapportées (Ezeamuzie *et al.*, 1996 ; Ndiaye *et al.*, 2002 ; Gurvinder *et al.*, 2012). Le mécanisme sous-jacent à l'activité anti-inflammatoire peut être attribué à la régulation des neutrophiles et de la voie de la kinase c-Jun N-terminale (McKnight *et al.*, 2014).

Les ingrédients actifs contribuant à la propriété anti-inflammatoire sont les tanins, les phénols, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les caroténoïdes, le  $\beta$ -sitostérol, la vanilline, l'hydroxymelleine, la moringine, la moringinine, la  $\beta$ -sitosténone et l'acide 9-octadécénoïque. (Sharma *et al.*, 2011).

L'extrait de feuille et les extraits d'éthanol et d'acétate d'éthyle de graines présentent également une activité antipyrétique significative ( Bhattacharya *et al.*, ; 2014 Kumar, 2017 ).

### II.9.6. Activité antiasthmatique

L'extrait des graines contribue à la protection contre l'asthme par un effet bronchodilatateur direct combiné à des actions anti-inflammatoires et antimicrobiennes (Anita *et al.*, 2008) et une inhibition de la réaction d'hypersensibilité immédiate (Goyal *et al.*, 2009). L'extrait éthanolique de graines testé contre l'inflammation des voies respiratoires induite par l'ovalbumine chez les cobayes a montré une augmentation significative des paramètres respiratoires et réduction des interleukines dans le lavage bronchoalvéolaire (Mahajan et Mehta, 2008).

### II.9.7. Activité anti-allergique

L'extrait éthanolique de graines inhibe l'anaphylaxie cutanée passive induite par l'anticorps anti-immunoglobuline G (IgG) et la libération d'histamine par les mastocytes ; le

mécanisme sous-jacent à cette action pourrait être une action de stabilisation de la membrane (Mahajan et Mehta, 2007) et également une fréquence de grattage réduite dans un modèle de sensibilisation à l'ovalbumine (Hagiwara *et al.*, 2016).

#### **II.9.8. Activité neuropharmacologique**

L'extrait de feuilles de *Moringaoleifera* restaure les niveaux de mono amine du cerveau, ce qui peut être utile dans la maladie d'Alzheimer. Une activité anti-convulsivante de l'extrait aqueux des racines et de l'extrait éthanolique de feuilles a été démontré *In vitro* (Akram *et al.*, 2000).

#### **II.9.9. Activité cicatrisante**

Des études menées sur l'effet de la cicatrisation des extraits de feuilles de *Moringa* chez les animaux diabétiques ont montré une amélioration de la régénération des tissus et une diminution de la taille de la plaie (Muhammad *et al.*, 2016).

#### **II.9.10. Activité cardiovasculaire**

Les feuilles de *Moringa* exercent des effets remarquables sur le système circulatoire en raison de la présence de gossypetin, de quercetagenin et de proanthocyanadin. D'autres composés photochimiques présents dans les feuilles comme la niazinine et ses dérivés et la glucomoringinine se sont avérés avoir un effet bradycardique hypertensif (Gupta, 2018).



# **Partie expérimentale**



# **Matériel & Méthodes**

## I. Matériel

### I.1 Matériel végétal

#### I.1.1. Lieu de récolte

Le matériel végétal utilisé est constitué de feuilles de la plante « *Morinaga oleifera* », ceux-ci ont été récoltés au niveau de la wilaya de Ouargla dans la région de Hassi Ben Abdallah- Daira de Sidi Khouiled (20 km au nord de Ouargla) au mois de Février 2022.

Le lieu de récolte est caractérisé par un climat désertique chaud, ayant pour coordonnées géographiques 32° 13' 17" Nord, 5° 46' 01" Est, avec une altitude de 103 m par rapport au niveau de la mer.

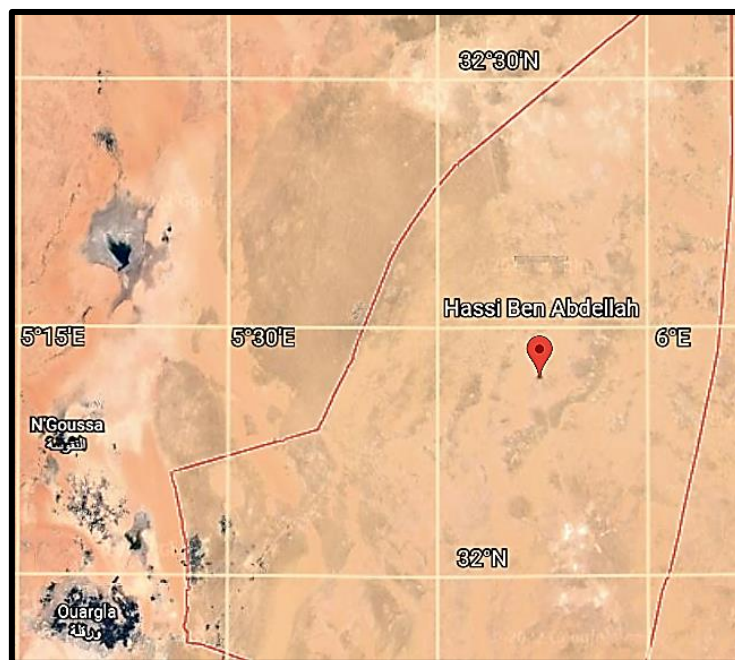


Figure 13 : Localisation géographique du lieu de la récolte (google Earth)

#### I.1.2. Préparation de la plante

Après récolte, les feuilles ont été bien nettoyées, débarrassés des particules et de la poussière, puis lavées avec de l'eau. Ensuite, elles ont été séchées à l'abri des rayons solaires pour réduire l'humidité et empêcher les contaminations par les insectes ou par les champignons.

L'échantillon séché a été broyé à l'aide d'un broyeur électrique domestique afin d'obtenir une poudre très fine. Une fois broyée, la poudre obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamis et conservée dans un endroit sec jusqu'à utilisation.



**Figure 14 :** Feuilles de la plante *Morinaga oleifera* après séchage



**Figure 15 :** Feuilles de la plante *Morinaga oleifera* broyées et tamisées

## I.2. Matériel biologique

L'activité antimicrobienne de la plante *Moringa oleifera* a été testée sur cinq souches de différents genres et Gram, elles s'agissent de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae carbapénèmases*, *Acinetobacter sp.* *Serratia sp.* et une espèce d'*Escherichia coli* BLSE (béta lactamase à spectre élargi).

Les souches ont été offertes gracieusement par le laboratoire de microbiologie du Dr. DEKHIL- Hôpital DORBAN- ANNABA. Elles ont été réactivées dans du bouillon nutritif (BN), conservées sur gélose nutritive (GN) et ensemencées sur le milieu Muller Hinton (MH) pour l'étude du pouvoir antibactérien.

## II. Méthodes

L'étude a été réalisée dans les laboratoires pédagogiques de l'université d'Abdelhafid Boussouf- Mila.

### II.1. Préparation des extraits végétaux

#### II.1.1. Extrait aqueux

La poudre végétale est mélangée avec de l'eau distillée selon la concertation désirée, le mélange obtenu est porté à ébullition puis filtré.

#### II.1.2. Extrait éthanolique

20 de la poudre végétale sont mélangés avec 500 ml d'éthanol (80%) et placés dans un bain Marie à 60°C pendant 10 minutes. Le mélange est ensuite filtré à chaud (Vercauteren *et al.*, 2020).

#### II.1.3. Extrait chloroformique

1 g de poudre végétale est mélangée avec 10 ml de chloroforme, le mélange est chauffé au bain-marie pendant 3 min puis filtré à chaud. Le volume de la solution obtenu est complété à 10 ml avec du chloroforme.

### II.2. Screening phytochimique .

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressées à la caractérisation des composants suivants : les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins, les anthocyanes, les saponosides, les polyphénols, les mucilages, les coumarines et les anthraquinoniques.

#### II.2.1. Recherche des groupes chimiques

##### II.2.1.1. Test de Polyphénols

1ml d'extrait éthanolique est mélangé avec quelques gouttes de FeCl<sub>3</sub> à 1%. L'obtention d'un précipité noir verdâtre révèle la présence des polyphénols (Koffi *et al.*, 2009).

##### II.2.1.2. Test des alcaloïdes

La recherche des alcaloïdes a été effectuée par trois tests de précipitation avec les réactifs de Dragendorff, Valsner Mayer et Bouchardat.

0.2 g de poudre végétale est introduit dans un erlenmeyer et mélangée avec 10ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10%), le mélange est agité et macéré pendant 2 min. Après filtration, le filtrat est reparti dans 3 tubes à essai, des gouttes de chaque réactif sont ajoutées à l'un des tubes :

- Réactif de Dragendorff : la présence des alcaloïdes est détectée par l'apparition d'un précipité rouge-orange.
- Réactif de Mayer : la présence des alcaloïdes est détectée par l'apparition d'un précipité blanc.
- Réactif de Bouchardat : la présence des alcaloïdes est détectée par l'apparition d'un précipité brun (Vercauteren *et al.*, 2020).

