

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

# Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

**Filière** : Sciences biologiques

**Spécialité** : Biotechnologie microbienne

Intitulé du thème :

**L'activité antimicrobienne des feuilles  
commercialisées et naturelles de *Moringa oleifera*  
vis à vis des souches bactériennes pathogènes**

Présenté par : Melle **NAIMI Chaimaa**

Melle **ZARAT BELMOKRETAR Wissem**

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : Melle **KANOUN K. (M.C.A/UDL/SBA)**

Examineur : Mme **CHAMA Z. (M.C.A/UDL/SBA)**

Promoteur : Melle **GUENAOUI K. (M.C.B/UDL/SBA)**

**Année universitaire 2020 - 2021**

**Session : « Juin »**

## **Remerciement**

### **بسم الله الرحمن الرحيم**

- ✓ *Avant tout, nous remercions **Dieu**, le tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience, et de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

**\*\*\*\***

- ✓ *On tient à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice de ce travail, **Dr GUENAOUI** d'avoir Accepté de nous encadrer. Merci pour votre rigueur scientifique et vos conseils toujours judicieux et de nous avoir responsabilisés du début jusqu'à la fin de notre travail.*

**\*\*\*\***

- ✓ *Nous tiens à remercier sincèrement les membres du **jury** qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail, **Dr CHAMA Z, Dr KANOUN K.***

**\*\*\*\***

- ✓ *Nous adressons nos remerciements également tous les **ingénieurs** du laboratoire de microbiologie appliquée **Mme MITIR S, Melle BRINISAT J** et de biochimie **Mme BOUSALAA** et de technologie alimentaire **Mme MEKKIOU Z** et de laboratoire biologie de développement **Mme FEDOUL F** pour leur efforts et leur orientation correctes.*

**\*\*\*\***

- ✓ *Nous tenons également à exprimer notre amour et notre gratitude à tous les enseignants et le chef de promotion **Professeur ABBOUNI B** qui nous ont enseignés tout au long de la période académique.*

**\*\*\*\***

- ✓ *Enfin, nous remercions les plus chaleureux vont à tous nos camarades de la promotion de biotechnologie microbienne **2020/2021** et sur tous notre âme sœurs **Sara et Sanaa** pour leur présence dans les moments difficiles et leurs excellents moments que nous avons passés avec eux tout au long de cette année.*

## **DÉDICACE**

*Je dédie ce mémoire :*

- ✓ *Il avait une biographie parfumée et une pensée éclairée : il avait le premier crédit pour mes études supérieures (**Mon père bien aimé**) que dieu prolonge sa vie.*
- ✓ *A qui m'as-tu mis sur le chemin de la vie, m'as calmé et a pris soin de moi jusqu'à ce que je devienne vieux (**Ma chère mère**), que dieu la bénisse.*
- ✓ *À la biographie géniale et parfumée de ma deuxième maman **FATMA**, pour toute l'affection qu'elle m'a donnée et pour son précieux encouragement et pour m'être.*
- ✓ *À mes chères frères, **Abed el Malek; Abed el Waheb et Mohammed** ceux qui ont eu un grand impact sur de nombreuses difficultés et obstacles.*
- ✓ *À piliers de ma réussite, mes sœurs **Malika et Khawla**, et leurs maris **Abdelkader et Abbas**, ainsi que la lumière de ma vie **Zadjia et Mebarka** pour leur conseils et leur soutien à mon égard.*
- ✓ *À mon espoir dans la vie, est la grâce de mes yeux et le secret de ma réussite, ma chère **Tayeb** et toute la famille **Mahdawi**.*
- ✓ *À mon binôme **Wissem**, elle m'a soutenu et m'aider avec ses idées éclairées tout le long de cette recherche et à qui je souhaite un bonheur éternel pour sa fidélité durable.*
- ✓ *Enfin, à tout qui ont gravé de leurs photos délicates sur les murs de mon cœur, **kheira et Sanaa**.*

**chaimaa**



## ***DÉDICACE***

Je dédie ce mémoire

À mes **Parents** pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.

À mon frère **MOHAMMED**, le plus grande source de mon bonheur, Mon compagnon d'enfance ; pour me tenir à mes côtés et son soutien continu pour moi.

À ma tante **KARIMA**, mon oncle **HMIDA** et ma chère cousine **IBTISEM**, et sa fille, un esprit de petite maison **ASSIA**, pour leurs mots d'encouragement et leur gentillesse.

À mon fiancé **OMAR**, pour son amour, son encouragement, son soutien et ses prières tout au long de ce travail.

***wissem***

## **Résumé**

*Moringa oleifera* est une plante médicinale appartenant à la famille des moringacées, endémique de la flore algérienne saharienne très utilisée pour ses vertus médicinales.

L'objectif principal assigné à ce travail est , d'une part , l'extraction des différents composés phénoliques des feuilles naturelles et commercialisées de *Moringa oleifera* par macération et les dosages colorimétriques de ces composés. D'autre part , l'évaluation de l'activité antibactérienne de différents extraits vis-à-vis des souches pathogènes , ainsi la comparaison entre les extraits des feuilles naturelles et commercialisées afin de savoir si les traitements a échelle industrielle ont un effet sur le pouvoir antimicrobien de notre plante.

Les résultats des dosages colorimétriques montrent que les extraits des feuilles naturelles de *M. oleifera* sont plus riches en polyphénols totaux et en tannins que les extraits des feuilles commercialisées avec les différents solvants utilisés (ED, M100%, M80%, M60%). par contre la teneur en flavonoïde des feuilles commercialisées est plus importante que les feuilles naturelles. L'activité antibactérienne a été déterminée sur quatre souches bactériennes (*E.coli* ; *Salmonella typhi* ; *Proteus mirabilis* ; *klebsiella pneumoniae*), par la méthode de diffusion sur gélose : tous les extraits soit naturels ou commercialisés ont une activité au moins sur une des souches microbiennes testées. L'extrait méthanolique (60%) des feuilles naturelles a un pouvoir antibactérien le plus important vis-à-vis : *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhi* et *klebsiella pneumoniae* avec des zones d'inhibition de diamètre de l'ordre de 16mm, 15mm et 20mm respectivement. Aucune activité antibactérienne des extraits (ED ; M80%; M100%) des feuilles naturelles et commercialisées n'a été enregistrée vis à vis *E.coli*. par contre l'extrait M60% des feuilles naturelles et commercialisées a présenté des zones d'inhibitions de l'ordre de 13 mm et 15mm respectivement.

Les résultats de CMB et CMI indiquent que les extraits des feuilles naturelles ont un pouvoir antibactérien important, par contre ceux des feuilles commercialisées ne confèrent aucun effet.

**Mot clé :** *Plante médicinale, Moringa oleifera*, composés phénoliques, feuilles naturelles, feuilles commercialisées, activité antibactérienne.

## **Abstract**

*Moringa oleifera* is a medicinal plant belonging to the family Moringaceae, endemic to the Algerian Saharan flora and widely used for its medicinal virtues.

The main objective assigned to this work is on the one hand the extraction of different phenolic compounds from natural and commercialized leaves of *Moringa oleifera* by maceration and the colorimetric determinations of these compounds. On the other hand, the evaluation of the antibacterial activity of different extracts towards pathogenic strains; thus the comparison between the extracts of natural and commercialized leaves in order to know if the industrial scale treatments have an effect on the antimicrobial power of our plant.

The results of the colorimetric assays show that the extracts of the natural leaves of *M. oleifera* are richer in total polyphenols and tannins than the extracts of the commercialized leaves with the different solvents used (ED, M100%, M80%, M60%). The antibacterial activity was determined on four bacterial strains (*E.coli*; *Salmonella typhi*; *Proteus mirabilis*; *klebsiella pneumoniae*), by the method of diffusion on agar: all the extracts either natural or commercialized have an activity at least on one of the tested microbial strains. The methanolic extract (60%) of the natural leaves has the highest antibacterial power against: *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhi* and *klebsiella pneumoniae* with inhibition zones of diameter of about 16mm, 15mm and 20mm respectively. No antibacterial activity of the extracts (ED; M80%; M100%) of the natural and commercialized leaves were not recorded against *E.coli*. However, the M60% extract of the natural and commercialized leaves showed inhibition zones in the order of 13mm and 15mm respectively.

The results of BMC and MIC indicate that the extracts of natural leave have a significant antibacterial power, while those of commercialized leaves do not confer any effect.

**Key word:** Medicinal plant, *Moringa oleifera*, phenolic compounds, natural leaves, commercialized leaves, antibacterial activity.

## ملخص

المورينجا أوليفيرا هو نبات طبي ينتمي إلى عائلة المورينجا س ، تعيش في النباتات الصحراوية الجزائرية التي تستخدم على نطاق واسع لخصائصها الطبية. الهدف الرئيسي المخصص لهذا العمل : من ناحية ، استخلاص المركبات الفينولية المختلفة من أوراق مورينجا أوليفيرا الطبيعية والمسوقة عن طريق النقع والفحص اللوني لهذه المركبات. ومن ناحية أخرى ، تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لمختلف المستخلصات مقارنة بالسلالات المسببة للأمراض ، وبالتالي المقارنة بين مستخلصات الأوراق الطبيعية والأوراق المسوقة لمعرفة ما إذا كانت المعالجات الصناعية لها تأثير على قوة مضادات الميكروبات لنبتتنا. تظهر نتائج القياسات اللونية أن مستخلصات الأوراق الطبيعية لنبات مورينجا أوليفيرا أكثر ثراءً في مركبات البوليفينول الإجمالي وفي العفص من مستخلصات الأوراق المسوقة بمختلف المذيبات المستخدمة (ماء مقطر، م80٪ ، م100٪ ، م60٪). من ناحية أخرى ، فإن محتوى الفلافونويد للأوراق المباعة أهم من الأوراق الطبيعية . تم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا باستعمال أربع سلالات بكتيرية (الإشريكية القولونية ؛ السالمونيلا الطباعي ؛ بروتايوس ميرابيليس ؛ كلبيسيلا الرئوية) ، باستخدام طريقة انتشار الأجار أظهرت النتائج : جميع المستخلصات ، سواء كانت طبيعية أو مسوقة ، لها نشاط على واحد على الأقل من السلالات الميكروبية المختبرة. يحتوي المستخلص الميثانولي (60٪) من الأوراق الطبيعية على أكبر قوة مضادة للجراثيم من أجل : بروتايوس ميرابيليس و السالمونيلا الطباعي و الكلبيسيلا الرئوية مع مناطق تثبيط بترتيب 16 مم و 15 مم و 20 مم على التوالي. لم يتم تسجيل أي نشاط مضاد للجراثيم للمستخلصات (ماء مقطر، م80٪ ، م100٪) للأوراق الطبيعية والمسوقة فيما يتعلق بالإشريكية القولونية. على العكس ، أظهر مستخلص م60٪ للأوراق الطبيعية والمسوقة مناطق تثبيط بترتيب 13 مم و 15 مم على التوالي. تشير نتائج الحد الأدنى من تركيزات مبيد الجراثيم و من التراكيز المثبطة إلى أن مستخلصات الأوراق الطبيعية لها قوة كبيرة مضادة للجراثيم ، من ناحية أخرى ، فإن مستخلصات الموجودة في الأوراق المسوقة لا تعطي أي تأثير.

**الكلمات الرئيسية:** نبات طبي ، مورينجا أوليفيرا ، المركبات الفينولية ، الأوراق الطبيعية ، الأوراق المسوقة ، النشاط المضاد للبكتيريا.

## ***Liste des abréviations***

<b>%</b>	: Pourcentage
<b>Abs</b>	: Absorbance
<b>Abs C</b>	: Absorbance du contrôle
<b>Abs Ech</b>	: Absorbance Échantillon
<b>Ac Asco</b>	: Acide ascorbique
<b>AG</b>	: Acide galique
<b>Al<sup>3+</sup></b>	: Aluminium
<b>AlCl<sub>3</sub></b>	: trichlorure d'aluminium
<b>AlCl<sub>3</sub> :</b>	: Chlorure D'aluminium
<b>AMP</b>	: Ampicillin
<b>Anti UV</b>	: Anti Ultra-Violet
<b>ATB</b>	: Antibiotique
<b>BHRe</b>	: Bactéries Hautement Résistantes Aux Antibiotiques Emergentes
<b>BMR</b>	: Bactéries Multi-Résistantes
<b>C</b>	: Catéchine
<b>CMB</b>	: Concentration Minimal Bactéricide
<b>CMI</b>	: Concentration Minimal Inhibitrice
<b>CTX</b>	: Cefotaxime
<b>DA</b>	: Dindanycin
<b>DHFR</b>	: Dihydrofolate Réductase
<b>DMSO</b>	: Diméthylsulfoxyde
<b>E</b>	: Poids De La Poudre
<b><i>E. coli</i></b>	: <i>Escherichia Coli</i>
<b>EBLSE</b>	: Entérobactéries Productrices De $\beta$ -Lactamases A Spectre Etendu
<b>Ech</b>	: Echantillon
<b>ED</b>	: Eau Distillée
<b>ED</b>	: Eau Distillée
<b>EPC</b>	: Entérobactéries Productrices De Carbapénémases
<b>ERG</b>	: Enterococcus Faecium Résistant Aux Glycopeptides
<b>FC</b>	: Fusidic
<b>H</b>	: Heure
<b>H3PMo12O40</b>	: Phosphomolybdique
<b>H3PW12O40</b>	: Acide Phosphotungstique
<b>HCL</b>	: Acide Chlorhydrique
<b>HPLC</b>	: Chromatographie En Phase Liquide Haute Performance Ou Haute Pression
<b><i>M oleifera</i></b>	: <i>Moringa Oleifera</i>
<b>MDR</b>	: Multiple Drug Resistance
<b>mgEAG/gMS :</b>	: milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière végétale sèche
<b>mgEC/gMS</b>	: milligramme d'équivalent de catéchine par gramme de matière végétale sèche.
<b>MH</b>	: Muller Hinton
<b>MLS</b>	: Systèmes Msra
<b>MO8O23</b>	: Molybdène
<b>MS</b>	: Matière sèche
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	: Carbonate De Sodium
<b>nm</b>	: Nanomètre
<b>NO</b>	: Nitroxoline

## ***Liste des abréviations***

<b>OSM</b>	: Organisation Mondiale De La Santé
<b>OX</b>	: Oxacilline
<b>P0</b>	: Poids Du Bécher Vide
<b>P1</b>	: Poids Du Bécher Et L'extrait Après Evaporation Du Solvant.
<b>PDR</b>	: Pan Drug Resistant
<b>PEP</b>	: Phospho-Enolpyruvique
<b>PLP</b>	: Protéines Liant La Pénicilline
<b>PM</b>	: Poids Moléculaire
<b>PP</b>	: Poly Phénols
<b>PTS</b>	: Phénols Totaux Soluble
<b>Q</b>	: Quercétine
<b>SARM</b>	: <i>Staphylococcus Aureus</i> Résistant A La Mécilline
<b>SDR</b>	: Specific Drug Resistance
<b>SM</b>	: Métabolites Secondaires
<b>SP</b>	: Spironycin
<b>TH</b>	: Tanins Hydrolysable
<b>THFA</b>	: Acide Tétrahydrofolique
<b>UV</b>	: Ultra-Violet
<b>VA</b>	: Vancomycine
<b>W8O23</b>	: Tungstène
<b>XDR</b>	: Extensively Durg Resistant
<b>β-lactamines</b>	: Bêtalactamines
<b>μL</b>	: Microlitre