#### **II.2.1.3. Test des saponosides**

L'extrait aqueux est placé dans un bain Mari pendant 15 min puis filtré. 10 ml sont ensuite versés dans un tube et ce dernier est agité dans le sens de la longueur pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde. L'apparition d'une mousse persistante après 15min de repos indique la présence des saponosides.

#### **II.2.1.4. Test de coumarines**

Un poids de la poudre est mélangé avec deux volumes d'éthanol. Après 2 à 3h, le mélange est filtré et additionné de 5ml de KOH (10%) et 5ml d'HCl (10%). L'apparition d'une précipitation brune indique la présence des coumarines (Trease et Evans, 1987).

#### **II.2.1.5. Test d'anthraquinoniques**

1ml de l'extrait chloroformique est mélangé avec 1 ml de NH<sub>4</sub>OH dilué à ½. Après agitation, la présence d'anthraquinones libres est détectée suite à l'apparition d'une couleur rouge (Samseny, 2003).

#### **II.2.1.6. Test des flavonoïdes**

Procéder d'abord à une délipidation de la drogue végétale avec 10 volumes d'éther de pétrole pendant 24h. Après filtration, la poudre dégraissée est extraite avec de l'éthanol. A 2ml de l'extrait, ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré et 0.5 g de copeaux de magnésium. L'apparition d'une couleur rouge (flavanols), orange (flavones) ou rose (flavonones) indique la présence de flavonoïdes (Lock *et al.*, 2006).



### II.2.1.7. Test des mucilages

5 ml d'éthanol absolu sont mélangés avec 1ml de l'extrait aqueux et agités pendant 10 min. L'obtention d'un précipité floconneux après agitation indique la présence de mucilages (Mahamane, 2018).

### II.2.1.8. Test d'anthocyanes

2 ml d'extrait méthanolique sont répartis sur deux tubes dont l'un des deux va servir de témoin. Ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré à l'extrait et observer la coloration puis ajouter quelques gouttes de NaOH concentré, le virage de la couleur au vert bleu signifie la présence des anthocyanes (Solfo, 1973).

### II.2.1.9. Test des tanins

- **Tanins condensés**

Les tanins condensés sont révélés d'un extrait aqueux de 5%. 5 ml de ce dernier sont mélangés avec 2 ml du réactif de Stiasny (sa composition est détaillée en annexe 01). Le mélange est chauffé pendant 10 minutes puis filtré, ensuite, quelques gouttes de FeCl<sub>3</sub> (10%) sont ajoutées à 1ml de l'extrait aqueux. Un test positif est révélé par l'apparition d'un précipité en gros flocons.

- **Tanins hydrolysables**

Après filtration du mélange obtenue au premier test, 1ml de FeCl<sub>3</sub> à 2% est ajouté au filtrat. Le développement d'une teinte bleue noirâtre indique la présence de tanins non hydrolysables (Badiaga, 2011).

## II.3. Etude de l'activité antibactérienne

### II.3.1. Préparation des extraits et calcul du rendement d'extraction

10 g de poudre sont macérés dans 100 ml de méthanol. L'extraction est effectuée sous agitation continue à l'ombre pendant 24 heures, et la filtration est réalisée sur papier Wattman n° 1. Le résidu sec est obtenu par évaporation rotative dans un Rotavapeur à 50°C puis repris dans du méthanol ou bien dans de l'eau stérile.

- Calcul du rendement :

Après évaporation à sec, le rendement en extrait sec brut est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) : M/M_0 \times 100$$

- **R (%)**: Rendement
- **M**: Masse de l'extrait sec obtenu (g)
- **M<sub>0</sub>**: Masse initiale de la matière végétale (g).

### II.3.2. Dilutions

Pour étudier les effets antibactériens des extraits méthanolique et aqueux, des dilutions de ceux-ci ont été préparés comme suit :

#### a. Extraits méthanoliques

- Extrait méthanolique concentré (CM) : résidu sec obtenu repris par 5ml de méthanol
- Extrait méthanolique dilué au 1/2 (CM 1/2) : un volume de C avec un volume de méthanol
- Extrait méthanolique dilué au 1/4 (CM 1/4) : un volume de C avec trois volumes de méthanol.

#### b. Extraits aqueux

- Extrait aqueux concentré (CA) : résidu sec obtenu repris par 5ml d'eau stérile.
- Extrait aqueux dilué au 1/2 (CA 1/2) : un volume de CA avec un volume d'eau stérile.
- Extrait dilué au 1/4 (CA 1/4) : un volume de CA avec trois volumes d'eau stérile.

### II.3.3. Préparation des inoculums

Les inoculums bactériens ont été préparés à partir de souches bactériennes qui ont été revivifiées en repiquant quelques colonies dans des tubes contenant du bouillon nutritif. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h. Après culture, on ajuste les densités optiques des inoculums à 0.1 (620 nm) avec de l'eau physiologique stérile 0.9% à l'aide du spectrophotomètre.

### II.3.4. Ensemencement

Les suspensions bactériennes fraîchement préparées sont ensemencées par écouvillonnage en stries serrées à la surface des boîtes Pétri coulées avec le milieu Muller Hinton. L'ensemencement se fait à trois reprises en tournant la boîte à environ 60° après chaque application et en passant l'écouvillon sur le bord de la gélose à la fin (Denis *et al.*, 2016). Les boîtes sont laissées sécher pendant quelques minutes avant le dépôt des extraits.

### II.3.5. Préparation et dépôt des disques

Des disques de 6 mm de diamètre sont préparés à partir de papier wattman N°3 puis stérilisés dans l'autoclave pendant 15 minutes à 120°C. L'activité antibactérienne a été évaluée par la méthode de diffusion sur gélose MH. Les disques ont été imprégnés dans nos extraits puis déposés à l'aide d'une pince stérile sur la surface du milieu.

Pour quelques essais nous n'avons pas des disques et on a utilisé la méthode de diffusion en puits, pour ce faire, les géloses ont été creusées stérilement avec le bout ouvert de la pipette Pasteur, les différentes concentrations de l'extrait sont délicatement déposées dans les puits avec une micropipette, puis laissées diffuser pendant 45 min avant incubation. La culture est réalisée à 37°C pendant 24 heures.

### II.3.6. Lecture des résultats

La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre des zones d'inhibition (diamètre du disque/puit inclus) représentées par un halo transparent détecté dans le cas d'un résultat positif. Le tableau ci-dessous définit les niveaux de sensibilité en fonction du diamètre de la zone d'inhibition.

**Tableau 4 :** Sensibilité des souches en fonction des diamètres des zones d'inhibition (Moreira *et al.*, 2005) :

Diamètre (mm)	Sensibilité
≤8	Nulle
9-14	Sensible
15-19	Très sensible
>20	Extrêmement sensible



## **Résultats & Discussion**

## Résultats

### I. Résultats du screening phytochimique

#### I.1. Caractérisation des polyphénols

La couleur noirâtre apparue après addition du  $\text{FeCl}_3$  témoigne la présence des polyphénols.



Figure 16 : Résultat du test de la détection des polyphénols

#### I.2. Caractérisation des alcaloïdes

Pour les trois réactifs testés, le résultat est positif :

- Précipité orangé avec le réactif de Dragendorff,
- Précipité brun avec le réactif de Bouchardât
- Précipité blanc jaunâtre avec le réactif de Mayer.

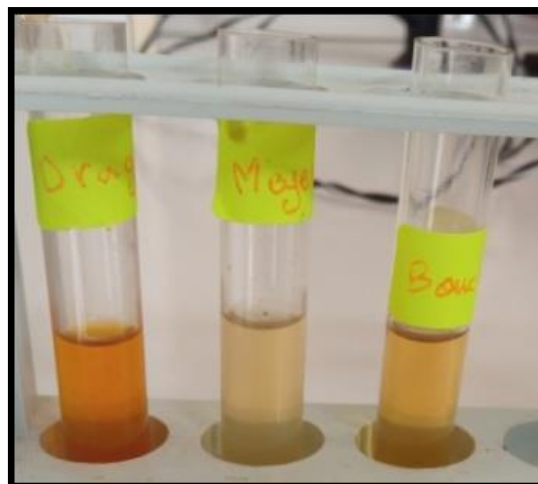
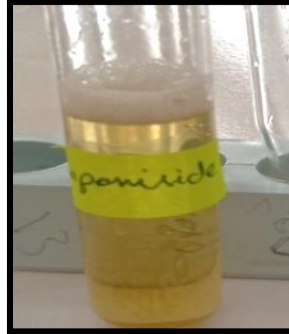


Figure 17 : Résultat du test de la détection des alcaloïdes

### I.3. Caractérisation des saponosides

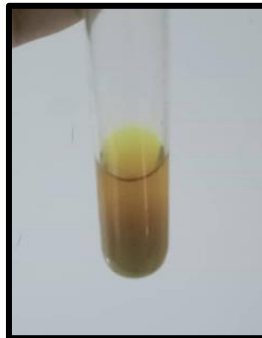
L'apparition d'une mousse persistante indique la présence des saponosides dans l'extrait, mais celle-ci est de faible hauteur ( $\leq$  de 1 cm).



**Figure 18 :** Résultat du test de détection des saponosides

### I.4. Caractérisation des coumarines

L'apparition d'une précipitation rouge - brune témoigne la présence des coumarines



**Figure 19 :** Résultat du test de détection des coumarines

### I.5. Caractérisation des anthraquinones

Le test est négatif et aucune coloration n'a été observé



**Figure 20 :** Résultat du test de détection des anthraquinones

### I.6. Caractérisation des flavonoïdes

La couleur orangée apparue indique la présence des flavones dans notre extrait.

### I.7. Caractérisation des mucilages

L'apparition d'un précipité floconneux indique la présence des mucilages



**Figure 21** : Résultat du test de détection des mucilages

### I.8. Caractérisation des anthocyanes

Un virage de couleur vers le vert a été observé, ceci indique la présence des anthocyanes



**Figure 22** : Résultat de détection des anthocyanes

## I.9. Caractérisation des tanins

### I.9.1. Tanins condensés

Après addition du réactif de Stiasny, aucun précipité floconneux n'est observé, ceci indique l'absence des tanins condensés dans notre extrait.



**Figure 23** : Résultat de détection des tanins condensés

### I.9.1. Tanins hydrolysables

L'apparition d'une couleur bleue noirâtre suite à l'addition d'une solution de  $\text{FeCl}_3$  indique la présence des tanins hydrolysables.



**Figure 24** : Résultat de la caractérisation des tanins hydrolysables



L'ensemble des résultats du screening sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5** : Un récapitulatif des résultats du criblage phytochimique

Familles chimiques		Résultats	
Composés phénoliques	Réaction générale	+++	
	Tanins	Condensés	-
		Hydrolysables	+++
	Flavonoïdes	+++	
	Anthocyanes	+	
	Coumarines	++	
	Dérivés anthracéniques	-	
Alcaloïdes	+++		
Saponosides	+		
Mucilage	+++		

Très positif : +++, Positif : +, - Négatif

## II. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne

### II.1. Calcul du rendement de l'extrait méthanolique brut

Après évaporation à sec de l'extrait méthanolique

$$R \% = 0,20 / 4 \times 100 = 5 \%$$

- Poids initial de la matière végétale : 4g
- Poids de l'extrait après évaporation : 0.2 g



Figure 25 : Evaporation rotative de l'extrait végétale et mesure du poids du résidu sec

## II.2. Evaluation de l'activité antibactérienne

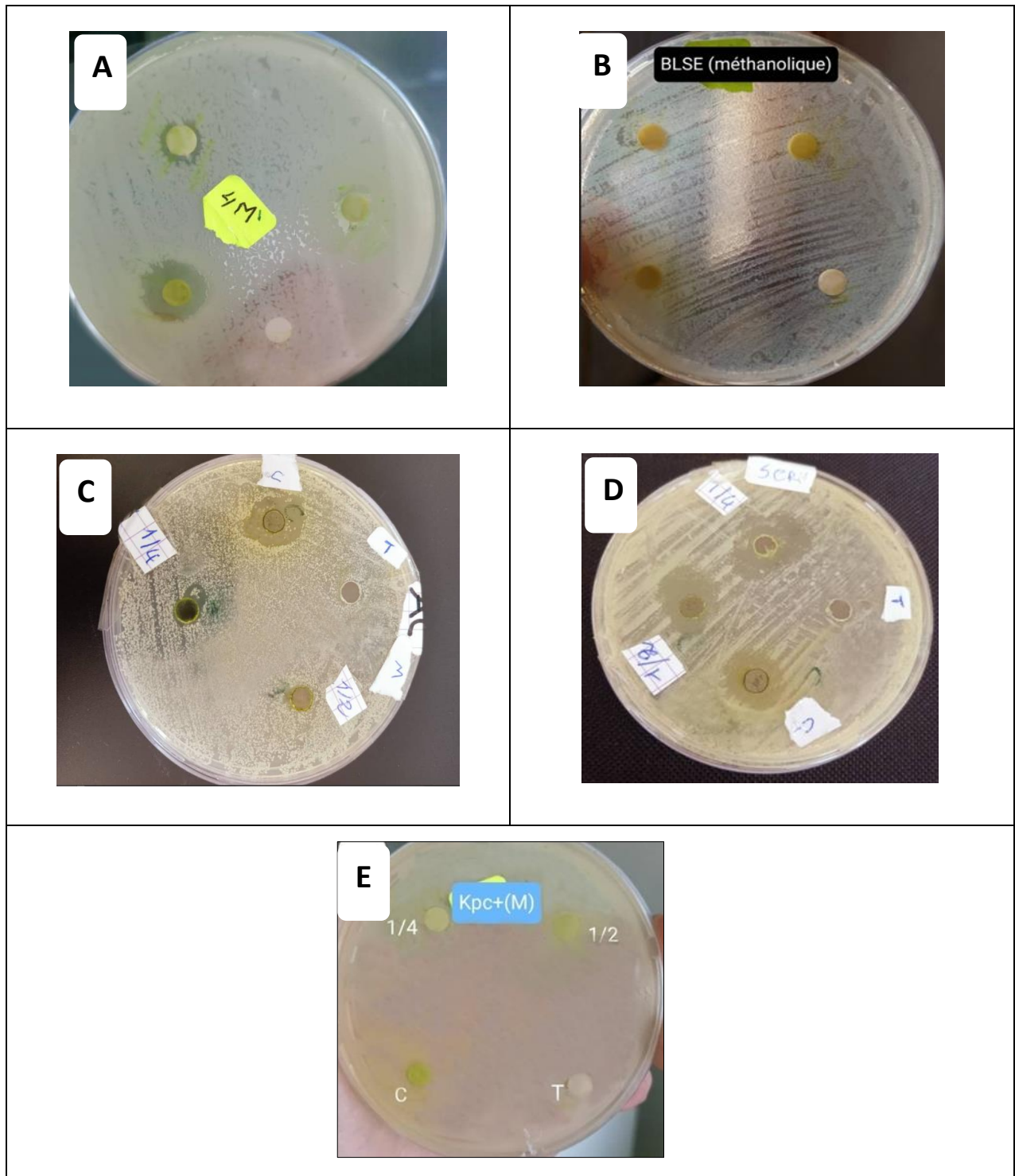
L'activité antibactérienne des concentrations des extraits méthanolique et aqueux des feuilles de *M.oleifera* sur les cinq souches a été estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques/puits. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Diamètres d'inhibition de différentes souches sous l'action des extraits méthanolique et aqueux (mm)

Types d'extraits	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)					
	Méthanolique			Aqueux		
	CM	CM ½	CM ¼	CA	CA ½	CA ¼
<i>S. aureus</i>	18	14	11	18	15	8
<i>E. coli BLSE</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Acinetobacter.sp</i>	19	9	8	10	–	–
<i>Serratia.sp</i>	22	20	18	10	–	–
<i>K. pneumoniae</i>	–	–	–	–	–	–