## ***Liste des figures***

<b>Figure 01</b>	: Distribution de la plante <i>Moringa Oléifera</i> dans le monde.....	<b>3</b>
<b>Figure02</b>	: Arbre de <i>Moringa Oleifera</i> .....	<b>5</b>
<b>Figure 03</b>	: Tronc d'un arbre adulte de <i>Moringa oleifera lam</i> .....	<b>5</b>
<b>Figure 04</b>	: Feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>6</b>
<b>Figure 05</b>	: Boutons et fleurs de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>7</b>
<b>Figure 06</b>	: Gousse fraîche et gousse sèche de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>7</b>
<b>Figure 07</b>	: Graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>8</b>
<b>Figure 08</b>	: Utilisations de <i>M.oleifera</i> dans l'alimentation végétarienne humaine.....	<b>11</b>
<b>Figure 09</b>	: Coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries respectivement de farine de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>12</b>
<b>Figure 10</b>	: Purification de l'eau avec des graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>13</b>
<b>Figure 11</b>	: Gamme de produits cosmétiques à base de <i>Moringa</i> .....	<b>13</b>
<b>Figure 12</b>	: Etapes de la production de biodiesel à partir de grains de <i>Moringa</i> .....	<b>14</b>
<b>Figure 13</b>	: Récolte des feuilles de <i>Moringa</i> .....	<b>17</b>
<b>Figure 14</b>	: Effeuilage des folioles directement sur la branche.....	<b>17</b>
<b>Figure 15</b>	: Lavage des feuilles en atelier.....	<b>18</b>
<b>Figure 16</b>	: Séchage à température ambiante des feuilles de <i>Moringa</i> .....	<b>19</b>
<b>Figure 17</b>	: Séchage solaire des feuilles de <i>Moringa</i> .....	<b>19</b>
<b>Figure 18</b>	: Séchage mécanique à l'aide des séchoirs à air chaud.....	<b>20</b>
<b>Figure 19</b>	: Broyage des Feuilles par un Moulin à Marteau.....	<b>20</b>
<b>Figure 20</b>	: Machine pour étiqueter les emballages, et mise en boîte manuelle avec pesage et mise sous vide pour préserver les vitamines du <i>Moringa</i> .....	<b>21</b>
<b>Figure 21</b>	: Chromatogramme de fraction poly phénoliques des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>25</b>
<b>Figure 22</b>	: Structure de base de flavonoïde.....	<b>26</b>
<b>Figure 23</b>	: Structure chimique de différents tanins hydrosolubles.....	<b>27</b>
<b>Figure 24</b>	: Structure de base des tanins condensés.....	<b>27</b>
<b>Figure 25</b>	: Molécule d'isoprène.....	<b>29</b>
<b>Figure 26</b>	: Structures de deux alcaloïdes.....	<b>29</b>
<b>Figure 27</b>	: Principe de Technique de Macération.....	<b>31</b>
<b>Figure 28</b>	: Montage de l'hydrodistillation.....	<b>31</b>
<b>Figure 29</b>	: Extracteur Soxhlet.....	<b>32</b>

## Liste des figures

Figure 30	: Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes.....	33
Figure 31	: Structures de quelques $\beta$ -lactamines.....	36
Figure 32	: Structure des Aminosides.....	36
Figure 33	: Structure des Tétracyclines.....	37
Figure 34	: Structure de Rifampicine.....	37
Figure 35	: Mode d'action des antibiotiques.....	38
Figure 36	: Les principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques.....	41
Figure 37	: Matériel végétale utilisé : <b>a.</b> feuilles naturelles / <b>b.</b> feuilles commercialisées .....	44
Figure 38	: Séchage des feuilles naturelles <i>M.oleifera</i> à l'air libre.....	45
Figure 39	: Les feuilles de <i>M.oleifera</i> commercialisées (sous forme de poudre) ( <b>A</b> ) et naturelles après broyage ( <b>B</b> ).....	45
Figure 40	: Conservation de la poudre des feuilles de <i>M.oleifera</i> naturelle ( <b>A</b> ) et commercialisée ( <b>B</b> ) dans des bocaux en verre.....	46
Figure 41	: Protocole d'extraction des composés phénoliques.....	47
Figure 42	: Mesures de la densité optique de la suspension bactérienne.....	50
Figure 43	: Ensemencement des boîtes.....	50
Figure 44	: Dépôt des disques d'antibiotique dans les boîtes inoculées.....	51
Figure 45	: Préparation des solutions mères et les séries de différentes concentrations.....	51
Figure 46	: réalisation des puits par la technique diffusion sur gélose (gélose MH).....	52
Figure 47	: L'activité antibactérienne des différents extraits des feuilles naturels et commercialisé de <i>Moringa Oleifera</i> (ED M60% M80% M100%) avant l'incubation.....	52
Figure 48	: CMI par micro méthode (microplaques).....	54
Figure 49	: Teneurs en polyphénols des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de <i>M. oleifera</i> .....	57
Figure 50	: Teneurs en Flavonoïdes des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de <i>M. oleifera</i> .....	58
Figure 51	: Teneurs en tannins des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de <i>M. oleifera</i> .....	59

## Liste des figures

<b>Figure 52</b>	: L'antibiogramme des souches pathogènes : <i>E. coli</i> (1), <i>P. mirabilis</i> (2), <i>S. typhi</i> (3), <i>k. pneumoniae</i> (4).....	<b>60</b>
<b>Figure 53</b>	: Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60%) de feuilles commercialisé de <i>Moringa oleifera</i> sur <i>E. coli</i> .....	<b>62</b>
<b>Figure 54</b>	: Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60%) des feuilles naturelle et commercialisé de <i>Moringa oleifera</i> sur <i>P. mirabilis</i> .....	<b>62</b>
<b>Figure 55</b>	: Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60% ; M100% ; M80%) des feuilles naturelle et extraits méthanolique (M60% ; M100%) des feuilles commercialisé de <i>Moringa oleifera</i> sur <i>K. pneumoniae</i> .....	<b>63</b>
<b>Figure 56</b>	: Résultats des concentrations minimales inhibitrices obtenues dans les microplaques avec une présence des troubles.....	<b>65</b>
<b>Figure 57</b>	: CMB des extraits méthanolique (A:M60%) ; (B:M100%) des feuilles naturelles pour <i>E.coli</i> .....	<b>66</b>
<b>Figure 58</b>	: MB des extraits méthanoliques (A:60M%);( B:M80%) des feuilles naturelles pour <i>Proteus mirabilis</i> .....	<b>67</b>
<b>Figure 59</b>	: CMB des extraits méthanoliques (A:M60%) ;(B:M80% ) ; (C:M100%) des feuilles naturelles pour <i>Selmonella typhi</i> .....	<b>67</b>
<b>Figure 60</b>	: CMB des extraits méthanoliques (A:M60%) ;(B:M80% ) des feuilles naturelles pour <i>klebsiella pneumoniae</i> .....	<b>68</b>
<b>Figure 61</b>	: CMB des extraits méthanoliques (M60%) des feuilles commercialisées pour <i>Selmonella typhi</i> (A), pour <i>klebsiella pneumoniae</i> (B).....	<b>68</b>

## ***Liste des tableaux***

<b>Tableau 01</b>	: Quelques noms vernaculaires du <i>Moringa Oleifera</i> .....	<b>4</b>
<b>Tableau 02</b>	: La systématique de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>4</b>
<b>Tableau 03</b>	: Conditions environnementales de <i>M.oleifera</i> .....	<b>8</b>
<b>Tableau 04</b>	: Comparaison le contenu nutritionnel des feuilles de <i>Moringa</i> avec d'autres plantes (Pour 100g parties comestibles).....	<b>9</b>
<b>Tableau 05</b>	: Teneur en vitamines et minéraux des graines de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>10</b>
<b>Tableau 06</b>	: Comparaison de quelques performances zootechniques des bovins avec une alimentation à base ou sans <i>Moringa</i> .....	<b>12</b>
<b>Tableau 07</b>	: Importance médicinale des différentes parties de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>15</b>
<b>Tableau 08</b>	: Principales classes des composés phénoliques .....	<b>24</b>
<b>Tableau 09</b>	: Classifications Antibiotiques bactériostatiques et bactéricides .....	<b>36</b>
<b>Tableau 10</b>	: Couple antibiotique/bactérie impliqué dans la résistance par modification ou substitution de la cible .....	<b>41</b>
<b>Tableau 11</b>	: Antibiotiques utilisés pour l'antibiogramme.....	<b>51</b>
<b>Tableau 12</b>	: Rendements des extraits méthanoliques (M60%, M80% et M100%), et aqueux obtenus à partir des feuilles naturelle et commercialisé de <i>Moringa Oleifera</i> .....	<b>56</b>
<b>Tableau 13</b>	: Résultats de l'antibiogramme .....	<b>57</b>
<b>Tableau 14</b>	: Activité antibactérienne des extraits des feuilles naturelles de <i>M.oleifera</i> . .....	<b>59</b>
<b>Tableau 15</b>	: Activité antibactérienne des extraits des feuilles commercialisée de <i>M.oleifera</i> .....	<b>59</b>
<b>Tableau 16</b>	: Concentrations minimales inhibitrices des extraits des feuilles naturelles de <i>M. oleifera</i> .....	<b>62</b>
<b>Tableau 17</b>	: Concentrations minimales inhibitrices des extraits des feuilles commercialisé de <i>M. oleifera</i> .....	<b>62</b>

# Sommaire

<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Résumé en arabe</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>

## PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### Chapitre I : Généralité sur *Moringa Oleifera*

I.1	Origine et Distribution Géographique de <i>Moringa Oleifera</i> .....	<b>3</b>
I.2	Nomenclature et Systématique.....	<b>3</b>
I.3	Caractères Botaniques de différentes parties de <i>Moringa</i> .....	<b>5</b>
I.3	1. L'arbre de <i>Moringa oleifera</i> .....	<b>5</b>
I.3	2. Tronc .....	<b>5</b>
I.3	3. Feuilles.....	<b>6</b>
I.3	4. Les fleurs.....	<b>6</b>
I.3	5. Fruits.....	<b>7</b>
I.3	6. Graines.....	<b>7</b>
I.4	Exigences environnementales.....	<b>8</b>
I.5	Composition chimique.....	<b>8</b>
I.5.	1. Composition des Feuilles .....	<b>8</b>
I.5.	2. Composition des grains.....	<b>9</b>
I.5.	3. Composition des racines.....	<b>10</b>
I.5.	4. Composition des l'écorce de tige.....	<b>10</b>
I.6	Utilisations .....	<b>10</b>
I.6.	1. Alimentation .....	<b>10</b>
I.6.	1. i. Humaine.....	<b>10</b>
I.6.	1. ii. Animale.....	<b>11</b>
I.6.	2. Purification d'eau.....	<b>12</b>
I.6.	3. Cosmétiques et produits de beauté.....	<b>13</b>
I.6.	4. Biodiesel.....	<b>14</b>
I.6.	7. Industrie.....	<b>16</b>
I.6.	8. Autres utilisations.....	<b>16</b>
I.7	Récolte des feuilles et opérations post-récolte.....	<b>16</b>
I.7.	1. Récolte des feuilles.....	<b>16</b>
I.8	Etapes de la transformation .....	<b>17</b>
I.8.	1. Effeuilage.....	<b>17</b>
I.8.	2. Lavage.....	<b>17</b>

I.8.	3. Séchage.....	18
I.8.	3. i. Séchage à température ambiante.....	18
I.8.	3. iii. Séchage mécanique.....	19
I.8.	4. Broyage.....	20
I.8.	5. Conservation.....	20
I.8.	5. i. Teneur en eau.....	21
I.8.	5. ii. Humidité.....	21
I.8.	6. Emballage et Etiquetage.....	21

## Chapitre II : Les Métabolites secondaires et méthodes d'extractions

II.1	Métabolites secondaires.....	22
II.1.1.	Définition.....	22
II.1.2.	Fonction des métabolites secondaires.....	23
II.1.3	Composés phénoliques.....	23
II.1.3	.1. Classification des composés phénoliques.....	24
II.1.3	.1. i. Acides phénoliques .....	25
II.1.3	.1. ii. Flavonoïdes.....	25
II.1.3	.1. iii. Les tanins.....	26
II.1.3	.1. iii. i. Tanins hydrolysables.....	26
II.1.3.	1. iii. ii. Tanins condensés.....	27
II.1.4	Propriétés biologiques des polyphénols.....	27
II.1.4	.1. Activité antibactérienne.....	28
II.1.4	.2. Activité antioxydants.....	28
II.1.5.	Les terpènes (terpénoides).....	28
II.1.6.	Les alcaloïdes.....	29
II.2	Techniques d'extraction .....	29
II.2.1.	techniques conventionnelles.....	30
II.2.1.	1. Macération.....	30
II.2.1.	2. Hydro distillation.....	31
II.2.1.	3. Extraction par Soxhlet.....	32
II.2.2.	Techniques non-conventionnelles.....	32
II.2.2.	1. Extraction assistée par microondes (Microwave Assisted Extraction).....	32
II.2.2.	2. Extraction assistée par ultrasons (UAE).....	33
II.2.2.	3. Extraction par champs électrique pulsé (CEP).....	33
II.2.2.	4. Extraction par les gaz supercritiques.....	34

## CHAPITRE III : Les antibiotiques et l'antibiorésistance

III.1	Antibiotiques.....	35
-------	--------------------	----

III.1.1.	Définition.....	35
III.1.2.	Critères de classification des antibiotiques.....	35
III.1.2	.1. Leur Origine.....	35
III.1.2.	2. Nature chimique.....	35
III.1.2.	3. Site d'action spécifique à chacun.....	35
III.1.2.	4. Spectre d'activité.....	36
III.1.2.	5. Les modalités d'action.....	36
III.1.3	Mode d'action des antibiotiques.....	36
III.1.3.	1. Famille antibiotiques agissant sur la paroi bactérienne.....	36
III.1.3.	1. i. $\beta$ -lactamines.....	36
III.1.3	2. Famille antibiotiques agissant sur la synthèse protéique.....	37
III.1.3.	2. i. Aminoside.....	37
III.1.3.	2. ii .Tétracycline.....	37
III.1.3.	2. iii. Phénicoles.....	38
III.1.3.	3. Famille antibiotiques agissant sur la synthèse des acides nucléiques.....	38
III.1.3.	3. i. Quinolones.....	38
III.1.3.	3. ii. Rifamycines.....	38
III.1.3.	4. Famille antibiotique agissant sur la membrane cytoplasmique.....	39
III.1.3.	4. i.Polymyxines.....	39
III.1.3.	5. Famille antibiotique agissant sur la synthèse de l'acide folique.....	39
III.1.3.	5. i. Sulfamides + Triméthoprim (Bactrim).....	39
III.2	Résistance aux antibiotiques.....	40
III.2.1.	Définition.....	40
III.2.2.	Types de résistance .....	40
III.2.2.	1. Résistance naturelle.....	40
III.2.2.	2. Résistance acquise.....	40
III.2.3	Mécanismes de résistance aux ATB.....	40
III.2.3.	1. Mécanismes génétiques de la résistance.....	40
III.2.3.	1. i. Résistance chromosomique.....	40
III.2.3.	1. ii .Résistance extra-chromosomique (plasmides).....	41

III.2.3.	2. Mécanismes biochimiques de la résistance.....	41
III.2.3.	2. i .Modification de cible de l'antibiotique.....	41
III.2.3.	2. ii. Inactivation enzymatique.....	41
III.2.3.	2. iii. L'imperméabilité aux antibiotiques.....	42
III.2.3.	2. iv. L'efflux des molécules d'antibiotique.....	42
III.2.4	Bactéries multi-résistantes « BMR ».....	42
III.2.5	Bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes (BHRe).....	43

## PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

I	Objectif.....	44
II	Matériel .....	44
II.1.	Matériel végétal .....	44
II.1.	1. Origine des feuilles.....	44
II.2.	Matériel biologique .....	44
III	Méthodes .....	44
III.1.	Préparation du matériel végétale.....	44
III.1.	1.Rinçages .....	45
III.1.	2. Séchage.....	45
III.1.	3. Broyage et Tamisage.....	46
III.1.	4. Conservation et stockage.....	46
III.2.	Extraction et dosage des composés phénoliques .....	46
III.2.	1. Extraction à partir des feuilles de <i>M. oleifera</i> naturelle et commercialisée par macération.....	46
III.3.	Détermination du rendement d'extraction.....	48
III.4.	Dosages colorimétriques .....	48
III.4.	1. Doge des phénols totaux solubles.....	48
III.4.	2. Dosage des flavonoïdes .....	49

III.4.	3. Dosage des tanins .....	49
III.5	Repiquage des souches bactériennes .....	49
III.6	Etude de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques.....	49
III.6.	1.Préparation de l'inoculum.....	50
III.6.	2. Ensemencement.....	50
III.6.	3.Dépôts de disque .....	50
0III.7	Evaluation du pouvoir antibactérien des extraits de <i>M. oleifera</i> .....	51
III.7.	1. Préparation des extraits.....	51
III.7.	2. Détermination de l'effet antibactérien des feuilles naturelles et commercialisé de <i>M.Olefira</i> .....	52
III.8.	Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI).....	53
III.9.	Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB).....	55
IV	Résultats.....	56
IV.1.	Rendement d'extraction des composés phénoliques.....	56
IV.2.	Dosages colorimétriques des composés phénoliques.....	56
IV.3.	Etude de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques.....	58
IV.4.	Pouvoir antibactérien des extraits de <i>M. oleifera</i> .....	58
IV.5.	Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI).....	60
IV.6.	Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB).....	60
V	Discussions.....	69
	Conclusion et Perspective.....	74

## Références bibliographiques



# **INTRODUCTION**

**D**epuis l'antiquité, l'humanité a utilisé diverses plantes rencontrées dans son environnement, pour ses besoins médicaux et alimentaires afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies (**Boumediou et Addoun, 2017**). En fait, leurs propriétés curatives sont dues à la présence de centaines, voire de milliers, de composés bioactifs naturels appelés : métabolites secondaires. Les plantes produisent déjà 70% de nos médicaments, environ 170000 molécules bioactives ont été identifiées à partir de plantes (**Chaabi, 2008**).

Le recours à la médecine à base des plantes est profondément ancré dans notre culture, car l'Algérie est réputée par la richesse de sa flore médicinale (**Akaraiyi et Boboye, 2010**), qui constitue un véritable réservoir phytogénétique, avec plus de 600 espèces de plantes médicinales et aromatiques (**Zeguerrou et al., 2013**).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 80% de la population mondiale à recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (**Jiofack et al., 2009**).

Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques a conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse (**Rauter et al., 1989**).

Parmi ces plantes médicinales *Moringa oleifera* aussi appelé « l'arbre de la vie », c'est un arbre tropical, courant en Afrique, est passé, en une décennie, du statut de plante inconnue à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique pour les pays du Sud (**Atakpama et al., 2014**). La plupart des parties de cet arbre (feuilles, fleurs, fruits et gousses immatures) sont utilisées dans diverses formulations alimentaires traditionnelles, médicaments et à usage industriel. Les feuilles sont riches en vitamines et alcaloïdes, flavonoïdes et en composés phénoliques (**Tchiégang et Kitikil, 2004; Coppin et al., 2013**).

L'objectif principal de ce travail consiste à l'extraction et dosage des composés phénoliques des feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera* en évaluant ses propriétés antibactériennes qui pourrait justifier des vertus reconnues à cette plante.

A cet effet notre travail est organisé comme suit :

- ✓ Première partie : étude bibliographique incluant plusieurs chapitres portés sur : généralités sur *Moringa oleifera*. ; Les métabolismes secondaires de *M.oleifera*, les différentes méthodes d'extractions et enfin la résistance aux antibiotiques.

- ✓ Deuxième partie : Etude expérimentale. comporte les protocoles expérimentaux et les différentes techniques : l'extraction des métabolites, les dosages colorimétriques de ces derniers, l'évaluation de pouvoir antibactérien des différents extraits vis-à-vis des souches bactériennes. Par la suite, présentation des résultats obtenus et discussion.

Et enfin, une conclusion générale et perspectives.

**2021**



***PARTIE I : ÉTUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE***

## I. L'arbre *Moringa Oleifera*

### I. 1. Origine et Distribution Géographique de *Moringa Oleifera*

*Moringa oleifera* est un arbre originaire du nord-ouest de l'Inde du Pakistan partie situant en bordure de l'Himalaya (Aberra, 2011; Panchal et al., 2011; Bayé-Niwah et Mapongmetsem, 2014). C'est de l'Inde et du Pakistan que la culture de *Moringa* s'est étendue vers le Moyen-Orient puis l'Afrique, et tout le long de la ceinture tropicale, puis a gagné la Méditerranée et finalement les Indes Occidentales et qui a été ensuite distribué en Amérique Centrale (Ravindra et al., 2016), Amérique du Nord et les Caraïbes (Vilaseca et al., 2014). Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20<sup>e</sup> siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (Foidl et al., 2001 ; Farooq et al., 2007). Aujourd'hui, le *Moringa* a une extension géographique très développée et on le retrouve dans la plupart des pays subtropicaux ou tropicaux à saison sèche (Rajangam et al., 2002, Price, 2007) voire en zone aride en raison de son adaptabilité à un large éventail de types de sols, peut être trouvé même dans les sols les plus durs et les plus secs (Minaiyan et al., 2014 ; Leone et al., 2016 ; Mashela, 2017).



**Figure 01** : Distribution de la plante *Moringa Oléifèra* dans le monde (Saini et al., 2016).

### I. 2. Nomenclature et Systématique

*Moringa* appartient à une famille monogénérique (Jed et al., 2005 ; Abdul Hannan et al., 2014). Dont on connaît 14 espèces Neuf d'entre elles sont africaines, deux malgaches, deux indiennes et une en Arabie (Malo, 2014). Les autres espèces sont bien connues : *M. arborea*, *M. borziana*, *M. concanensis*, *M. drouhardii*, *M. hildebrandtii*, *M. loongituba*, *M. ovalifolia*,

*M. peregrina*, *M. pygmaea*, *M. rivaie*, *M. ruspoliana*, *M. stenopetala* (Hêdji et al., 2014). *Moringa oleifera* est un arbre qui est connu dans 82 pays (Amjad et al., 2015), sous diverses appellations (Tableau 01).

**Tableau 01** : Quelques noms vernaculaires du *Moringa Oleifera*.

Inde	Afrique Francophone	Anglais	Arabe
Horseradish ; Shajnah ; Dumstick ( <b>Roloff et al., 2009</b> ; <b>Navie et Csurhes, 2010</b> )	Nébédây ( <b>Fuglie, 2001</b> ; <b>Lim, 2012</b> )  Ben ailé ; Moringa ailé ; Morungue ( <b>Roloff et al., 2009</b> ; <b>Navie et Csurhes, 2010</b> )	Drumstick tree ; Ben oil tree ; Never die ( <b>Paiva et al., 2011</b> )	Shagara Al Ruwag; Éxactement Au Soudan ( <b>Louni, 2009</b> ). Habbah Ghaliah; Rawag ( <b>Lim, 2012</b> )  En Algérie dans la région de oued soufe, et connu sous le nom de Shagara Al Hayète.

-La systématique de *Moringa* est illustrée par le **Tableau 02**

**Tableau 02** : La systématique de *Moringa oleifera* (**Bichi et al., 2013** ; **Laleye et al., 2015**).

<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	Angiosperme
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous-classe</b>	Dillenidae
<b>Ordre</b>	Capparidales
<b>Famille</b>	Moringaceae
<b>Genre</b>	<i>Moringa</i>
<b>Espèce</b>	<i>M. oleifera</i> Lamarck

### I. 3. Caractères Botaniques de différentes parties de *Moringa*

#### I. 3.1. L'arbre de *Moringa oleifera*

Est une arbuste ou arbre de 12 mètres de hauteur (Delpha , 2011 ;Houndji et al., 2013), et son diamètre jusqu'à 3 mètres à croissance rapide (Agroconsult, 2016, Neto et al., 2017).

Il a une couronne ouverte et tombante, Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (Louni, 2009). et un feuillage plumeux de feuilles tripennées caduques ou persistantes, son écorce épaisse, liégeuse et blanchâtre (Yusoff, 2016 ; Roloff et al., 2009).



Figure 02 : Arbre de *Moringa Oleifera* (Rolaff et al., 2009).

#### I. 3.2. Tronc

Est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (Ralezo Maevalandy, 2006; Foidl et al., 2001). Ecorce blanchâtre, grise ou chamois pâle, lisse ou rarement rugueuse, liégeuse ; jeunes pousses violacées ou blanc-verdâtre, pubérulentes. (Andrianantenaina , 2013).

Le bois *Moringa* est mou, très tendre et souvent attaqué par les termites, Il donne un très mauvais charbon (Séverin, 2002).



Figure 03 : Tronc d'un arbre adulte de *Moringa oleifera lam* (Rolaff et al., 2009).

**I. .3.3. Feuilles**

Sont caduques, duveteuses, recouvertes d'un duvet gris lorsqu'elles sont jeunes, et se développent principalement dans la partie terminale des branches (**Ijarotomi et al., 2013; Hédji et al., 2014; Agroconsult, 2016** ).Elles mesurent 20 à 70 cm de long (**Ralezo Maevalandy, 2006** ).Les feuilles comptent 2 à 6 paires de pinnules comprenant chacune 2 à 5 paires de pinnules secondaires, divisées elles-mêmes en 1 à 2 paires de foliolules plus une foliole terminale plus grande que les autres (**Mémento de l'Agronome, 2002**).



**Figure 04 : Feuilles de *Moringa oleifera* (Price, 2007 ; Harimalala et Razanamparany, 2014)**

**I. .3.4. Les fleurs**

Après 8 à 12 mois, l'arbre commence à fleurir sur une base continue tout au long de l'année (**Echo, 2007**). Le *Moringa* est considéré comme une plante ornementale à cause de sa floraison exubérante (**Hédji et al., 2014; Agroconsult, 2016**) .L'inflorescence est en panicule aux fleurs irrégulières (**Roloff et al., 2009; Hédji et al., 2014; Agroconsult, 2016**) mesurent 2,5 cm de large . Elles sont odorantes (**Foidl et al., 2001**) , de couleur blanche ou crémeuse étamines 5, filets de 7–8 mm de long, anthères d'un jaune cireux ou orange, alternant avec 3–5 staminodes ; ovaire supère, pédonculé, cylindrique, de 3–5 mm de long, rose à la base, densément poilu, 1-loculaire, style mince, glabre, sans lobes stigmatiques (**Reyes Sanchez et al., 2006 ;Andrianantenaina , 2013** ).



**Figure 05 :** Boutons et fleurs de *Moringa oleifera* (Rolaff et al., 2009).

### I. 3.5. Fruits

Forment des gousses à trois lobes, mesurant 20 à 60 cm de long et de 2 cm de diamètre, ses côtés forment un triangle, la capsule a une extrémité aiguë, une surface bosselée qui pendent des branches (Yusoff, 2016). les gousses à couleur beige à grisâtre (Delpha, 2011), ils s'ouvrent en trois parties, en libérant 12 à 35 graines (Foidl et al., 2001 ; Hédji et al., 2014;Yusoff , 2016).



**Figure 06 :** Gousse fraîche et gousse sèche de *Moringa oleifera*. (Price et al., 2015)

### I. 3.6. Graines

Les graines Sont globulaires, à trois angles (Panchal et al., 2010), elles ont un diamètre de 10 à 12 mm, avec une coque marron semi-perméable légèrement boisée **grains** (Ijarotomi et al., 2013; Hédji et al., 2014; Agroconsult, 2016). Un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an (Ralezo Maevalandy, 2006). Une graine pèse en moyenne 0,3 g et la coque représente 25% du poids de la graine (Ralezo Maevalandy, 2006 ; Leone et al., 2016)



Figure 07 : Graines de *Moringa oleifera* (Delpha , 2011).

#### I. 4. Exigences environnementales

*Moringa oleifera* tolère une large gamme de précipitations avec des exigences minimales en matière de précipitations annuelles estimées à 250 mm et au maximum à plus de 3000 mm. *Moringa* pousse dans des sols dont le pH varie entre 5 à 9 (Kafuku et al., 2010). Elle résiste bien à la sécheresse grâce à ses racines tubéreuses lui permettant d'accumuler de l'eau (Madi et al., 2012 ; Noumo Ngangmou et al., 2013). Les exigences environnementales du *Moringa Oleifera* sont rapportées dans le Tableau 03.

Tableau 03 : Conditions environnementales de *M.oleifera* (Saint Sauveur et Broin, 2010).

Paramètre	Valeur/Fourchette
climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 mètres
Température	25-35°C
Pluviométrie	250mm-2000mm Irrigation nécessaire pour la production des feuilles si pluviométrie < 500mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH du sol	Légèrement acide à légèrement alcalin (pH : 5 à 9)

#### I. 5. Composition chimique

##### I. 5.1. Composition des Feuilles

La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée (Broin, 2005; Nouman et al., 2012; Osman et al., 2012 ; Harimalala et al., 2014). Les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamine B,

du fer, du calcium, du cuivre, des protéines (Olugbemi et al., 2010), du zinc, du sélénium, des acides aminés (10 des 20 acides aminés essentiels à l'être humain), (Laleye et al., 2015 ; Broin, 2005 ; Malo , 2014). Cette plante se dispose d'une combinaison riche et rare en zeatine, quercétine,  $\beta$ -sitostérol, caffeoylquinic et kaempferol (Fuglie, 2001; Farooq et al., 2007). Selon Ndong et Wade, (2007). les jeunes feuilles de *Moringa* contiennent des composés phénoliques dont 85% identifiés ont une activité antioxydant ainsi que des flavonoïdes (Harimalala et al., 2016), ainsi que la poudre des feuille est 2 fois plus riche en protéines et 5 fois plus riche en lipides, 2 fois plus riche en cellulose et présente 5 fois plus de glucides que les feuilles fraîches .

La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa* et celui d'autres aliments montre comment le *Moringa* est de haute valeur sur le plan nutritionnel (Tableau 04).

**Tableau 04** : Comparaison le contenu nutritionnel des feuilles de *Moringa* avec d'autres plantes (Pour 100g parties comestibles).

<http://www.monografias.com/trabajos88/desarrollo-del-morango/desarrollodelmorango.html>

Éléments nutritifs (unité)	<i>Moringa</i>	Autres plantes
Vitamines A (mg)	1130	Carotte : 315
Vitamines C (mg)	220	Oranges : 30.
Calcium (mg)	440	Le lait de vache : 120.
Potassium (mg)	250	Banane : 88.
Protéines (mg)	6700	Le lait de vache : 3.200
Fer (mg)	625	Les épinards : 25

## I. 5.2. Composition des grains

Les graines de *Moringa oleifera* sont du type oléagineuse elles renferment 42% d'huile dont le profil d'acides gras comporte 70% d'acide oléique proche de l'huile d'olive 72%.

La teneur en acides gras saturés et insaturés est respectivement de 13% et 82% et celle en acides gras libres varie de 0,5 à 3% (Foidl et al., 2001).

Des analyses nutritionnelles ont montré que les graines contiennent des minéraux (Tableau 05), des acides aminés essentiels, des acides gras (Dhakar et al., 2011; Aho et al., 2012), les phytates, les composés phénoliques (tannin, flavonoïde), les alcaloïdes, les saponines et les terpenoïdes (Ijarotimi et al., 2013). Les graines de *Moringa* contiennent une protéine qui a montré son efficacité dans le traitement des eaux, en remplacement du sulfate d'Alumine et d'autres flocculant chimiques (Benali et al., 2016). L'huile de *Moringa* ne rancit pas grâce à la

teneur élevée des antioxydants et phytonutriments. Ces derniers augmentent la durée de vie de l'huile jusqu'à 5 ans et aident à freiner l'activité des radicaux libres sur la peau (**Agroconsult Haïti, 2016**).