II.2.1. Pouvoir antibactérien de l'extrait méthanolique

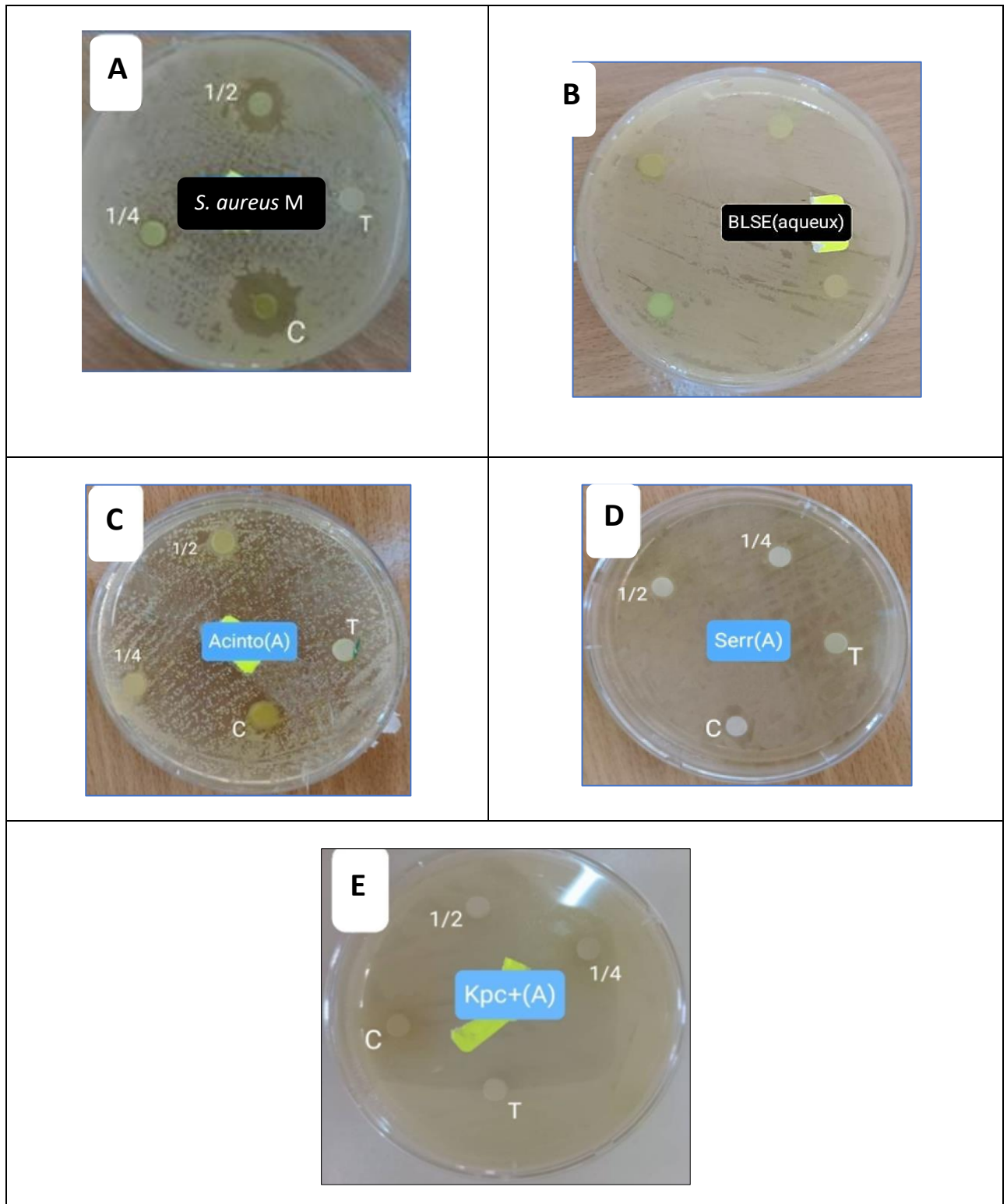
Les résultats obtenus sont présentés sur la figure ci-dessous :



**Figure 26** : Effet antibactérien exercé par les différentes dilutions de l'extrait méthanolique des feuilles de *M. oleifera* sur les cinq souches étudiées : **A** : *Staphylococcus aureus*, **B** : *Escherichia coli* BLSE, **C**: *Acinetobacter.sp.*, **D**: *Serratia.sp.* **E**: *Klebsiella pneumoniae*

II.2.2. Pouvoir antibactérien de l'extrait aqueux

Les résultats obtenus sont présentés sur la figure suivante :



**Figure 27 :** Effet antibactérien exercé par les différentes dilutions de l'extrait aqueux des feuilles de *M. oleiferas* sur les cinq souches étudiées : **A :** *Staphylococcus aureus*, **B :** *Escherichia coli BLSE*, **C:** *Acinetobacter.sp*, **D:** *Serratia.sp* **E:** *Klebsiella pneumoniae*

**Résultats de l'extrait aqueux**

- *Serratia sp.* s'est avérée extrêmement sensible à l'action des différentes dilutions de l'extrait méthanolique de *M. oleifera* avec des diamètres d'inhibition de 18 à 22 mm.
- *S. aureus* et *Acinetobacter sp.* sont très sensibles à la solution concentrée CM (18 et 19 mm respectivement) et moyennement sensibles aux dilutions  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{4}$ .
- Pour *Klebsiella pneumoniae*, et *Escherichia coli BLSE* : l'absence des zones d'inhibition de croissance de ces souches indique que l'extrait méthanolique de *M. oleifera* avec ses différentes dilutions ne montre aucun effet antibactérien sur ces souches.

**Résultats de l'extrait aqueux :**

- Pour l'espèce *S. aureus*, l'action de l'extrait aqueux des feuilles de *M. oleifera* a donné des diamètres d'inhibition de 18 mm avec CA, 15 mm pour CA  $\frac{1}{2}$ , et 8 mm pour CA  $\frac{1}{4}$ . Selon l'échelle donnée par (Moreira *et al.*, 2005), la bactérie est très sensible (++) à la solution concentrée de l'extrait, mais moyennement sensible (+) aux dilutions  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{1}{4}$ .
- Pour les deux souches : *Serratia. sp* et *Acinetobacter. sp*, un diamètre d'inhibition de 10mm a été noté sous l'effet de la solution CA, les deux autres dilutions n'ont pas d'effet.
- L'absence des zones d'inhibition de croissance de *Klebsilla pneumoniae* et *Escherichia coli BLSE* indique que l'extrait aqueux de *M. oleifera* avec ses différentes concentrations n'exerce aucun effet antimicrobien sur ces souches.

## DISCUSSION

Selon la bibliographie, les extraits des feuilles de *Moringa oleifera* sont très riches en polyphénols (Zhu *et al.*, 2020 ; Kashyap *et al.*, 2022) avec une teneur totale élevée estimée à 105 mg EAG/100 g.MS (Singh *et al.*, 2009), ceci explique le résultat de notre test qualitatif qui a révélé la présence des polyphénols.

La détection des flavonoïdes dans notre extrait éthanolique est confirmée par plusieurs travaux (Akhavan *et al.*, 2015 ; Prasetyaningrum *et al.*, 2020). En effet, les flavonoïdes sont les composés phénoliques les plus abondants dans cette partie de plante avec un taux estimé à environ 2.140 QE par gramme de matière sèche (Alhakmaniet *et al.*, 2013). Ils sont présentés principalement par la quercétine et le kaempférol (Siddhuraju & Becker, 2003).

Les résultats positifs des tests des alcaloïdes et des saponosides dans les extraits de *M. oleifera* corroborent avec ceux trouvés par Adekanmi *et al.*, (2020) et Kandeepan *et al.*, (2022). De même, le résultat positif de la caractérisation des mucilages dans l'extrait éthanolique des feuilles est confirmé par le travail de Bekoe *et al.*, (2020).

L'absence des anthraquinones notée dans notre test qualitatif est en accord avec celui trouvé par Kandeepan *et al.*, (2022).

Les tanins condensés se sont avérés absents dans notre expérience, ce résultat pourrait être expliqué par l'étude de Richter et ses collaborateurs (2003) qui ont montré que ces composés existent dans des feuilles de *M. oleifera* mais à un niveau de « traces ». Pour les tanins hydrolysables, notre résultat positif est en accord avec le travail de Argungu *et al.*, (2022).

Enfin, la présence des anthocyanes et des coumarines dans les feuilles de *M. oleifera* est appuyée par les travaux de Braham *et al.*, (2019) et Tabidi *et al.*, (2019) respectivement.

Les résultats de la composition chimique des feuilles de la plante étudiée nous aident à comprendre l'effet antibactérien de ses extraits.

*S. aureus* a montré une grande sensibilité vis à vis des extraits méthanolique et aqueux, dans le même contexte, Koné *et al.*, (2009) et Peixoto *et al.*, (2011) ont montré que la forme de macérée aqueuse des feuilles de *M. oleifera* est très efficace comme agent antibactérien contre la souche *S. aureus*, un diamètre d'inhibition de 22 mm a été noté par Peixoto et ses collaborateurs.

Le même résultat pour l'extrait méthanolique a été rapporté par Arodes *et al.*, en 2022 dans une étude sur l'effet des extraits des feuilles de *M. oleifera* sur quelques pathogènes responsables d'infections urinaires.

Les résultats négatifs de la sensibilité des souche *E. coli* BLSE et *K. pneumoniae* vis-à-vis des deux extraits sont opposés par ceux trouvés par Thilza *et al.*, (2010) et Arodes *et al.*, (2022) respectivement. Nos résultats pourront être expliqués par le fait que ces deux souches testées sont déjà sélectionnées comme résistantes à certains antibiotiques (la souche *Klebsiella pneumoniae* étudiée est une souche multi-résistante productrice de carbapénèmes).

*Serratia sp.* apparaît extrêmement sensible à l'extrait méthanolique (22 mm) et sensible à l'extrait aqueux (10 mm), cette sensibilité a été confirmée par l'étude de Bancessi *et al.*, (2020) mais ces derniers ont déclaré que cette souche est plus sensible à l'extrait aqueux (17 mm) qu'à l'extrait méthanolique (11.16 mm).

Enfin., le pouvoir antibactérien efficace exercé par les deux extraits des feuilles de *M. oleifera* sur la souche *Acinetobacter sp* est confirmé par Ilanko *et al.*, (2019), mais il est à noter que cette étude attribue une activité bactérienne plus élevée aux graines de *M. oleifera* sur cette souche.