**Tableau 05** : Teneur en vitamines et minéraux des graines de *Moringa oleifera* (**Boukandoul, 2019**).

Composés		Teneur (mg/100g de graines)
Vitamines	Acide ascorbique	4.50
	Niacine	0.20
	Riboflavine	0.06
	Thiamine	0.05
Minéraux	Calcium	83.8-751.7
	Fer	5.20
	Magnésium	45.0-251.3
	Potassium	36.5-75.0
	Phosphore	635.00
	Sodium	22.5
	Zinc	0.05

### I. 5.3. Composition des racines

Les racines renferment des athomines et des ptéryospermines qui sont des antibiotiques et les écorces des racines contiennent les alcaloïdes Moriginine et moringinine (stimulant cardiaque). (**Ralezo Maevaland, 2006**).

### I. 5.4. Composition des l'écorce de tige

Des études faites sur l'écorce de tige de *Moringa oleifera* ont indiqué la présence des stérols, des glycosides, des alcaloïdes, des triterpénoïdes, des flavonoïdes, de anthraquinones, des caroténoïdes (**Kumbhare et al., 2012**) et des tannins ce qui affirme le potentiel antioxydant de cette plante (**Alhakmani et al., 2013**).

## I. 6. Utilisations

*Moringa oleifera*, arbre tropical est passé en une décennie, du statut de plante marginale à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique permettant ainsi une utilisation multiple de cette plante (**Atakpama et al., 2014**).

### I. 6.1. Alimentation

#### I. 6.1. i. humaine

Le *Moringa* est un légume exceptionnellement nutritif. Il est facile à cultiver et à entretenir, il fournit des aliments nutritifs, en particulier aux communautés pauvres, tout au long de l'année,

plutôt que d'être saisonnier comme le sont la plupart des légumes (Ravindra et al., 2016). Toutes les parties de la plante peuvent être consommées fraîches ou en poudre (Broin, 2005). Il fait maintenant partie des programmes de sécurité nutritionnelle dans le Pacifique et dans d'autres parties du monde (Goebel et al., 2013, Joshi et al., 2016) et est largement répandu en tant que culture vivrière par les organismes d'aide. Les jeunes feuilles sont comestibles et sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade (Olson, 2001 ; Azeez et al., 2013) . Les jeunes gousses vertes sont très gouteuses et peuvent être consommées bouillies comme des haricots ; les graines doivent être consommées vertes avant qu'elles ne virent au jaune, Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces, et les fleurs peuvent également être consommées comme crudités (salade) (Foidl et al., 2001). L'huile de *Moringa oleifera* est utilisée comme huile végétale comestible et également comme huile de cuisson (Agroconsult, 2016).



**Figure 08** : Utilisations de *M.oleifera* dans l'alimentation végétarienne humaine.  
<https://www.pinterest.fr/pin/209910032620105049/>

### I. 6.1. ii. animale

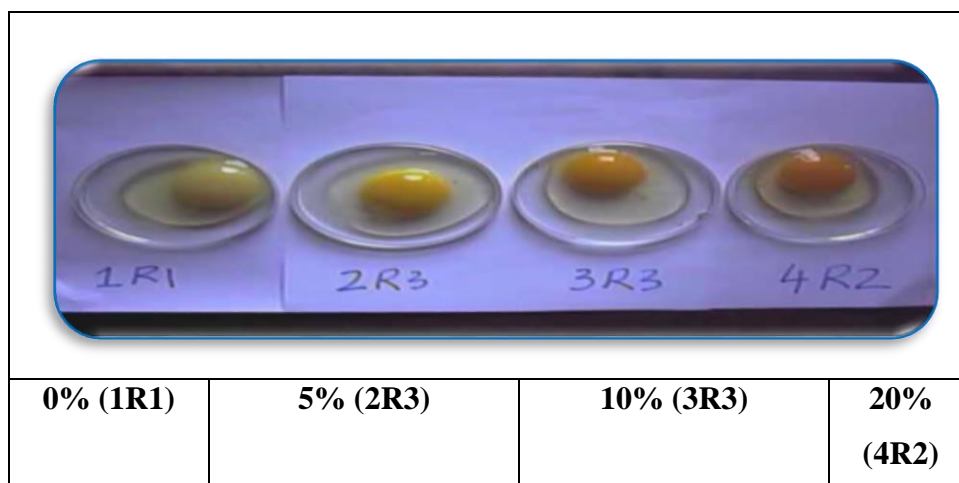
Les feuilles fraîches de *Moringa* sont utilisées comme aliments pour le bétail (bovins, caprins, ovins, équins, porcins), les lapins et les volailles pour leur fournir des protéines pouvant favoriser leur développement et améliorer leur santé. Les extraits de tourteau issus du *Moringa* (60% de protéines) peuvent aussi servir à nourrir les animaux. Des expériences réalisées en Amérique centrale montrent que les performances techniques des bovins sont beaucoup plus intéressantes avec une alimentation contenant du *Moringa* que sans ce produit. Les résultats obtenus sont particulièrement impressionnants à différents niveaux, comme en témoigne le **tableau 06** (Agroconsult, 2016). Les effets positifs sur le taux de croissance chez les moutons (Ben Salem et al., 2009) et un double rendement de lait chez des vaches ont été

rapportés par Reyes (2006). Aussi l'incorporation de farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans les rations des poulets (Kakengi et al., 2007; Tendonkeng et al., 2009; Paguia et al., 2014). A montré une amélioration significative de la coloration jaune du jaune d'oeuf (Figure 09).

**Tableau 06** : Comparaison de quelques performances zootechniques des bovins avec une alimentation à base ou sans *Moringa*.

<http://www.monografias.com/trabajos88/desarrollo-del-morango/desarrollo-del-morango.html>

	Production laitière (l/jour)	Gain de poids en M.G (g/jour)	Poids à la naissance (Kg)	Naissance de jumeaux
<b>Avec Moringa</b>	10	1.200	23-26	13 pour 20
<b>Sans Moringa</b>	7	900	20-22	1 pour 50

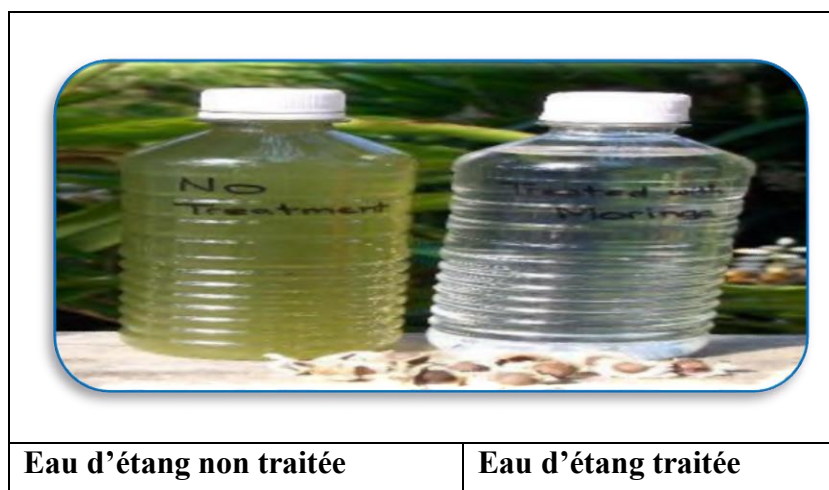


**Figure 09** : Coloration du jaune d'œuf des poules pondeuses nourries respectivement de farine de feuilles de *Moringa oleifera* (Bello, 2010).

## I. 6.2. Purification d'eau

Les graines de *Moringa oleifera* sont utilisées pour traiter l'eau (Beth et Echo, 2005; Louni, 2009; Houndji et al., 2013; Kwaambwa et al., 2015; Yusuf et al., 2015). Ils est également signalées comme un agent coagulant / floculant pour la clarification de l'eau potable en raison de leur forte teneur ( 30 à 40% ) en protéine cationique hydrosoluble (Vilaseca et al., 2014), chargée positivement, il s'agit d'un poly électrolyte naturel. Cette protéine est responsable d'un phénomène de réticulation et forme une sorte de maillage où sont piégés les bactéries,

virus et matières organiques (**Figure 10**). Lesté de la sorte, ce maillage sédimente au fond, l'eau de surface devenant limpide et pure (**Kabor et al., 2013**).



**Figure 10** : Purification de l'eau avec des graines de *Moringa oleifera* (**Poumaye et al., 2012**).

### I. 6.3. Cosmétiques et produits de beauté

Dans le domaine de la cosmétologie, des parties de la plante *Moringa oleifera*, particulièrement les graines, (desquelles sortent une huile riche en vitamines A qui aide à bâtir le collagène de la peau, en vitamine C qui réduit les rides et les ridules, en vitamine E et minéraux - potassium, calcium - qui fournissent des propriétés antiseptiques et inflammatoires) sont utilisées dans la fabrication de produits comme le savon pour améliorer la texture de la peau, la pommade et l'huile pour donner une nouvelle allure aux cheveux, etc. Grâce à leur capacité à absorber et à retenir les substances volatiles (**Agroconsult, 2016**). Les huiles de graines sont également intéressantes dans l'industrie des parfums pour stabiliser les senteurs. La teneur en acide gras libres varie de 0,5 à 3% (**Foidl et al., 2001**).

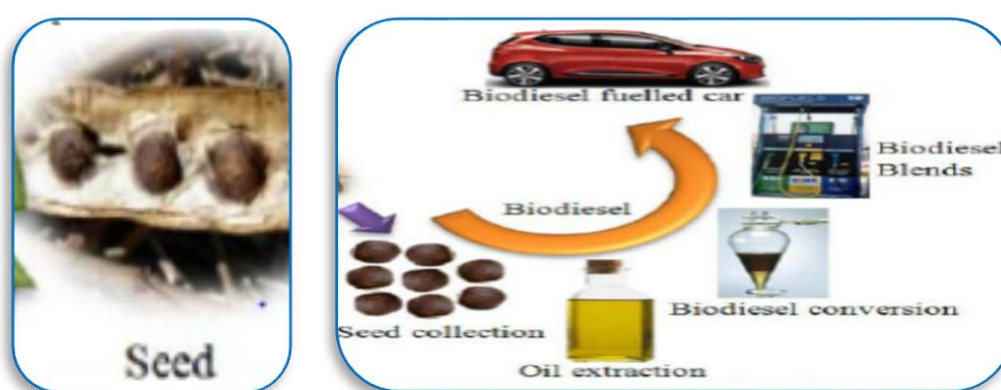


**Figure 11** : Gamme de produits cosmétiques à base de *Moringa*.

<http://negronews.fr/moringa-plante-aux-multiples-vertus/>

**I. 6.4. Biodiesel**

Après l'extraction de nutriments de valeur élevée, l'huile de *Moringa oleifera* peut être convertie en biodiesel. La propriété la plus remarquable de ce biodiesel est réside dans les indices de cétane élevés (**Kafuku et Mbarawa, 2010**). Les propriétés physico-chimiques étudiées du biodiesel de l'huile de *Moringa oleifera*, suggèrent qu'il puisse être employé comme carburant dans des moteurs diesel, principalement comme mélange au petro-diesel (**Silva et al., 2010**), Cependant, ce biodiesel de Moringa a montré des points de congélation à 3 C° et 10 C°, ce qui présente un inconvénient lors de son utilisation dans des températures basses (**Kafuku et Mbarawa, 2010**).



**Figure 12 :** Etapes de la production de biodiesel à partir de grains de *Moringa*.  
[https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-moringa-oleifera-and-biodiesel-production-steps\\_fig2\\_278028686](https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-moringa-oleifera-and-biodiesel-production-steps_fig2_278028686)

**I. 6.5. Domaine médicinal et pharmacologique**

le *Moringa* est reconnu pour ses innombrables propriétés à soulager et guérir plusieurs types de maladies (**Tableau 07**) (**Goyal et al., 2007; Amjad et al., 2015**) . Toutes les parties (feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines) de *Moringa oleifera* ont de vertus médicinales confirmées par des années de recherches et d'études expérimentales dans les différents pays africains, asiatiques et panaméricains (**Kooltheat et al., 2014**).

Tableau 07 : Importance médicinale des différentes parties de *Moringa oleifera*.

Activité pharmacologique	Nature de l'extrait	Composé responsable	Références
Activité antimicrobienne	Extraits de feuilles, graines, racines et de l'écorce	-4-Lrhamnopyranosyloxy ) benzyl isothiocyanate -4-(-Lrhamnopyranosyloxy ) benzylglucosinolate -Pterygospermine	(Farooq <i>et al.</i> , 2007)
Activité antiinflammatoire	Extraits méthanoliques des racines, tiges, feuilles et fleurs. Extraits aqueux des racines -Extraits éthanoliques des graines	acétate Aurantianide -1,3-dibenzyl urée	(Alhakmani <i>et al.</i> , 2013)
Activité antitumorale	Différents extraits des feuilles - Extraits éthanoliques des graines	Thiocarbamate- Isothiocyanate	(Kesharwani <i>et al.</i> , 2014)
Activité hepatoprotective	Extraits éthanoliques des feuilles -Extraits alcooliques des graines	-	(Debnath <i>et al.</i> , 2011)
Activité antiépileptique	Extraits méthanoliques des feuilles	-	Saha <i>et al.</i> , 2012)
Activité antioxydante	Extraits aqueux, méthanoliques et éthanoliques des feuilles et des racines	Kaempferol	(Georgewill <i>et al.</i> , 2010)
Activité Antidiabétique	Extraits aqueux des feuilles	-	(Jaiswal <i>et al.</i> , 2013)
Activité Antiasthmatique	Extraits alcooliques des graines	-	(Jaiswal <i>et al.</i> , 2009 ;Farooq <i>et al.</i> , 2007)
Activité Analgésique	Extraits méthanoliques des racines	-	(Georgewill <i>et al.</i> , 2010 ; Choudhary <i>et al.</i> , 2013)
Activité Diurétique	Infusions des fleurs, feuilles, racines, graines et de l'écorce	-	(Kesharwani <i>et al.</i> , 2014)

**I. 6.7. Industrie**

L'huile de *Moringa* est utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine comme l'horlogerie pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante (**Ramachandran et al., 1980 cités par Foidl et al., 2001**). Les feuilles sont utilisées dans la production de biogaz. Le bois peut être utilisé comme combustible de chauffage et donc servir à la cuisson de la nourriture; (**Agroconsult Haiti, 2016**).

La production de gaz s'élève à 580 litres/kg de solides volatils. La teneur moyenne en méthane du gaz produit est de 81% (**Malo, 2014**). Plante mellifère, les fleurs de *Moringa* sont riches en nectar, ce qui constitue une source constante pour les abeilles tout au long de l'année. Le miel obtenu est clair, l'odeur et le goût sont appréciés des consommateurs (**Malo, 2014**).

**I. 6.8. Autres utilisations**

*Moringa oleifera* possède d'autres pouvoirs; ses graines sont utilisées pour purifier le lait et le miel (**Pamo et al., 2002**). la poudre de *Moringa Oleifera* agit sur les coléoptères pendant la conservation des graines et dans le champ (**Anita et al., 2012 ; Dumont et al., 2015**). Aussi elle agit comme larvicide de moustique, selon **Chinenyenwa et Godson (2017)**. En raison de sa teneur en composés phytohormones de type cytokinines *Moringa* peut être utilisé comme un engrais pour activer la croissance des arbres et les rendements des plantes (**Pamo et al., 2002 ; Gnangle et al., 2010**). Les boues laissées par l'eau après le traitement peuvent également être utilisées comme bio engrais / bio-compost. (**Kumar et al., 2012**).

**I. 7. Récolte des feuilles et opérations post-récolte****I. 7.1 Récolte des feuilles**

La récolte peut être manuelle avec un sécateur, une faucille, un couteau ou mécanique avec une faucheuse. La récolte peut se faire en coupant les branches feuillées à une hauteur de 30 cm à 1 m au-dessus du sol, ou en prélevant directement les feuilles sur l'arbre (**Hubert et al., 2008 ; Broin , 2010**). Les bonnes récoltes des feuilles se font tous les 30 à 45 jours.

- Effectuer la récolte aux moments les plus frais de la journée, tôt le matin ou tard dans la soirée. Éviter que les feuilles soient mouillées par la rosée, en particulier le matin, afin de prévenir le développement de moisissures pendant le transport.
- Couper toutes les branches feuillées à 50 cm du sol.
- Les transporter hors du champ. Les branches doivent être bien ventilées pendant le transport pour de courtes distances, des paniers ou des containers plastiques perforés peuvent être utilisés. Ne rien placer au-dessus des feuilles.

- Arracher les feuilles des branches hors du champ. (De Saint Sauveur, 2010).



**Figure 13 :** Récolte des feuilles de *Moringa*.

<https://www.lavierebelle.org/?meilleures-techniques-de-culture-des-moringa>

## I. 8. Etapes de la transformation

### I. 8.1. Effeuillage

L'effeuillage consiste à détacher les folioles de leur pétiole. Cette opération peut se faire directement sur les branches si les feuilles n'ont pas été séparées des branches au moment du transport. A ce stade, les feuilles malades ou endommagées sont éliminées (De Saint Sauveur, 2010).



**Figure 14 :** Effeuillage des folioles directement sur la branche.

<https://moringa-vital.ch/usine-de-moringa-biologique/>

### I. 8.2. Lavage

Les folioles sont lavées dans des bacs avec de l'eau potable pour éliminer la poussière. Les folioles sont ensuite lavées avec une solution saline à 1 % pendant 3 à 5 minutes, afin de les débarrasser des germes. Enfin, elles sont rincées à l'eau claire puis séchées. Elles sont alors prêtes à être séchées. Chaque bac doit être vidé après chaque lavage : les nouvelles feuilles doivent toujours être lavées avec de l'eau neuve (De saint sauveur, 2010).



**Figure 15 :** Lavage des feuilles en atelier.

<https://mediatheque.agencemicroprojets.org/wp-content/uploads/produire-transformer-moringa1>

### I. 8.3. Séchage

Les feuilles doivent être séchées rapidement et à l'abri du soleil et de la poussière, ceci pour éviter le développement de moisissures et la dégradation des vitamines par les ultraviolets (UV) Selon **Bidima, 2016**. Il existe trois méthodes principales pour sécher les feuilles de *Moringa* (**De saint sauveur 2010**):

#### I. 8.3. i. Séchage à température ambiante

Les folioles sont étalées en couche fine sur des moustiquaires tendues sur des claies, dans des pièces bien ventilées. Cette pièce doit être protégée des insectes, des rongeurs et de la poussière. L'utilisation de ventilateurs est possible, mais l'air ne doit pas être dirigé directement vers les feuilles, afin de ne pas augmenter les risques de contamination par les germes présents dans l'air ambiant. On peut retourner les feuilles au moins une fois, avec des gants stériles, afin d'obtenir un séchage uniforme. Les feuilles doivent être complètement sèches au bout de quatre jours au maximum. La densité de chargement des feuilles sur les claies ne doit pas excéder 1 kg/m<sup>2</sup>.

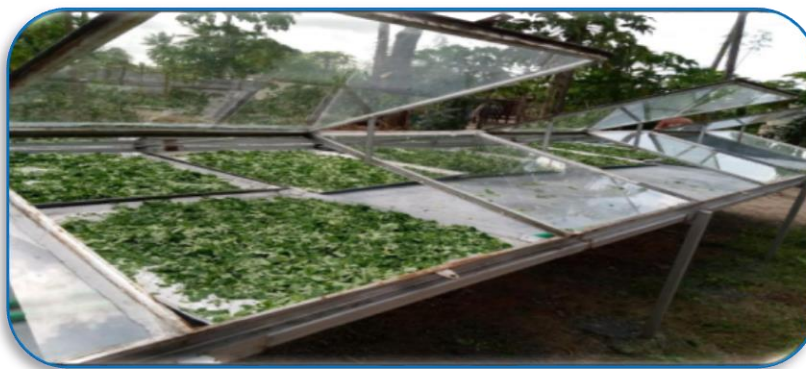


**Figure 16 :** Séchage à température ambiante des feuilles de *Moringa*.

<https://moringa-vital.ch/attention-a-lachat-du-moringa/>

**I.8.3. ii. Séchage solaire**

Le séchoir solaire est recommandé dans la mesure où le polyéthylène utilisé est traité anti-UV ou bien est opaque (si le plastique est noir, attention à l'augmentation de température, veillez à ce qu'elle ne dépasse pas 55°C). La prise d'air à chaque extrémité du tunnel doit être équipée d'un filtre à poussière en tissu fin (mousseline par exemple). Etaler finement les folioles sur les claies et laisser sécher pendant environ 4 heures (la fourchette de température est de 35°C à 55°C pour un jour très ensoleillé). Le produit final doit être très friable. Le séchage solaire est recommandé pour la transformation à petite comme à grande échelle, en particulier dans les zones rurales sans accès à l'électricité. La densité de charge des claies ne doit pas excéder 2 kg/m<sup>2</sup>.



**Figure 17 :** Séchage solaire des feuilles de *Moringa*.

<https://foodtech.uonbi.ac.ke/node/229>.

**I.8.3. iii. Séchage mécanique**

Utiliser des séchoirs à air chaud. Électriques ou à gaz. Les températures devront être comprises entre 50°C et 55°C. Au-delà là, les feuilles brûleront et prendront une couleur brune. Les feuilles doivent être séchées jusqu'à ce que leur humidité résiduelle soit inférieure à 10%. Il est recommandé d'utiliser cette méthode pour la transformation à grande échelle car elle assure une production en conditions contrôlées toute l'année. La densité de charge des claies ne doit pas excéder 2,5 kg/m<sup>2</sup>.



**Figure 18 :** Séchage mécanique à l'aide des séchoirs à air chaud.  
<file:///C:/Users/Admin/Desktop/Downloads/tn-51-poudre-de-feuilles-de-moringa>

#### I. 8.4. Broyage

Les feuilles sont broyées en utilisant un moulin à marteau en inox. Pour un usage personnel ou familial. Les feuilles peuvent être pilées au mortier ou broyées dans un mixeur de cuisine. Les transformateurs à petite échelle peuvent aussi utiliser un moulin à marteau commercial pour ml usage à façon (**De Saint Sauveur 2010**).



**Figure 19 :** Broyage des Feuilles par un Moulin à Marteau.  
<https://mediatheque.agencemicroprojets.org/wp-content/uploads/produire-transformer-moringa1>.

#### I. 8.5. Conservation

Une autre manière de consommer les feuilles de *Moringa oleifera* est de les sécher et de le réduire en poudre, ce qui les rend facile à stocker et à incorporer dans les plats. Pour s'assurer d'une bonne qualité nutritionnelle et sanitaire (microbiologique) de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera*, son humidité résiduelle ne doit pas dépasser 7,5%, la durée de séchage doit être la plus courte possible et la température de séchage pas trop élevée (50 à 55°C maximum). Même si une faible proportion des vitamines est perdue pendant le séchage, la poudre de feuille constitue tout de même un complément nutritionnel très riche, (**De saint sauveur, 2010**).

**I. 8.5. i. Teneur en eau**

La teneur en eau X d'un produit est le rapport de la masse d'humidité sur la masse du produit sec. Elle permet de quantifier la quantité d'eau dans un produit. (Jannot, 2008).

**I. 8.5. ii. Humidité**

La poudre des feuilles du *Moringa oleifera* doit être séchée à 50°C pendant 30 minutes pour réduire l'humidité résiduelle largement en dessous de 7,5% car celle-ci attire fortement l'humidité et le produit peut se ré-humidifier pendant ou après le broyage (Ndayikeza Goreth, 2011).

**I. 8.6. Emballage et Etiquetage**

La poudre obtenue lors de la transformation doit être immédiatement conditionnée dans différents emballages tels que des seaux plastiques opaques de 15 kg, des bocaux de 500 g, 250 g et 125 g et laissée à la température ambiante (Houndji et al., 2013). Sur chaque emballage de produit aux feuilles de *Moringa* doivent figurer les informations suivantes :

- ✓ Nom du produit
- ✓ Poids net
- ✓ Nom et adresse du producteur
- ✓ Pays d'origine
- ✓ Numéro ou code d'identification du lot
- ✓ Instructions d'utilisation
- ✓ Date de production
- ✓ Information nutritionnelle



**Figure 20 :** Machine pour étiqueter les emballages, et mise en boîte manuelle avec pesage et mise sous vide pour préserver les vitamines du *Moringa*.

<https://moringa-vital.ch/usine-de-moringa-biologique/>

## II.1.Métabolites secondaires

### II.1.1. Définition

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides) (Merghem, 2009). Ces métabolismes se trouvent dans toutes les cellules végétales et sont nécessaires à leur croissance et à leur développement (Raven et al., 2000). Par opposition, les métabolites secondaires ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolismes primaires (Croteau et al., 2000; Raven et al., 2000). Le terme «métabolite secondaire», qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie des plantes. (Yeza et Bouchama, 2014). Les métabolites secondaires (SM) sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes (Lutge et al., 2002; Abderrazak et Joël, 2007). Présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Dont plus de 200.000 structures ont été définies (Hartmann, 2007).

Sur le plan organique, le rôle de ces molécules dans la protection des cultures est connu par : la résistance aux maladies cryptogamiques, aux infections bactériennes et à certains insectes (Bourgaud et al., 2001 ; Raven et al., 2000).

Sur le plan pharmacologique, les métabolites secondaires constituent la fraction la plus active des composés chimiques présents chez les végétaux et on estime aujourd'hui qu'environ 1/3 des médicaments actuellement sur le marché contiennent au moins une telle substance végétale (Newman et Cragg, 2012).

Les métabolites secondaires peuvent être classifiés de différentes façons selon leurs caractéristiques chimiques, l'origine de la plante ou l'origine biosynthétique du composé d'après Verpoort et Alfermann (2000). Ils appartiennent à trois grandes familles (Abderrazak et Joël, 2007 ; Merghem, 2009) :

- ✓ Les composés aromatiques ou poly phénols et les quinones.
- ✓ Les terpénoïdes et leurs dérivés.
- ✓ Les alcaloïdes.

Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine. Ils présentent une énorme valeur économique en particulier pour l'industrie pharmaceutique et la cosmétique (**Aref et Heded, 2015**).

### **II.1.2. Fonction des métabolites secondaires**

Ils ont des fonctions très différentes, exemples :

- ✓ Protection de l'attaque des pathogènes ou des herbivores.
- ✓ Attraction des pollinisateurs.
- ✓ Ils participent à des réponses allélopathiques (compétition entre les plantes pour la germination et croissance).
- ✓ Ils sont des molécules qui sont aussi très utiles pour l'homme, comme colorants, arômes, antibiotiques, herbicides, drogues ..... etc (**Wink, 2010**).

### **II.1.3. Composés phénoliques**

Les composés phénoliques ou les poly phénols (PP) constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal (**Yusuf, 2006**) avec plus de 8000 structures phénoliques .sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits (**Boizot et Charpentier, 2006**).caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre, ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester, hétéroside...etc (**Bruneton, 2015 ; Šaponjac et al., 2016**).

Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies de biosynthèse:

- ✓ La voie des phénylpropanoïdes (C6-C3) ou de l'acide shikimique : est la voie la plus importante pour la biosynthèse des composés aromatiques dans les plantes et les micro-organismes, y compris les acides aminés aromatiques: la phénylalanine, la tyrosine et le tryptophane (**Ghasemzadeh et al., 2011**). Cette voie débute par la condensation de l'acide phospho-énolpyruvique (PEP) avec l'érythrose-4-phosphatequi dérivent respectivement de la glycolyse et de la voie des pentoses phosphate, (**Merghem, 2009**). Puis par désamination des phénylalanine et tyrosine, aux acides cinnamiques et à leur très nombreux : comme acides benzoïques, acétophénones, etc (**Bruneton, 2009**).

- ✓ La voie des acétates : C'est une voie secondaire qui conduit à l'élaboration des composés mixtes, dont les représentants les plus importants sont les flavonoïdes et les tanins (Guignard, 2000), par condensation avec le de groupements acétates (Collin et Creast, 2011; Merghem, 2009).

### II.1.3.1. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques, ce terme recouvre un groupe très vaste et diversifié de composés chimiques. peuvent être regroupés en de nombreuses classes (Tableau 08), qui se différencient selon la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes d'hydroxylation, de méthylation ...etc.), et enfin selon les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides et protéines) (Macheix et al., 2005).

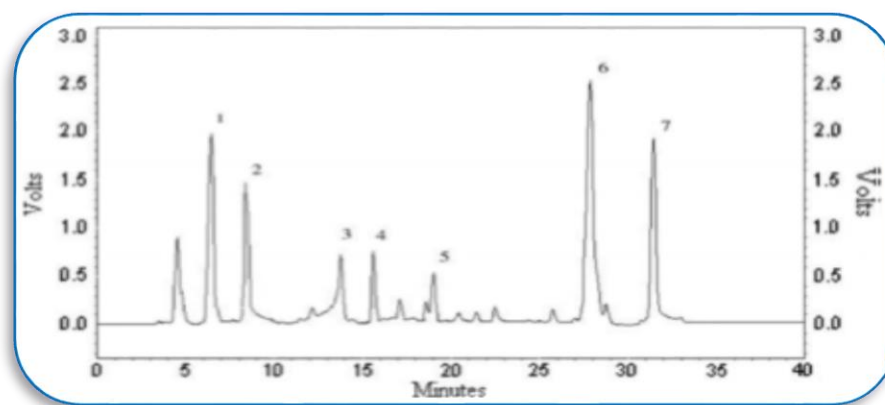
**Tableau 08** : Principales classes des composés phénoliques (Manchando et Cheynier, 2006).

Squelette Carbone	Classe	Exemple	Origine
C6	Phénols simples	Catéchol	Nombreuses espèces
C6-C1	Acide hydroxy benzoïques	P-hydroxy benzoïque	Epices, frais
C6-C3	Acide hydroxycinnamiques coumarine	Acide caféique scopolétin	Pomme de terre, pomme, citrus
C6-C4	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C6-C2-C6	Stilbénes	Resvérato	Vigne
C6-C3-C6	Flavonoïdes Iso flavonoïdes	Quercétine, cyanidine, daidzéine	Fruit, légumes, fleurs soja, pois
(C6-C3)2	Lignane	Pinorésinol	Pin
(C6-C3-C6) n	Tanins condensés	/	Raisin, kaki

### II.1.3.1. i. Acides phénoliques

Un acide-phénol (ou acide phénolique) est un composé organique possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Ignat et al., 2011). Ils sont représentés par deux sous classes, les dérivés de l'acide hydroxy-benzoïque et l'acide hydroxy-cinnamique (Bruneton, 2008). mais les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique. Ils sont considérés comme substances phytochimiques avec des effets prebiotique, antioxydant, de chélation et anti-inflammatoire. Leur toxicité est très faible car ils sont considérés non toxiques (Yeza et Bouchama, 2014).

Une analyse de HPLC des feuilles de *Moringa oleifera* a indiqué la présence d'acides phénoliques **Figure 21** (gallique, chlorogénique, ellagique et férulique) (Verma et al., 2009). Sont présents dans toute la plante à l'exception des racines, des fruits et des graines. le taux le plus élevé est retrouver dans les feuilles et les fleurs (Bennett et al., 2010).



**Figure 21 :** Chromatogramme de fraction poly phénoliques des feuilles de *Moringa oleifera* (1: acide gallique, 2 : acide chlorogénique, 3 : rutine, 4 : acide ellagique, 5: acide férulique, 6 :quercétine 7 : kaempferol) (Verma et al., 2009).