La plante *M. oleifera* est connue pour être efficace contre un certain nombre de maladies infectieuses notamment celles dues aux bactéries à Gram négatif (Adji *et al.*, 2022). Toutes ses parties peuvent être transformées en diverses formulations anti-pathogènes grâce à leurs composants bioactifs (Xiao *et al.*, 2020) dont la niaziminine, qui est un composé naturellement trouvé dans les extraits des feuilles de *M. oleifera* et qui est dotée d'un effet antibactérien important. Aussi, le kaempférol, un flavonoïde naturel de *M. oleifera*, présente un effet antimicrobien dose-dépendant via la perturbation de l'intégrité de la membrane cellulaire bactérienne (Poklar Ulrich *et al.*, 2010; Rajendran *et al.*, 2014).

L'un des ingrédients les plus efficaces comme antibactérien dans cette plante est « la protéine coagulante de Moringa » (poids moléculaire d'environ 13 kDa), qui est capable de flocculer les microorganismes grâce à ses fonctions d'adsorption et de neutralisation de charge (Mulugeta *et Fekadu*, 2014 ; Broin *et al.*, 2002).

D'autres métabolites secondaires sont impliqués dans le pouvoir antibactérien tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes et les polyphénols (Paikra *et al.*, 2017 ; Ousenu *et al.*, 2021).



*Conclusion & perspectives*



## Conclusion & perspectives

L'Algérie, vu sa grande superficie, la diversité de son climat et la richesse de ses sols, constitue un terrain favorable d'investissement dans la cultivation des plantes d'intérêt médicinales et technologiques. Le *Moringa oleifera* figure parmi le peu de plantes introduites en Algérie en raison de ses propriétés intéressantes.

Ce travail a porté sur la détermination de la composition chimique des feuilles de *M. oleifera* et l'évaluation de l'activité antibactérienne de ses extraits méthanolique et aqueux.

Les résultats ont permis de détecter la présence des flavonoïdes, des tanins hydrolysables, des saponines, des terpénoïdes, des alcaloïdes, des mucilages, des anthocyanes et des coumarines.

Ces résultats suggèrent que *M. oleifera* pourrait représenter une source naturelle prometteuse de substances chimiques qui possèdent des activités biologiques très importantes.

L'activité antibactérienne des extraits méthanolique et aqueux des feuilles s'est avérée intéressante. Un pouvoir antibactérien important a été noté sur les trois souches de *S. aureus*, *Serratia sp*, et *Acinetobactersp*. avec de meilleurs résultats pour l'extrait méthanolique. Cependant, la sensibilité de *K. pneumoniae* et *E. coli* BLSE vis-à-vis des deux extraits est nulle.

L'ensemble des résultats indique un potentiel prometteur pour les extraits des feuilles de *Moringa* et révèle l'efficacité de ses composants comme agents antibactériens, ce qui justifie leur utilisation comme traitement alternatif des infections causées par les souches sensibles.

Cette étude ne constitue qu'une ébauche dans la valorisation de *M. oleifera*, en perspectives, il est intéressant d'étayer le travail par :

- L'évaluation d'autres effets biologiques in vitro des extraits bruts et de leurs composés actifs.
- L'étude de l'effet synergique de la plante avec d'autres antibiotiques ou antifongiques afin d'améliorer leur index thérapeutique.
- La réalisation d'une étude quantitative pour déterminer les quantités de chaque métabolite secondaire.



*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. Abalaka ME., Daniyan SY., Oyeleke SB., & Adeyemo SO. (2012). L'évaluation antibactérienne des extraits de feuilles de *Moringaoleifera* sur des bactéries pathogènes sélectionnées. *Journal de recherche en microbiologie*, 2 (2) : 1-4.
2. AbdullRazis, A. F., Ibrahim, M. D., & Kntayya, S. B. (2014). Health benefits of *Moringaoleifera*. *Asian pacific journal of cancer prevention*, 15(20): 8571-8576. DOI: <http://dx.doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.20.8571>
3. Aja PM, Ibiam UA, Uraku AJ, Orji OU, Offor CE and Nwali, BU. Comparative Proximate and Mineral Composition of *Moringa oleifera* Leaf and Seed. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*. 2013, 2(5):137-141. Available online: <http://garj.org/garjas/index.htm>
4. Akram M, Nawaz A .(2017). Effects of medicinal plants on Alzheimer's disease and memory deficits. 12 : 660–70.
5. Alhakmani F, Kumar S, Khan SA.(2013). Estimation of total phenolic content, in vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of *Moringaoleifera* flowers, 3 : 623–7.
6. Aniszewski, T. (2007). *Alkaloids-Secrets of Life: Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role*: Elsevier.
7. Anita M, Babita A.(2008). Investigation of the mechanism of action of *Moringaoleifera* for its anti-asthmatic activity, 8 : 24–31 .
8. Anwar F, Latif S, Ashraf M and Gilani A.H. *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytother. Res.* 2007, 21: 17–25.
9. Atakpama. W., Kponor. E.G. E., Kanda. M., Dourma. M., Nare. M., Batawila.K. Et Akpagana. K. (2014) : *Moringa Oleifera Lamarck (Moringaceae) : Une Ressource phytogénétique à usage multiple*. *Rev. Cames - Vol. 02.* 6-14.
10. Atawodi, SE ; Atawodi, JC; Idakwo, Géorgie ; Pfundstein, B.; Haubner, R.; Wurtele, G.; Bartsch, H.; Owen .(2010).RW Evaluation of polyphenol content and antioxidant properties of methanol extracts from leaves, stems and root bark of *Moringaoleifera* Lam, 13 : 710–716 .
11. Aubert S., Babic I., Amiot M J., Nguyen-The C. LES COMPOSES PHENOLIQUES MARQUEURS DE LA QUALITE DE CAROTTES CONSERVEES AU FROID.

- ISHS ActaHorticulturae 354: I International Workshop on Carrot. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.354.21.
12. Badiaga, M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
  13. Bajpai M.; Pande, A.; Tewari, Sask.; Prakash, D .(2005). Phenolic content and antioxidant activity of certain food and medicinal plants. 56 , 287–291.
  14. Bennett RN, Mellon FA, Foidl N, Pratt JH, Dupont MS, Perkins L, et al. Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L. *J Agric Food Chem* 2003;51:3546-53.
  15. . Banthorpe DV., Charlwood BV., Francis, ( 1972). *MJO* The biosynthesis of monoterpenes. 72 , 115–155.
  16. BAREK S. (2021). Etude phytochimique et biologique d'extraits de deux plantes médicinales *Genistasahara* et *Glycyrrhizaglabra*. Université AboubekrBelkaïd - Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers. P 14.
  17. BAREK Saïd.(2019).Etude phytochimique et biologique d'extraits de deux plantes médicinales *Genistasahara* et *Glycyrrhizaglabra*.thèse de doctorat. Tlemcen:UniversitéAboubekrBelkaïd -Tlemcen-,2019.p 20
  18. Bharali R., Tabassum J., Azad M.Chemomodulatory effect of *Moringaoleifera*, Lam, on hepaticcarcinogenmetabolising enzymes, antioxidantparameters and skin papillomagenesis in mice. 4 : 131–139.
  19. Bhattacharya A., Behera R., Agrawal D., Sahu PK., Kumar S., Mishra SS. (2014). Antipyretic effect of ethanolic extract of *Moringaoleifera* leaves in albino rats. 42 : 74–8 .
  20. Bijal A., Bhumika D. (2015). Antibacterial Activity and Phytochemical Screening of Different Parts of *Moringaoleifera* Against Selected Gram Positive and Gram Negative Bacteria. 3 : 421–425 .
  21. Biljana,B. (2012). Historical review of medicinals plants usage. *Pharmacogenre view*. P : 1.
  22. Birt D F.,& Jeffery E. (2013). Flavonoids. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.), 4(5): 576–577. <https://doi.org/10.3945/an.113.004465>.