### II.1 .3.1. ii. Flavonoïdes

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Seyoum et al., 2006), Ils présentent plus de 4000 structures décrites (responsables des colorations jaunes, orange, et rouges de différentes organes végétaux (Ghedira, 2005; Marouf et Reynaud, 2007). ils sont formés d'un squelette à 15 atomes de carbones (C6-C3- C6) (Figure 22) (Collin et Crouzet, 2011).

Les flavonoïdes sont surtout présentent dans les feuilles, les fruits, les graines,et dans toutes les parties de la plante de *Moringa oleifera* (Richter et al., 2003 ;Kumbhare et al., 2012).

Les flavonoïdes à des Propriétés différence :

- ✓ Protection des plantes contre les radiations UV.

- ✓ Sont impliqués dans les processus de défense de la plante contre les infections bactériennes et virales.
- ✓ Agissent comme des pigments ou des co-pigments.
- ✓ Fonctionnent comme des signaux moléculaires de reconnaissance entre les bactéries symbiotiques et les légumineuses afin de faciliter la fixation de l'azote moléculaire.
- ✓ Régulation de l'élongation des tiges (Yang et al., 2008).

Il existe plusieurs classes de flavonoïdes dont les principales sont les flavones, flavanols, les flavane-3-ols et les anthocyanidines. La structure de base de ces différents flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions, les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. (Chira et al., 2008).

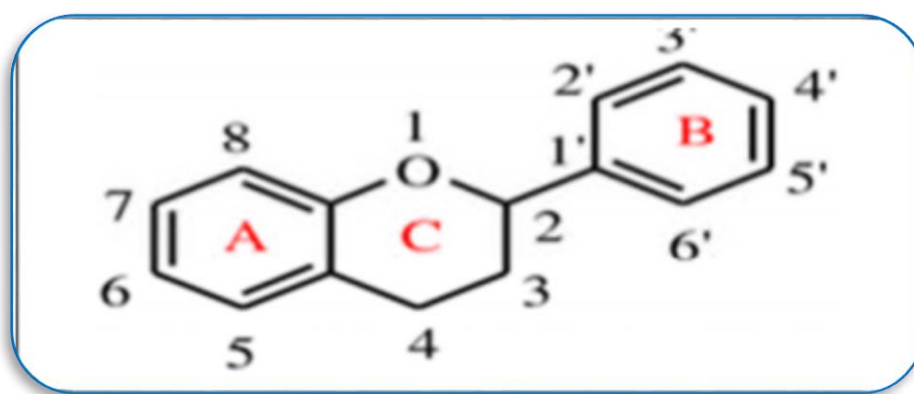


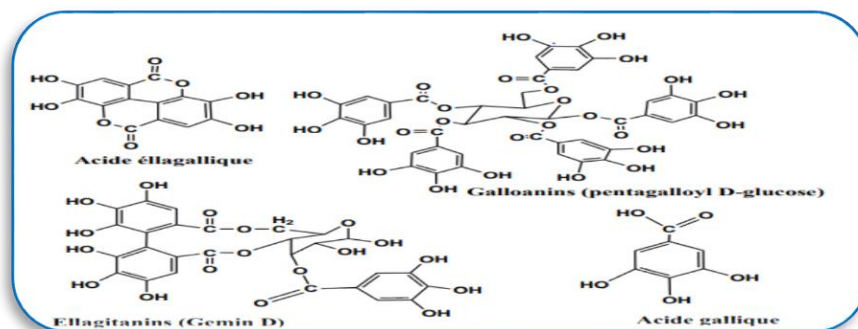
Figure 22 : Structure de base de flavonoïde (Collin et Crouzet, 2011).

### II.1 .3.1.iii. Les tanins

Les tanins d'un point de vue biochimique, une première définition a été proposée par **Bate Smith, (1973)** c'est que les tanins sont des composés phénoliques hydrosolubles ayant un poids moléculaire (PM) compris entre 500 et 3000 Da. ayant la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines et de se colorer par les sels ferriques (**Ghestem et al., 2001; Atefeibu, 2002; Krief, 2004**). Ces métabolites secondaires sont localisés dans les feuilles, l'écorce et les fruits de nombreuses plantes. On distingue habituellement, chez les végétaux supérieurs, trois groupes de tanins différents par leur structure : les tanins hydrolysables, les tanins complexes et les tanins condensés (**Vermerris et Nicholson, 2006**).

#### II.1.3.1.iii. i. Tanins hydrolysables

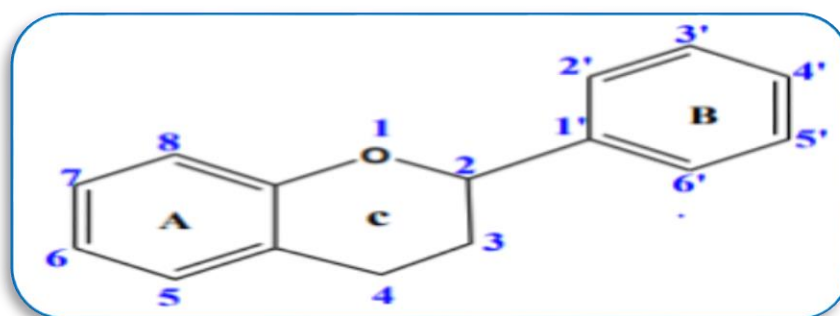
Tanins hydrolysable (TH) sont des esters d'acides phénoliques (acide gallique ou ellagique) associée à un polyol (habituellement le glucose) (**Collin et Creast, 2011**). Ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent aussi sous l'action enzymatique (**Conrad et al., 1998**).



**Figure 23** : Structure chimique de différents tanins hydrosolubles (Crestini and Lange, 2015).

### II.1.3.1.iii. ii. Tanins condensés

Les Tanins condensés sont des oligomères (proanthocyanidines) ou des polymères de flavane-3-ols (éventuellement de flavane-3,4-diols) dérivés de la (+)-catéchine ou de ses nombreux isomères (Macheix et al., 2005). Ils diffèrent fondamentalement des tanins galliques et ellagiques, ils ne possèdent pas de sucre dans leurs molécules et sont non hydrolysables. Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader (Yao et al., 2010).



**Figure 24** : Structure de base des tanins condensés (Dacosta, 2003).

### II.1.4. Propriétés biologiques des polyphénols

Chez les plantes, les composés phénoliques sont impliqués dans différents processus comme la germination des graines et la croissance des plantes (Macheix et al., 2006). Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques comme les activités antiallergique, anti-athérogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire (Ksouri et al., 2007). Ces actions sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox (Nijveldt et al., 2001).

### II.1.4.1. Activité antibactérienne

Les propriétés antimicrobiennes des plantes médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20<sup>ème</sup> siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (Yano et al., 2006).

Les flavonoïdes sont parmi les plus communs des produits naturels qui présentent un large spectre d'activité antibactérienne (Xiao et al., 2014). Des études scientifiques menées au cours des dernières années a généré un intérêt croissant dans leur rôle potentiellement important dans le maintien de la santé humaine (Malesev et al., 2007). Les graines de *Moringa oleifera* peuvent fournir une thérapie alternative pour les maladies causées par des bactéries multi résistantes. Une étude réalisée par Costa et al., 2017, visait à évaluer la bio activité in vitro des extraits des graines de *Moringa oleifera* contre des vibrions isolés de la crevette marine *Litopenaeus vannamei* .

### II.1.4.2. Activité antioxydants

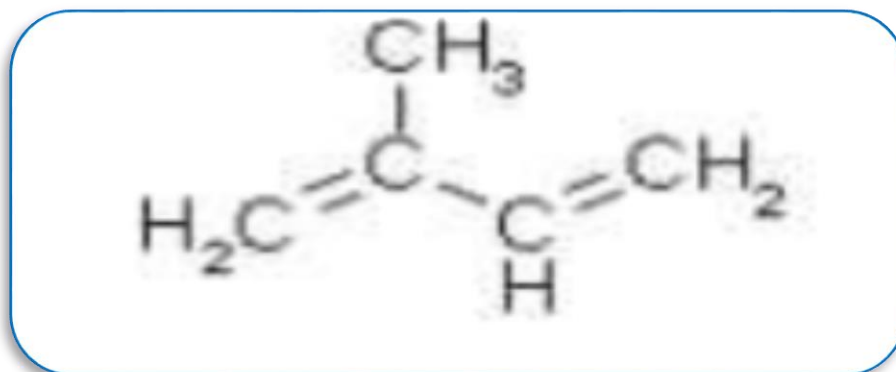
Un antioxydant est défini comme étant une substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques. Ce sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres les rendant ainsi inoffensifs (Karou et al., 2005). Les poly phénols, particulièrement abondants dans une alimentation riche en produits végétaux, pourraient jouer un rôle protecteur important (Medart, 2009). Les extraits aqueux, méthanoliques et éthanoliques de l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera* ont présenté une activité antioxydante significative (Georgewill et al., 2010).

Les feuilles de *Moringa* contiennent beaucoup d'antioxydants, des études montrent une teneur de 80 % de poids sec pour les phénols, ainsi que des flavonoïdes (Harimalala et al., 2016).

### II.1.5. Les terpènes (terpénoides)

Les terpenoides constituent une famille de composés largement répandues dans le règne végétal .Elle sont des hydrocarbures naturels de structure cyclique ou non (acyclique, monocyclique, bi cyclique ou tricyclique) (Djahra , 2015), résultant de la combinaison de plusieurs unités d'isoprènes (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) (Figure 23), Ces composés présentent un intérêt économique notable. On estime en effet qu'au moins 25% des spécialités pharmaceutiques mises sur le marché proviennent des plantes médicinales ou de produits dérivés de celles-ci (Verpoorte, 2000).Ces substances sont plus répandues dans la nature ; ont été identifiées et isolées à partir des fleurs, tiges, et différentes parties de la plante de *Moringa* (Alhakmani et al., 2013). Les terpénoïdes sont classés en fonction du nombre de leurs unités isoprènes (le mono terpène, avec deux unités isoprènes, les sesquiterpènes avec trois unités et les di

terpènes quatre unités). Beaucoup de mono terpènes et les sesquiterpènes sont appelés huiles essentielles (**Raven et al., 2003**). Elles sont rencontrées également chez les animaux, insectes et les organismes marins (**Agostini Costa et al, 2012**).



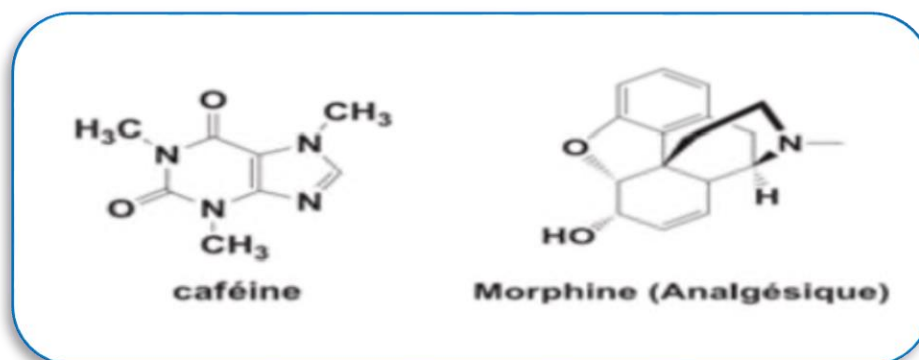
**Figure 25 :** Molécule d'isoprène (**Malecky, 2008**).

### **II.1.6. Les alcaloïdes**

Le terme alcaloïde a été introduit pour la première fois par le pharmacien allemand **Meissner** début du XIXe siècle, qui a défini les alcaloïdes comme étant des substances dérivées de plantes et qui réagissent comme alcalins (**Bruneton, 2009**).

Leurs noms se terminent souvent par "ine". Les alcaloïdes renferment toujours du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, et le plus souvent, en plus, de l'oxygène (exceptionnellement quelques alcaloïdes contiennent du soufre) (**Djahra , 2015**).

Les alcaloïdes dérivent des acides aminés et constituent l'un des plus grands groupes de métabolites secondaires avec près de 10000 à 12000 différentes structures.



**Figure 26 :** Structures de deux alcaloïdes (**Mamadou, 2011**).

## **II.2. Techniques D'extraction**

L'extraction veut dire la séparation des parties actives de tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inertes à l'aide de solvants sélectifs, traditionnellement l'eau, les huiles

végétales ou les graisses animales. Les produits ainsi obtenus sont relativement impures sous forme de liquides, semi-solides ou poudres exclusivement destinés à un usage oral ou externe (**Handa, 2008**). Ce procédé est basé sur la différence de solubilités des composés d'un mélange dans un solvant. Le mélange peut être solide ou liquide et le solvant liquide ou fluide supercritique. Il existe plusieurs techniques d'extraction :

les techniques conventionnelles se basent le plus souvent sur l'affinité des molécules pour différents solvants et sur l'utilisation de chauffage et/ou d'agitation (**Azmir et al., 2013**) telles que la macération, la percolation ou l'extraction par Soxhlet, (**Chemat, 2014**), hydrodistillation (**Hadolin, 2004 ; Carvalho, 2005**), l'extraction en mode batch (**Zgorka et al., 2001**) et l'extraction assistée par sonication (**Caniova et al., 2001**).

Techniques non-conventionnelles « techniques nouvelles » Pour pallier aux inconvénients des méthodes conventionnelles, comme les temps d'extraction longs et les quantités importantes de solvants utilisées, de nouvelles méthodes ont été développées. Parmi celles-ci, quelques méthodes semblent plus prometteuses comme les extractions par micro-ondes (**Harkati, 2011**), par fluides supercritiques (**Piochon, 2008**), par liquide pressurisés, par champs électriques pulsés ou encore par ultrasons (**Azmir et al., 2013**).

### **II.2.1. techniques conventionnelles**

#### **II.2.1.1. Macération**

La macération est la méthode d'extraction solide-liquide la plus simple. La biomasse est mise en contact avec une grande quantité de solvant. Une agitation peut être appliquée pour faciliter l'extraction et assurer une bonne distribution de la biomasse dans le solvant (**Azmir et al., 2013**). Elle est relativement peu coûteuse, elle est utilisable dans le cas de l'extraction d'un ensemble de molécules fragiles et se déroule à température ambiante ce qui est très positif pour conserver l'intégrité des molécules bioactifs qui sont sensibles aux changements de température. En outre, une Matrice peut subir plusieurs extractions successives en utilisant des solvants de plus en plus Polaires afin d'obtenir des mélanges enrichis en molécules d'intérêt (**Kebièche, 2011**).

Le liquide de macération peut être de l'eau, de l'alcool ou du vinaigre. Dans le cas de la macération à l'eau, les plantes doivent être versées dans le liquide froid ou tiède pendant quelques heures (10 ou 12 heures). Pour l'alcool, le vinaigre, huiles, cette macération peut se prolonger plusieurs jours sans inconvénients (**Pierre et Lis, 2007**).

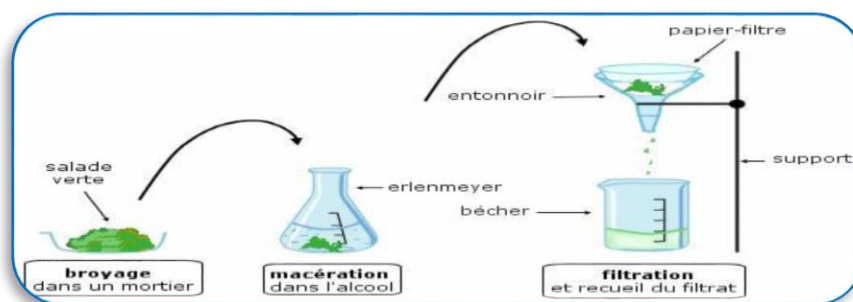


Figure 27 : Principe de Technique de Macération

<http://tpe-parfum2012.e-monsite.com/blog/do/tag/macération/>

### II.2.1.2. Hydro distillation

Distillation à l'eau ou « hydro distillation », est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle, ainsi que pour le contrôle de qualité (Lucchesi, 2005). ce méthode est traditionnellement la plus couramment utilisée (environ 80% des cas) car elle est la plus économique (Kaloustian et al., 2012). Elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Fekih ,2015).