23. Bodey G P., Bolivar R., Fainstein V., Jadeja L. (1983). Infections Caused by *Pseudomonas aeruginosa*, *Reviews of Infectious Diseases*, 5(2): 279– 313.  
<https://doi.org/10.1093/clinids/5.2.279>.
24. Bohlmann J., Christopher I.(2008). Keeling ;Première publication,317 .  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03449.x>.
25. Boulal A., Ouafiane A., Oubiri M., Ladjel S. (2021) : Study of the Antibacterial and Antioxidant Capacities of Fixed Oil of *Moringa oleifera* L. Cultivated in the Southwest of Algeria *Asian Journal of Dairy and Food Research*. Volume : 40,: 4.358- 364
26. Bouzabata. A. (2017) : Les médicaments à base de plantes en Algérie : réglementation et enregistrement. *Phytothérapie*. 15: 401-408.
27. BOUZOUITA K.(2016). *Phytovigilance: Enquête auprès des pharmaciens officinaux d'Oujda. Thèse de doctorat en pharmacie. UNIVERSITÉ MOHAMMED VRABAT .FACULTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE –RABAT*.p:25.
28. BOUZOUITA K.(2016). *Phytovigilance: Enquête auprès des pharmaciens officinaux d'Oujda. UNIVERSITÉ MOHAMMED V-RABAT .FACULTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE –RABAT*. p22.
29. Bukhari S N A., Jasamai M., &Jantan I.(2012). Synthesis and biological evaluation of chalcone derivatives (mini review), 12(13):1394-403. DOI:  
10.2174/13895575112091394.
30. Caceres A., Cabrera O., Morales O., Mollinedo P., & Mendia P. (1991). Propriétés pharmacologiques de *Moringaoleifera* : dépistage préliminaire de l'activité antimicrobienne. *J Ethnopharmacol*, 33 (3):213–6.
31. Chabrier JY. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en Phytothérapie. Thèse de Pharmacie. Université Henri Poincare, Nancy 1, 184.FACULTE DE PHARMACIE*.
32. Charoensin S. (2014). Antioxidant and anticancer activities of *Moringaoleifera* leaves. 8 , 318–325.
33. Chevallier A. (2010). *la rousse encyclopédie des plantes médicinales .Larousse*. P18.
34. Chevallier A. (2010).*la rousse encyclopédie des plantes médicinales.Larousse*. P19.
35. Chevallier A. (2010).*la rousse encyclopédie des plantes médicinales. Larousse*. p11.
36. ChizzolaR .(2013). Regular monoterpenes and sesquiterpenes (essential oils). In *Natural Products; Ramawat, KG, Mérillon, J.-M., Eds. ; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; dp. 2973–3008* .

37. Chumark P., Khunawat P., Sanvarinda Y., Phornchirasilp S., Morales PN, Phivthong-ngam L., Ratanachamnong P., Srisawat S., & Pongrapeeporn K S. (2008). The in Vitro and ex Vivo Antioxidant Properties, Hypolipidaemic and Antiatherosclerotic Activities of Water Extract of *Moringaoleifera* Lam. Leaves. 116 : 439–446 .
38. Corcoran M P., Diane L McKay, Jeffrey B Blumberg .(2012).Flavonoid basics: chemistry, sources, mechanisms of action, and safety, 31(3):176-89. DOI: 10.1080/21551197.2012.698219.
39. Depilon. (2011). ( *Moringa oleifera* ). Journal international de la santé et de la nutrition ,2 : 1–5.
40. DJELLOULI F., KROUF D.,& BOUCHENAK M. (2019). *Portulacaoleracea* L. et bienfaits thérapeutiques sur le risque cardiovasculaire.08, N°01:20-26. DOI: 10.30952/ns.8.1.4.
41. Dzotam JK, Touani FK, Kuete V .( 2015). Antibacterial and antibiotic-modifying activities of three food plants (*Xanthosomamafaffa* Lam.; *Moringaoleifera* (L.) Schott and *Passifloraedulis* Sims) against multidrug- resistant (MDR) Gram-negative bacteria. . 16 : 1–8 .
42. Ezeamuzie IC, Ambakederemo AW, Shode FO, Ekwebelem SC .(1996). Antiinflammatory effects of *Moringaoleifera* root extract. 34 : 207–12.
43. Foidl, N., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001).Potentiel de *Moringaoleifera* en agriculture et dans l’industrie. Actes du séminaire sur *Moringaoleifera* du, 29.
44. Fox(2009).B Squalene emulsions for parenteral administration of vaccines and drugs. 14 , 3286–3312.
45. Fuglie L. J. The Miracle Tree: *Moringa oleifera*: Natural Nutrition for the Tropics. Church World Service, Dakar. 1999, P. 68.
46. Gayet C. (2018). Guide de poche de phytothérapie. Leduc.
47. Gbenou, P., Hombada , D., & Nevis ,D. R. (2021). Evaluation Of The Effect Of PreTreatment Of *MoringaOleifera* Lamarck (*Moringaceae*) Seeds At The Early Stage Of Germination For Massive Production In South Benin. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n1pl>.
48. Gonelimali F D., Lin J., Miao W., Xuan J., Charles F., Chen M., & Hatab R.S. (2018)Antimicrobial Properties and Mechanism of Action of Some Plant Extracts Against Food Pathogens and Spoilage Microorganisms. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01639>.

49. Gönenç A., Hacışevki, A.; Tavail, Y.; Çengel, A.; Torun, M ( 2013). Oxidative stress and non-stress. 24 , 139–14.
50. Goyal BR, Goyal RK, Mehta AA .(2009). Research on the anti-asthmatic mechanism of action of *Moringaoleifera*. 6 : 313–27.
51. Gravot A. (2008) : Introduction au métabolisme secondaire chez les végétaux. Equipe pédagogique Physiologie Végétale, UMR 118 APBV. Université de Rennes 1 – L2. Support de cours. 3-15.
52. Guevara AP, Vargas C, Sakurai H, et al .(1999). An antitumorpromoter from *Moringaoleifera* Lam. 440:181–188.
53. Günes.(2013), FE Medical use of squalene as a natural antioxidant. 3 , 220–228.
54. Gupta R, Mathur M, Bajaj VK, Katariya P, Yadav S, Kamal R, et al .(2012). Evaluation of the antidiabetic and antioxidant activity of *Moringaoleifera* in experimental diabetes. 4 (2):164–71.
55. Gupta Gupta, S.; Jain, R.; Kachhwaha, S.; Kothari, SL.(2018). Nutritional and medicinal applications of *Moringaoleifera* Lam.—Review of current status and future possibilities. 11 , 23–25 .
56. Gurvinder PS, Rakesh G, Sudeep B, Sandeep KS.(2012). Anti
57. Hagiwara A, Hidaka M, Takeda S, Yoshida H, Kai H, Sugita C, et al.( 2016). Antiallergic action of the aqueous extract of *Moringaoleifera* Lam. leaves in mice. 16 : 1–10.
58. Hamel T., SaDOU S., SeRIDi R., BOUkHDIR S., &BOUlemTafeS A. (2018).Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'edough (nord-est algérien).  
<http://www.ethnopharmacologia.org/wpcontent/uploads/2018/05/Ethnopharm59-Hamel.pdf>.
59. Hédji, C.C., KpoguèGangbazo,D.N.S., Houinato, M. R., &Fiogbé,E. D.(2014). Valorisation de Azollaspp, *Moringaoleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique, 81:7277 – 7289. DOI: 10.4314/jab.v8i1i.4.
60. <https://www.fao.org/traditional-crops/moringa/ar/?fbclid=IwAR09zhnOB2xDtGzxduZomi9frJWcG0xdQydugnGlvQSfKw13pNGGMPB9eI>

61. Huang, Z.-R.; Lin, Y.-K.; Fang, J.-Y. (2009). Activités biologiques et pharmacologiques du squalène et des composés apparentés : utilisations potentielles en dermatologie cosmétique. 14 , 540–554.
62. Imohiosen, O., Gurama, H. H., & Lamidi, T. B. (2014). Phytochemical and antimicrobial studies on *Moringaoleifera* leaves extracts. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 8, 39- 45.
63. inflammatory evaluation of *Moringaoleifera* leaf extract. 1 : 22–4.
64. Jabeen R., Shahid M., Ashraf M. (2008). Microscopic evaluation of the antimicrobial activity of seed extracts of *Moringaoleifera*: 1349–1358.
65. Jamshidi-Kia F., Lorigooini Z., & Amini-Khoei H. (2018). Plantes médicinales : Histoire passée perspective future. *Journal of herbmedpharmacology*, 7 (1).
66. Jensen , PE ; Lassen, MM; Gnanasekaran, T.; Nielsen, Arizona ; Møller. (2015). BL Using synthetic biology to retarget biosynthetic pathways to the chloroplast for direct access to products of photosynthesis.
67. Joseph J M. (2011). Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales , utilisation , effets , innocuité et lien avec le médecin généraliste. université Bordeaux 2 – Victor Segalen U.F.R DES SCIENCES MEDICALES. P40
68. Jurairat K., Jintanaporn W., Supaporn M., Wipawee T., Cholathip T., Panakaporn W., et al. (2012). *Moringaoleifera* leaf extract alleviates neuropathic pain induced by chronic constriction. 9 : 1182–7 .
69. Kakengi A. M. V., Shen M. N., Sarwart S V., & Fujihara T. (2003). Le *Moringaoleifera* peut-il être utilisé comme complément protéique dans l'alimentation des ruminants. *Asiatique-Aust. J. Anim*, 18 : 42–47.
70. Kanchan PU, Vinod DR, Vijay BM . (2012). Study of the antimigraine activity of *Moringaoleifera* leaf juice. 6 : 204–7 .
71. Kashyap P., Anand S., Thakur A. (2017). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of *Rhododendron Arboreum* flower extract. 7 , 123–128.
72. Koné D. (2009). Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes : extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante. Thèse en biologie végétale. Université Paul Verlaine – Metz. P : 21.



73. Kou, X., Li, B., Olayanju, J. B., Drake, J. M., & Chen, N. (2018). Nutraceutical or Pharmacological Potential of *Moringa oleifera* Lam. *Nutrients*, 10(3), 343. <https://doi.org/10.3390/nu10030343>.
74. Krief S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de doctorat. Sciences du Vivant [q-bio]. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS.
75. Kumar N., & Goel N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology reports (Amsterdam, Netherlands)*, 24, e00370. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>.
76. Kumar S. (2017). Medicinal importance of *Moringa oleifera*: drumstick. 16 : 129–324 .
77. Kumbhare M, Sivakumar T. (2011). Anti-inflammatory and analgesic activity of *Moringa oleifera* stem bark. 3 : 641–50.
78. L'extrait aqueux de *Moringa oleifera* Lam. feuilles. *J. Ethnopharmacol*, 116 : 439–446 .
79. Lahsissene H., Kahouadji A., & Hseini S. (2009). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaer (Maroc Occidental). *Lajeunia , revue de botanique* .
80. Les terpénoïdes végétaux comme source prometteuse d'inhibiteurs de la cholinestérase pour la thérapie anti-MA , 11 , 307 .
81. Louni S., 2009 - Extraction et caractérisation physicochimique de l'huile de graines de *Moringa oleifera* . Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach , 90 p.
82. Macrae R, Robinson RK et Sadler MJ, (1993): *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. Academic Press.
83. Mahajan SG., Mehta AA. (2008). Effet de *Moringa oleifera* Lam. extrait de graine sur l'inflammation des voies respiratoires induite par l'ovalbumine chez le cobaye, 20 : 897–909.
84. . Mahajan, SG; Mehta AA . (2007). AA inhibitory action of the ethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam seeds. on systemic and local anaphylaxis. 4 , 287–294.
85. Mahmood, K. T., Mugal, T., & Haq, I. U. (2010). *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(11), 775.
86. Malo T., avril 2014. Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-1 dans la Région des Cascades

- (Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle, option : production végétale. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 68p
87. Manaheji H, Jafari S, Jalal Z, Shama R, Reza T .(2011). Analgesic effects of methanolic extracts of *Moringa oleifera* leaf or root on Freund's adjuvant-induced complete arthritis in rats. 9 : 217–22 .
88. Mazid, M.; Khan, T.; Mohammad, F.(2011). Role of secondary metabolites in plant defense mechanisms.3 , 232–249.
89. Mbikay M .(2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia. 3, article 24.
90. McKnight M, Allen J, Waterman JD et Al.(2014). Moringa tea blocks pig confinement dust-induced acute lung inflammation through a mechanism involving TNF- $\alpha$  expression, c-Jun N-terminal kinase activation, and neutrophil regulation. 10 : 73–87 .
91. Miara M. D., Hammou M. A., & Aoul S. H. (2013). Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret(Algérie). *Phytothérapie*, 11(4) : 206-218.
92. Michael P., Corcoran , Diane L McKay, Jeffrey B Blumberg .(2012).Flavonoid basics: chemistry, sources, mechanisms of action, and safety, 31(3):176-89. DOI: 10.1080/21551197.2012.698219.
93. Millogo-Koné H., Kini B. F., Yougbaré Z., Yaro M. B., & Sawadogo M. (2012). Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne in vitro des feuilles de *Moringa oleifera*(Moringaceae).
94. Mir R., Jallu S., Singh T P.(2015).The shikimate pathway: review of amino acid sequence, function and three-dimensional structures of the enzymes, 41(2):172-89. DOI: 10.3109/1040841X.2013.813901.
95. Moyo B, Masika PJ, Hugo A and Muchenj V. Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*. 2011, 10(60): 12925-12933
96. Mughal, M. H., Ali, G., Srivastava, P. S., & Iqbal, M. (1999).Improvement of drumstick (*Moringa pterygosperma* Gaertn.)—a unique source of food and medicine through tissue culture. *Hamdard Med*, 42(1), 37-42.
97. Muhammad AA, Arulseivan P, Cheah PS, Abas F, Fakurazi S .(2016). Evaluation of the healing properties of the bioactive aqueous fraction of *Moringa oleifera* Lam. in an animal model of experimentally induced diabetes. 10 :1715–30.

98. . Murakami A, Kitazono Y, Jiwajinda S, Koshimizu K, Ohigashi H.( 1998).  
Niaziminin, a thiocarbamate from the leaves of *Moringaoleifera*, holds a strict structural requirement for inhibition of tumor-promoter-induced Epstein-Barr virus activation. 64 : 319–323 *naturel. MÜSBED* , 3 , 220–228.
99. Ndiaye M, Dieye AM, Mariko F, Tall A, Sall Diallo A, Faye B.(2002).  
Antiinflammatory evaluation of *Moringaoleifera* leaf extract. 47 : 210–2.
100. Ndong M, Uehara M, Katsumata S, Suzuki K.(2007). Effects of oral administration of *Moringaoleifera* Lam on glucose tolerance in gotokakizaki and wistar rats. 40 : 229–33.
101. Nitin GS., Bonde CG., Patil VV., Narkhede SB., Patil AP., Kakade RT.(2008).  
Activité analgésique des graines de *Moringaoleifera* Lam. *Int J Green Pharm*, 2 : 108–10.
102. Ochocka R.J., Rajzer D., Kowalski., Lamparczyk H. (1995) Determination of coumarins from *Chrysanthemum segetum* L. By capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. p709, 197- 202.
103. Odjegba VJ and Alokolaro AA. Simulated Drought and Salinity Modulates the Production of Phytochemicals in *Acalypha wilkesiana*. *Journal of Plant Studies*. 2013, 2(2): 105-112.
104. Ojala T., Rames S., Haansu P., Vuorela H., Hiltunen R., Haahtela K., Vuerela P. (2000) Antimicrobial activity of some coumarin containing hebal plants growing in finland. *Journal of Enthopharmacology*. p73, 299-305.
105. Ola-Fadunsin SD, Ademola IO. (2013). Direct effects of *Moringa oleifera* Lam (*Moringaceae*) acetone leaf extract on broiler chickens naturally infected with *Eimeria* species. *Trop. Anim. Health Prod.*, 45(6): 1423-1428.
106. OMS. (2003). Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse
107. Ozenda P., (1991).- Flore de Sahara. Mise à jour et augmentée. 3ème ed. Dunod. CNRS. Paris. 262 p.
108. Pala, F. S., & Gürkan, H. (2008). The role of free radicals in ethiopathogenesis of diseases. *Advances in Molecular Biology*, 1(19), 9.
109. Panche A D., Diwan A D. , & Chandra S R.(2016). Flavonoids: an overview, 110.5:e47. DOI: 10.1017/jns.2016.41.

111. Paulo M., Éverton J.F., Jurandy N.S., Rivelilson M., Nagilla D., Samara C.O., Claudia P., 2004. Safety and Efficacy of *Moringa oleifera* Lamarck (1785) — Therapeutic and Toxicological Properties.
112. Peinado MR. (2012). *Enological Chemistry*, 9780123884381, doi.org/10.1016/B978-0-12-388438-1.00019-4. 323-354.
113. Petrovska (2012). Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy Reviews*, 6(11), 1–. doi:10.4103/0973-7847.95849
114. Philippe, 2008. *Moringa Adanson* 1763. *Familles des Plantes* 2:318.
115. Pietta P., Minoggio M., & Bramati L. (2003). Plant Polyphenols: Structure, Occurrence and Bioactivity. 28, [https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(03\)80143-6](https://doi.org/10.1016/S1572-5995(03)80143-6). 257- 312.
116. Polprasid, P., 1993. *Moringa oleifera* Lamk. In: Siemonsma, J.S. & Kasem Piluek (Editors). *Plant Resources of South-East Asia No 8. Vegetables*. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Netherlands. pp. 213–215.
117. Rafael Peinado M. (2012). *Enological Chemistry*. doi.org/10.1016/B978-0-12-388438-1.00019-4. 323-354.
118. Raja P. B., Rahim A. A., Qureshi A. K., et Awang K. (2014): « Green synthesis of silver nanoparticles using tannins », *Mater. Sci.-Pol.*, vol. 32, no 3, p. 408–413.
119. Rastogie T, Bhutda V, Moon k, Aswar P, Khadabadi S. (2009). Comparative studies on Anthelmintic Activity of *Moringa oleifera* and *Vitex Negundo*; *Asian J. Res. Chem*, 2, 181 – 182.
120. Ríos J L., & Recio M C. (2005) . *Medicinal plants and antimicrobial activity*, Volume 100, Issues 1–2. 80-84. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.025>.
121. Rousserie. P. (2019) : De la biosynthèse des flavanols aux tanins du vin : quelle place pour les pépins de raisin ?. Thèse de doctorat. École Doctorale Sciences De La Vie Et De La Santé. L'université De Bordeaux
122. Royer M. (2013). Étude des relations entre croissance, concentrations en métabolites primaires et secondaires et disponibilité en ressources chez la tomate avec ou sans bioagresseurs. *Agronomie*. Université de Lorraine.
123. Sahoo, JP, Mohapatra, U., Sahoo, S. et Samal, KC (2020). Aperçu de la plante miracle *Moringa oleifera*.
124. Saint Sauveur, A. D., & Broin, M. (2010). Growing and processing moringa leaves. *oleifera* .Mémoire de Magister , Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach , 90 p.