La durée d'une hydro distillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures (8 h), selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Lucchesi . 2005).

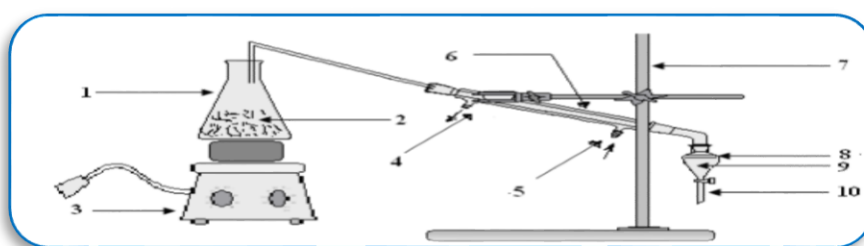


Figure 28 : Montage de l'hydrodistillation (lagunez rivera, 2006).

- |                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| 1- Le Flacon Erlenmeyer | 6- réfrigérant               |
| 2- l'eau + la plante    | 7- le support de réfrigérant |
| 3- chauffe-ballon       | 8- l'huile essentielle       |
| 4- la sortir de l'eau   | 9- l'eau aromatique          |
| 5- l'entrée de l'eau    | 10- l'ampoule à décompter    |

### II .2.1.3 . Extraction par Soxhlet

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysant de l'eau ou de la vapeur d'eau (Lucchesi , 2005).

L'extraction par l'appareil de Soxhlet (Figure 29) consiste à faire passer à travers la matière à traiter contenue dans une cartouche de cellulose, un flux descendant de solvant toujours neuf puisque distillé à chaque cycle (Bergougnoux, 2005).

Cependant, le Soxhlet possède quelques désavantages comme, par exemple, le temps d'extraction relativement long, la possibilité de dégradation des composés à cause d'une surchauffe locale, le choix limité du solvant, les difficultés d'utilisation de mélanges de solvants, etc (Penchev, 2010).

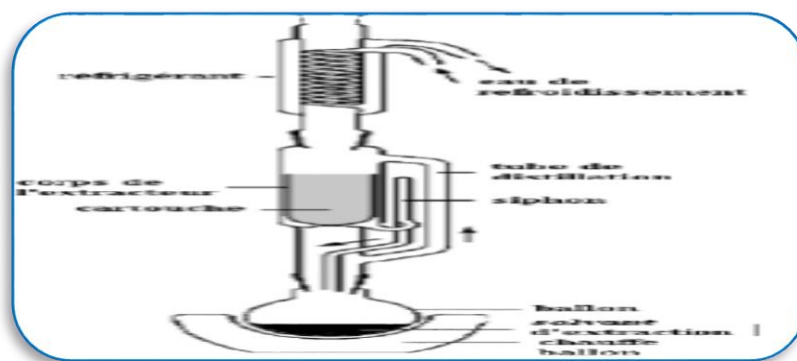


Figure 29 : Extracteur Soxhlet (Penchev, 2010).

## II. 2.2. Techniques non-conventionnelles

### II.2. 2.1. Extraction assistée par microondes (Microwave Assisted Extraction)

Extraction par micro-ondes Le mécanisme du chauffage diélectrique repose sur le fait que les molécules polaires, telles que l'eau, ont des extrémités négatives et positives : ce sont des dipôles. En l'absence de champ électrique, les dipôles d'un milieu diélectrique se trouvent orientés au hasard sous l'effet de l'agitation thermique du milieu. Sous l'effet d'un champ électrique continu, les molécules tendent à s'orienter dans la direction du champ électrique (Hameurlaine , 2009). Plus le champ électrique est intense, moins l'agitation thermique qui tend à désorganiser l'alignement a d'importance. Lorsque toutes les molécules sont orientées, il apparaît un moment dipolaire global induit. Sous l'effet d'un champ électrique alternatif de fréquence, les dipôles s'orientent dans la direction du champ sur une demi alternance, se désorientent lorsque le champ s'annule et se réorientent dans l'autre sens pendant la seconde

semi alternance : c'est la rotation dipolaire. L'énergie électrique est convertie en énergie cinétique par la rotation des dipôles. L'énergie cinétique est transformée partiellement en chaleur : l'alignement des dipôles par rapport au champ électrique est contrarié par les forces d'interactions entre molécules (les forces de liaison par pont hydrogène et les forces de liaisons de Van der Waals) (Iagunez Rivera, 2006).

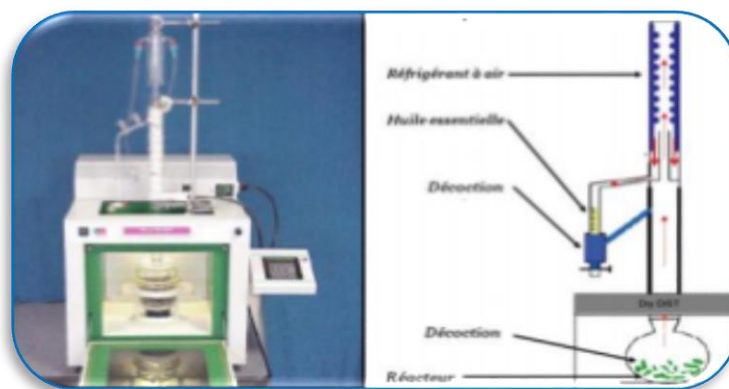


Figure 30 : Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes (Boutamani, 2013).

#### II .2.2.2. Extraction assistée par ultrasons (UAE)

Cette technique présente l'intérêt de faire des extractions à température ambiante, 20- 25°C et pour des durées très courtes de 3-30 min, ce qui permet de préserver les composés Thermolabiles (acide gras, polyphénols) (Routray et Orsat, 2012), des colorants, des antioxydants, des arômes ou aussi des caroténoïdes .Son principe consiste à la destruction des Parois cellulaires par des fréquences d'ultrasons, ce qui permet une meilleure pénétration du solvant au cœur de la matière, et par conséquent un meilleur rendement d'extraction. Les fréquences utilisées sont généralement supérieures à 20 kHz. En milieu liquide, les ultrasons provoquent des cycles d'expansion et de compression des cellules formant ainsi des bulles. Le développement excessif des bulles microscopiques à proximité des parois cellulaires, entraîne une élévation de température et de pression, ce qui provoque l'explosion des bulles et la destruction des parois cellulaires (Wang et Weller, 2006 ; Perraut, 2013).

#### II.2 .2.3. Extraction par champs électrique pulsé (CEP)

L'extraction par champ électrique pulsé repose sur la destruction de la paroi cellulaire pour améliorer l'extraction par solvant suivant l'exposition au champ électrique. L'efficacité de ce traitement dépend donc, entre autre, de la force du champ électrique appliqué, de la température et de la biomasse à extraire (El-Belghiti, 2005).

#### II.2.2.4. Extraction par les gaz supercritiques

Les fluides supercritiques peuvent être définis comme toute substance se trouvant dans des conditions de température et de pression supérieures à sa température critique et sa pression critique. Ils possèdent certaines propriétés physico-chimiques typiques des gaz, et d'autres proches de celles des liquides. Les propriétés du dioxyde de carbone en font le fluide le plus utilisé car remplissent toutes les conditions nécessaires à une utilisation en extraction en phase supercritique. Le CO<sub>2</sub> est inerte, non toxique et accessible à un prix raisonnable pour un degré de pureté élevé. De plus, il est gazeux à température ambiante, ce qui facilite la récupération de l'extrait final en ne laissant aucun résidu toxique (**Muther ,2015**).

### III.1. Antibiotiques

#### III.1.1. Définition

L'adjectif antibiotique (du grec *anti* : contre, *biotikos* : concernant la vie) utilisé pour la première fois en **1889 par Paul Vuillemin**, sont des agents dont la toxicité sélective résulte d'un mode d'action spécifique. Ils agissent à faible dose pour inhiber la croissance des micro-organismes ou pour les détruire. Ils peuvent être produits de manière naturelle par des champignons et des bactéries ou obtenus par synthèse et héli synthèse (**Demoré ,et al ., 2012**).

#### III.1.2. Critères de classification des antibiotiques

La classification des antibiotiques repose sur :

##### III.1.2.1. Leur Origine

Les antibiotiques peuvent être soit d'origine naturelles issues du métabolisme azoté de divers micro-organismes dont l' 20 % proviennent de champignons, 70 % proviennent d'actinomycètes ,10 % proviennent des bactéries (non actinomycètes), en particulier des genres *Bacillus* et *Pseudomonas* (**Newman et al., 2003 ; Singh et Barrett ., 2006**).

exemple : Pénicilline, streptomycine, tétracyclines, céphalosporine (**lesseur et al., 2014**).

soit d'origine synthétiques sont obtenus soit à partir de dérivés artificiels, soit en recréant des substances initialement extraites de micro-organismes (**Guinoiseau et al., 2010**).

exemple : Bêtalactamines, aminosides, sulfamides (**lesseur et al., 2014**).

##### III.1.2.2. Nature chimique

Très variable, elle est basée souvent sur une structure de base (ex : cycle  $\beta$  lactame) sur laquelle il y a héli-synthèse. Elle nous permet de classer les antibiotiques en familles (bêtalactamines, aminosides, tétracyclines, etc.) (**Mohammedi ,2018**).

##### III.1.2. 3. Site d'action spécifique à chacun

-Inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne ( $\beta$ -lactamines, glycopeptides, fosfomycine).

-Inhibition de la synthèse protéique (aminosides, cyclines, phénicolés, acide fusidique, macrolides, oxazolidinones, mupirocine, synergistines).

-Action sur la synthèse des acides nucléiques (quinolones, nitroimidazolés, rifamycines, sulfamides triméthoprime).

-Action sur les membranes (polymyxines, daptomycine) (**Demoré et al., 2012**).

### III.1.2. 4. Spectre d'activité

Groupe ou espèces bactériennes sensibles (Hnich, 2017). C'est la liste des espèces sur lesquelles l'antibiotique est actif. Le spectre d'activité est une notion théorique qui dépend de la résistance naturelle des souches dites sauvages, mais diverses modifications génétiques peuvent entretenir une résistance acquise chez certaines souches dont la fréquence peut augmenter considérablement grâce à la pression de sélection exercée par l'antibiothérapie au cours de son utilisation, limitant ainsi son spectre initial (Djrboua, 2018).

### III.1.2.5. Les modalités d'action

Un effet bactériostatique provoque une inhibition réversible de la croissance de l'organisme cible. Un effet bactéricide entraîne la mort de celui-ci (Demoré et al., 2012).

**Tableau 09** : Classifications Antibiotiques bactériostatiques et bactéricides (Paul et al., 2008)

Bactériostatique	Bactériocide
Macrolides	$\beta$ -lactamines
Sulfamides	Fluoroquinolones
Tétracyclines	Aminoglycosides
Lincosamides	Nitroimidazoles
Nitrofuranes phénicolés ethambutol cyclosérine Rifamycines	glycopeptides (bactéricidie lente) polymyxines synergistines ansamycines acide fusidique isoniazide pyrazinamide

### III.1.3. Mode d'action des antibiotiques

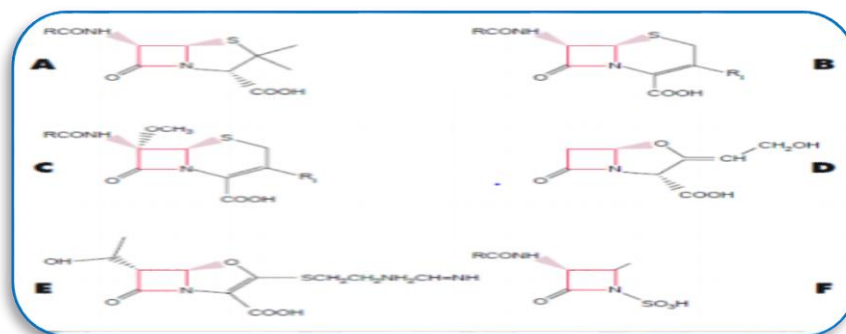
#### III.1.3.1. Famille antibiotiques agissant sur la paroi bactérienne

##### III.1.3.1. i. $\beta$ -lactamines

Les  $\beta$ -lactamines ou antibiotiques à noyau  $\beta$ -lactame Les bêta-lactamines ( $\beta$ -lactamines) sont des antibiotiques bactéricides qui inhibent la biosynthèse de la paroi bactérienne. Ils sont produits naturellement par divers micro-organismes eucaryotes, tels que des champignons filamenteux du genre *Penicillium*, mais également par des bactéries du genre *Streptomyces* (Tahlan and Jensen 2013).

Agissent sur la paroi bactérienne, elles inhibent la dernière étape de la synthèse du peptidoglycane (polymère majeur spécifique de la paroi des bactéries à Gram négatif et

positif) (Alioua, 2015). Les cibles des  $\beta$ -lactamines sont des enzymes situées dans la partie externe de la membrane cytoplasmique bactérienne et appelées PLP (les protéines liant les pénicillines). La fixation des  $\beta$ -lactamines sur ces PLP est responsable de l'arrêt de la synthèse du peptidoglycane (Cavallo et al., 2004). Il en résulte une altération de la paroi qui possède un effet létal sur la bactérie (Nauciel et Vildé, 2005).



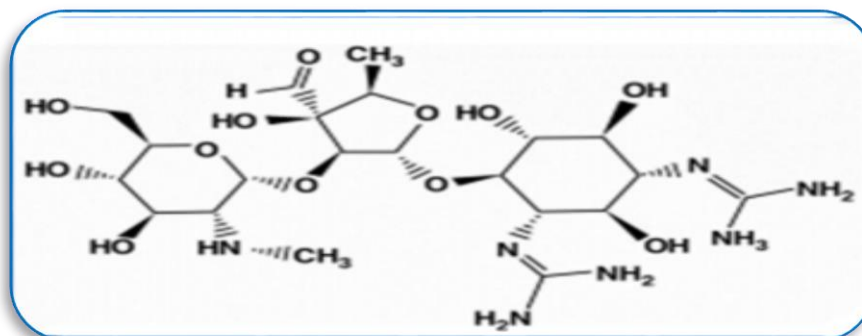
**Figure 31 :** Structures de quelques  $\beta$ -lactamines (Charlier et al., 1998).

A : pénicillines ; B : céphalosporines ; C : céphamycines ; D : acide clavulanique ; E : Imipénème (carbapénème) ; F : monobactames

### III.1.3.2. Famille antibiotiques agissant sur la synthèse protéique

#### III.1.3.2. i. Aminoside

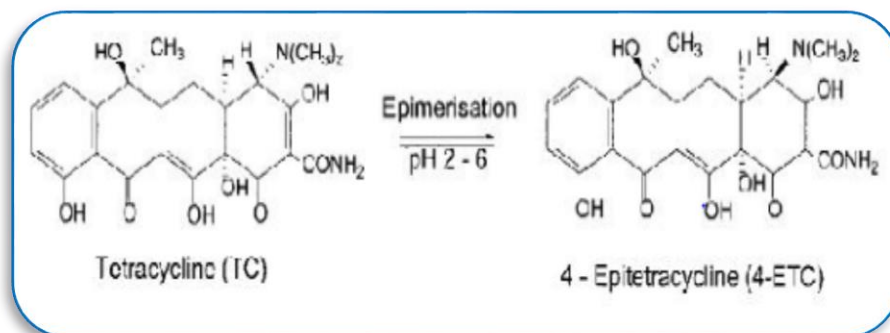
Connues depuis plusieurs décennies et utilisées pour contrôler une grande variété de bactéries, ils ont un spectre large englobant les Gram positif et les Gram négatif (Pierre, 2012). Bloque la synthèse des protéines en se fixant sur la sous unité 30s du ribosome (Ziai, 2014).