125. Salfo O., Jules Y., Tata, K & al. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *Int. J. Biol.Chem.Sci.* 15(2): 750-772.
126. Schewe H., Mirata MA., Holtmann D., Schrader J. (2011) . Biooxydation des monoterpènes avec des monooxygénases bactériennes. *Processus Biochem.* 46 , 1885–1899.
127. Schnell O., Standl E. (2006). Glucose intolerance, diabetes and cardiovascular disease. *12* : 16–19.
128. Serrano J., Puupponen-Pimiä R. , Dauer A. , Aura A M., Saura-Calixto F. (2009). Tanins : connaissances actuelles sur les sources alimentaires, l'apport, la biodisponibilité et les effets biologiques. *2*:S310-29. doi : 10.1002/mnfr.200900039.
129. Sharma R., Vaghela JS . (2011). Anti-inflammatory activity of *Moringa oleifera* leaf and pod extracts against carrageenan-induced paw edema in albino mice. *1* : 140–4.
130. Shay J., Elbaz, H. A., Lee, I., Zielske, S. P., Malek, M. H., & Hüttemann, M. (2015). Molecular Mechanisms and Therapeutic Effects of (–)-Epicatechin and Other Polyphenols in Cancer, Inflammation, Diabetes, and Neurodegeneration. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 1–13.
131. shereen shereen laishi min ; sookyeeliew ; nelson jengyeouchea. (2022). Plant terpenoids as a promising source of cholinesterase inhibitors for anti-MA therapy. *11* , 307 .
132. Sreelatha S., Padma PR. (2009). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of *Moringa oleifera* Leaves in Two Stages of Maturity. *64* : 303–311.
133. Stohs S.J., Hartman MJ. (2015). Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytother.* 29:796–804. DOI: 10.1002/ptr.5325
134. Sy SK, Zhuang L, Derendorf H. (2016). Pharmacokinetics and pharmacodynamics in antibiotic dose optimization. *12*(1):93-114.
135. Taguchi G., Fujikawa S., Yazawa T., Kodaira R., Hayashida N., Shimosaka M., Okazaki M. (2000) Scopoletin uptake from culture medium and accumulation in the vacuoles after conversion to scopolin in 2,4-D-treated tobacco cells. *Plant Science.* p151, 153-161.
136. Talhaliani P, Kar A. (2000). Pharmacological research. *41* (3):319–23.
137. Tayo GM, Josué WP, Marie CK, Jeannette Y, Alidou MN, Mpoame M. (2014). Anthelmintic Activity of *Moringa oleifera* Leaf Extracts Evaluated in Vitro on Four Developmental Stages of *Haemonchus contortus* from Goats. *Am. J. Plant Sc.* 5, 1702-1710. 42.

138. Tholl D. (2006). Terpene synthases and the regulation, diversity and biological roles of terpene metabolism. *Running. Notice* .9 , 297–304. Jörg Bohlmann, Christopher I. Keeling ; Première publication: 09 mai 2008 ; 317 . <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.03449.x>.
139. Tohs S J., & Hartman M J. (2015). Examen de l'innocuité et de l'efficacité de *Moringa oleifera* . *Phytother*. 29 :796–804.
140. Tsaknis J, Lalas S, Gergis, V, Douroglou V and Spiliotis V. Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, 47: 4495-4499
141. Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2, 1231- 1246.
142. Umeno D.; Tobie, AV ; Arnold [2002], H Evolution of C 30 carotenoid synthase CrtM for function in a C 40 pathway .184 , 6690–6699 .
143. Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemicobiological interactions*, 160(1): 1-40.
144. Van Wyk B E., & Wink M. (2018). *Plantes médicinales du monde*. CAB.
145. Verma AR ; Vijayakumar, M.; Mathéla, CS ; Rao. (2009). CV In vitro and in vivo antioxidant properties of different *Moringa oleifera* leaf fractions.47 , 2196-2201.
146. Vimala A, Thamizharasi T, Sathish SS, Palani R, Vijayakanth P .(2013). Phytochemical studies on selective medicinal plants. 1 : 57–62.
147. Wang, Y.; Gao, Y.; Ding, H.; Liu, S.; Han, X.; Gui, J.; Liu, D .(2017). Subcritical ethanol extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity.218 , 152–158
148. Yang RY, Chang LC, Hsu JC, Weng BBC, Palada MC, Chadha ML, Levasseur V. (2006). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de *Moringa*. -Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé (1-9). In : *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique* : 16-18 Novembre, Accra (Ghana) 1-9.
149. Yassa HD, Tohamy AF .(2014). Extract of *Moringa oleifera* leaves ameliorates streptozotocin-induced Diabetes mellitus in adult rats . 116 (5):844–854

- 
150. Zaiter A. (2017). Étude de la phytochimie de 12 plantes de la région Lorraine en fonction de la granulométrie de poudres super fines. Agronomie. Université de Lorraine. P : 33.
151. Zhao Y., Zhao, Y.; Yang, J.; Qin, B.; Li, Y.; Soleil, Y. ; Su, S.; Xian, M.(2011). Biosynthesis of isoprene in *Escherichia coli* via the methylerythritol phosphate (MEP) pathway. 90 , 1915–1922.
152. Zongo U. Savadogo A., Zoungrana S.L., Sékoné P.L., Traoré A.S.(2013). Intérêt nutritionnel de *Moringa oleifera* Lam. (syn. *Moringa pterygosperma* C.F. Gaertn.). <https://www.researchgate.net/publication/304625661>.



# *Annexes*



## Annexe 01 : Matériels et produits

Matériels	Réactifs chimiques
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spatule</li> <li>• Epruvettes graduées.</li> <li>• Micropipettes. (1000ul, 200ul).</li> <li>• Tubes à essai</li> <li>• Tubes secs à bouchons</li> <li>• Entonnoir</li> <li>• Erlenmeyer</li> <li>• Bêchers</li> <li>• Fioles</li> <li>• Pipette pasteur</li> <li>• Flacons</li> <li>• Ballon à fond rond</li> <li>• Pipette graduée</li> <li>• Compte-gouttes</li> <li>• Pince</li> <li>• Embouts</li> <li>• Ecouvillons</li> </ul>	<p><b>Réactif de Bouchardât</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iode .....2.5 g</li> <li>• Iodure de potassium.....05g</li> <li>• Eau distillée .....100 ml</li> </ul> <p><b>Réactif de Dragendorff</b></p> <p>Mélange (V/V) des solutions A et B :</p> <p><u>Solution A</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrate de bismuth.....0.85 g</li> <li>• Acide acétique.....10 g</li> <li>• Eau distillée..... 40 ml</li> </ul> <p><u>Solution B</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iodure de potassium.....10 g</li> <li>• Eau distillée ..... 100 ml</li> </ul>
Produits Chimiques	<p><b>Réactif de Stiasny</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formaldéhyde .....04g</li> <li>• Iodure de potassium.....05g</li> <li>• Eau distillée .....100 ml</li> </ul> <p><b>Réactif de Mayer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorure de mercure ....1.36 g</li> <li>• Iodure de potassium.....05g</li> <li>• Eau distillée .....100 ml</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthanol</li> <li>• Ethanol</li> <li>• Acide chlorhydrique (HCL)</li> <li>• Ammoniaque (NH<sub>4</sub>OH)</li> <li>• Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</li> <li>• Hydroxyde de sodium (NaOH)</li> <li>• Copeaux de magnésium Mg</li> <li>• Ether de pétrole</li> <li>• Hydroxyde de potassium (KOH)</li> <li>• Chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>)</li> </ul>	

## Annexe 02 : Appareillage



Retavapeur



Bain marie.



Micro-ondes



Balance



Plaque chauffante



Vortex



Bec benzène



Micropipette



Autoclave



Spectrophotomètre



Etuve

## **Annexe 03 : Composition des milieux utilisés**

### **1. Gélose Mueller-Hinton**

Gélose MH en poudre ..... 38g

Eau distillée ..... 1L

### **2. Bouillon nutritif**

Bouillon nutritif en poudre ..... 13g

Eau distillée ..... 1L

### **3. Eau physiologique**

Chlorure de sodium (NaCL).....9 g

Eau distillée ..... 1L