**Figure 32 :** Structure des Aminosides (Kwiatkowska et al., 2013).

#### III.1.3.2. ii .Tétracycline

Ont été découvertes dans les années 1940. Elles sont produites par *Streptomyces* spp ou par hémisynthèse et sont des molécules à large spectre couvrant une large variété de bactéries à Gram+ et à Gram- et avec très peu d'effets secondaires (Boutal, 2017). Dans le cytoplasme, les tétracyclines se fixent de façon irréversible sur la sous-unité 30S du ribosome (Nauciel et al., 2013), empêchant également l'attachement ARN de transfert au site A du ribosome, il en résulte une inhibition de la synthèse protéique (Epote Ewane, 2014).



**Figure 33 :** Structure des Tétracyclines (Diana et al., 2002).

### III.1.3.2. iii. Phénicoles

On trouve, le thiamphénicole, le florfénicole, et le chloramphénicole. Se sont des bactériostatiques (Paul et al., 2008). Inhibent la synthèse des protéines (en se fixant sur la sous unité 50s du ribosome bactérien) (Epote Ewane, 2014).

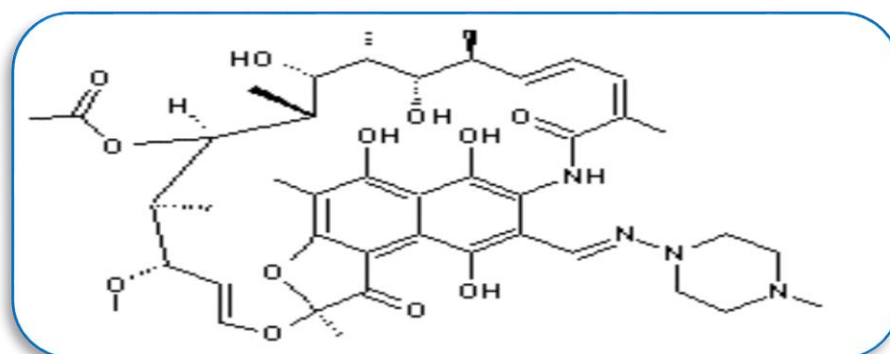
### III.1.3.3. Famille antibiotiques agissant sur la synthèse des acides nucléiques

#### III.1.3.3. i. Quinolones

Ont une structure générale dérivant de l'acide dihydro-1,4 oxo-4-quinoléine carboxylique (Kishida, 2007). Inhibent la synthèse de l'ADN bactérien par action sur la topoisomérase II ou de l'ADN gyrase (enzyme qui surenroule l'ADN bactérien et permet ainsi son élongation) (Ziai, 2014).

#### III.1.3.3. ii. Rifamycines

Sont des molécules lipophiles traversant facilement les membranes. Elles sont composées de deux cycles aromatiques reliés par une chaîne aliphatique (Bambeke et al., 2017). Elle bloque l'initiation de la transcription de l'ADN en se fixant de façon covalente à l'ARN polymérase, enzyme responsable de la transcription. L'effet bactéricide pourrait s'expliquer par la stabilité de cette liaison qui aboutit à la formation de radicaux libres toxiques pour l'ADN bactérien (Batraud, 2017).



**Figure 34 :** Structure de Rifampicine

<https://www.antibiotique.eu/liste-dantibiotiques.html#>

### III.1.3.4. Famille antibiotique agissant sur la membrane cytoplasmique

#### III.1.3.4. i. Polymyxines

Sont des antibiotiques produits naturellement par des espèces de *Paenibacillus polymyxa*. Plusieurs classes (A, B, C, D et E) existent mais seules deux sont utilisées en clinique. Il s'agit de la polymyxine B et de la polymyxine E aussi appelée colistine (**Dortet et al., 2016**). Ce sont des composés constitués d'un cycle de 7 acides aminés et d'une chaîne latérale sur laquelle est lié un acide gras. Ils ont donc des propriétés hydrophiles et lipophiles (détergent) responsables de leurs modes d'action antibactériens (**Boutal, 2017**). Elles se fixent sur les phospholipides, et perturbent ainsi les transferts transmembranaires de nutriments et inhibent les phosphorylations oxydatives du métabolisme énergétique (**Fauchère et Avril, 2002**).

### III.1.3.5. Famille antibiotique agissant sur la synthèse de l'acide folique

#### III.1.3.5. i. Sulfamides + Triméthoprime (Bactrim)

Sulfamides sont des analogues de structures de l'acide para-amino-benzoïque, ils sont un bon moyen pour inhiber ou pour tuer les microorganismes pathogènes. Ce sont des agents bactériostatiques agissant sur les germes en voie de multiplication, par inhibition compétitive (**Ouissat et Bakini, 2009**). Ils sont les plus anciennement utilisés. Ils ont moins d'importance en médecine humaine. Les Sulfamides considérés comme des produits de premier choix en raison de leur efficacité (agissent à de faibles doses, ce qui permis d'atteindre les doses toxiques), de leur petite ampleur thérapeutique (administrés pour une courte durée) et de leur plus longue période d'élimination (**Guardabassi et al., 2008**). Les sulfamides inhibent la dihydroptéroate synthétase (DHPS), alors que le triméthoprime inhibe la dihydrofolate réductase (DHFR), ces deux enzymes clé dans la synthèse de l'acide tétrahydrofolique THFA (**Battraud, 2017**).

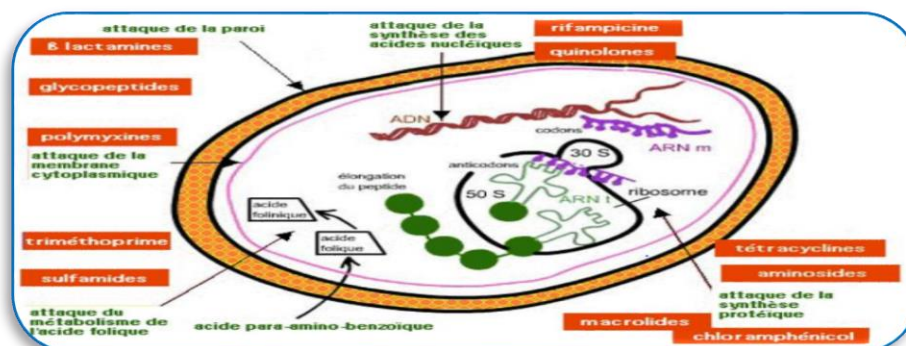


Figure 35 : Mode d'action des antibiotiques (Meziani, 2012 ; Mammeri, 2013).

## III.2. Résistance aux antibiotiques

### III.2.1. Définition

La résistance aux antibiotiques constitue aujourd'hui l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale, la sécurité alimentaire et le développement (OMS, 2018). Par définition, l'antibiorésistance ou la résistance aux antibiotiques est la capacité d'une bactérie à résister à l'action d'un antibiotique. C'est-à-dire sa capacité de croître, se multiplier malgré la présence de l'antibiotique, et ceci du fait que le lieu d'action de l'antibiotique sur la bactérie est naturellement absent chez celle-ci (David *et al.*, 2014).

### III.2.2. Types de résistance

Il existe deux grands types de résistance aux antibiotiques, naturelle (intrinsèque) et acquise.

#### III.2.2.1. Résistance naturelle

La résistance naturelle ou intrinsèque est un caractère présent chez toutes les bactéries de la même espèce ou de même genre bactérien (Azmoun, 2016). Elle est stable, transmise à la descendance (elle a pour support génétique le chromosome bactérien) (Lozniewski *et al.*, 2010).

#### III.2.2.2. Résistance acquise

Parallèlement à la résistance naturelle, il existe les résistances acquises qui ne concernent que quelques souches d'une espèce bactérienne (Gansmandel, 2011; El Brahmi, 2013).

C'est l'acquisition d'un facteur génétique qui se traduit par une réduction de la sensibilité de la molécule qui lui était fatale. Elle peut se faire soit par mutation génétique ou par acquisition des gènes transférables d'un autre microorganisme (Aboya Moroh, 2013).

### III.2.3. Mécanismes de résistance aux ATB

Pour agir, un antibiotique devra dans un premier temps pénétrer dans la bactérie, il devra ensuite arriver à sa cible puis se fixer à celle-ci pour produire son effet. Chacune de ces étapes est un point faible pour l'antibiotique.

#### III.2.3.1. Mécanismes génétiques de la résistance

Une bactérie peut acquérir une résistance aux antibiotiques par deux grands mécanismes génétiques. L'un a pour support le chromosome et définit une résistance chromosomique, l'autre a pour support les plasmides ou les éléments transposables ou les intégrons et ils définissent une résistance extra-chromosomique. (Lozniewski *et al.*, 2010).

##### III.2.3.1. i. Résistance chromosomique

Elle résulte d'une mutation. C'est un phénomène rare, dû au hasard et indépendant, Cette indépendance des mutations constitue un des meilleurs arguments pour justifier l'association

des antibiotiques. Elle n'est pas provoquée par la présence de l'antibiotique, ce dernier révèle la mutation de résistance en sélectionnant les bactéries mutantes résistantes.

Elle est transmissible ; et permanente et a donc un caractère héréditaire (transmission sur un mode vertical de bactérie-mère à bactéries-filles). Toutes les mutations ont pour conséquence la perte ou la modification d'une protéine structurale ou enzymatique et une bactérie mutée est souvent contre-sélectionnée en l'absence d'antibiotique, (**Lozniewski et al., 2010**).

### III.2.3.1. ii .Résistance extra-chromosomique (plasmides)

Par acquisition de gènes de résistance. Ce phénomène est plus fréquent (80 à 90%) ; les éléments génétiques sont mobiles et portés par des plasmides, des intégrons ou des transposons pouvant se transmettre de manière horizontale aux autres bactéries par simple contact ou bactériophage, expliquant qu'il puisse toucher plusieurs familles d'antibiotiques et entraîner une multi résistance (**Fosseprez , 2013**).

### III.2. 3.2. Mécanismes biochimiques de la résistance

#### III.2 .3.2. i .Modification de cible de l'antibiotique

La résistance aux antibiotiques peut survenir si l'antibiotique ne peut plus interagir avec sa cible, soit parce que cette dernière est protégée, soit parce qu'elle est modifiée ce qui génère une perte d'affinité de l'antibiotique (**Boutal, 2017**). Il touche plusieurs classes d'antibiotiques, notamment les bêta-lactamines, les quinolones et les macrolides (**Lozniewski et al., 2010**).

**Tableau 10:** Couple antibiotique/bactérie impliqué dans la résistance par modification ou substitution de la cible (**Ziai ,2014**).

Cible modifiée	Bactérie	Antibiotique
Précurseur du peptidoglycane	Enterocoques	Glycopeptides
PLP	Staphylocoques	Bétalactamines
Méthylation de la s/u50S	Staphylocoques	Macrolides

#### III.2.3.2. ii. Inactivation enzymatique

Certaines bactéries sécrètent des enzymes, spécifiques d'un antibiotique ou d'une famille d'antibiotiques, capables d'inactiver ou de détruire l'antibiotique (**Gansmandel, 2011**). Ce

phénomène fait essentiellement appel à des enzymes qui vont modifier chimiquement la molécule d'antibiotique par acétylation, phosphorylation ou adénylation. C'est par exemple cas des aminoglycosides qui ne pourront plus se fixer à leur cible (**Ramirez, Tolmasky, 2010**).

### III.2.3.2. iii. L'imperméabilité aux antibiotiques

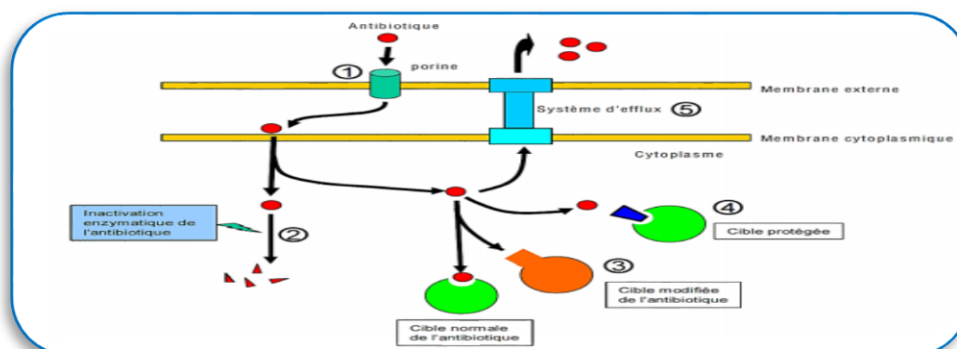
Certaines bactéries produisent une capsule (ex. *Klebsiella pneumoniae*) pouvant diminuer la diffusion des antibiotiques par un effet barrière. Il peut aussi y avoir une augmentation de l'épaisseur de la paroi (*Staphylococcus*) ou perte de porines membranaires (*Pseudomonas aeruginosa* vis-à-vis de l'imipénème) (**Battraud, 2017**).

### III.2.3.2. iv. L'efflux des molécules d'antibiotique

Il s'agit d'un système actif reposant sur la présence de pompes permettant l'expulsion des antibiotiques et la diminution de leur quantité atteignant la cible. Ce mécanisme peut constituer de véritables systèmes de multi-résistance (**Ziai, 2014**). On distingue :

Les pompes SDR (Specific Drug Resistance) qui confèrent un haut niveau de résistance et dont les gènes sont portés par des éléments génétiques mobiles. Elles expliquent un grand nombre de résistance et notamment celles aux tétracyclines (système Tet) observées chez les Gram négatifs, aux MLS (systèmes MsrA) et aux phénicolés.

Les pompes MDR (Multiple Drug Resistance) qui confèrent un bas niveau de résistance et dont les gènes sont généralement chromosomiques avec pour principaux exemples le système MexAB-OprM chez *P. aeruginosa*, AcrAB-TolC chez *E. coli*, ou QacA chez *S. aureus* (**Jehl et al., 2012 ; Muylaert et al., 2015**).



**Figure 36** : Les principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques.

<https://devsante.org/articles/antibiotiques-modes-d-action-mecanismes-de-laresistance>

### III.2.4. Bactéries multi-résistantes « BMR »

On parle de bactérie multirésistante (BMR) pour désigner une bactérie, qui, du fait de l'accumulation de résistances naturelles ou acquises, n'est plus sensible qu'à un petit nombre

d'antibiotiques habituellement actifs en thérapeutique (**Magiorakos et al., 2012**). Le taux de BMR fait partie des indicateurs d'activité et de qualité, et des référentiels d'accréditation des établissements de santé, au niveau européen, un consensus récent a défini 3 niveaux de résistance aux antibiotiques :

- ✓ MDR (multi-résistant aux médicaments) : résistance à plus de 3 familles différentes d'antibiotiques.
- ✓ XDR (très résistant aux médicaments) : sensibilité conservée uniquement pour une ou deux classes d'antibiotiques.
- ✓ PDR (résistant aux médicaments) : résistance à tous les antibiotiques, (**Gagnaire et al., 2015**).

### **III.2.5. Bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes (BHRe)**

Ont été définies comme des bactéries commensales du tube digestif, résistantes à de nombreux antibiotiques, avec des mécanismes de résistance aux antibiotiques transférables entre bactéries, émergentes selon l'épidémiologie connue. Ainsi, sont à ce jour considérées comme BHRe ; les entérobactéries productrices de carbapénémases (EPC), et *Enterococcus faecium* résistant aux glycopeptides (ERG). les bactéries saprophytes comme *Acinetobacter baumannii* ou *Pseudomonas aeruginosa*, quelle que soit leur multirésistance aux antibiotiques ainsi que les autres bacilles à Gram négatif résistant aux carbapénèmes sans production de carbapénémases, et les BMR « classiques » comme les EBLSE, *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM) et *Enterococcus faecalis* résistant aux glycopeptides, (**Gagnaire et al., 2015**).

2021



***PARTIE I : ÉTUDE  
EXPÉRIMENTALE***

# ***MATÉRIELS ET MÉTHODES***

## Matériels et méthodes

### I. Objectif

- Extraction des métabolites bioactifs et Dosages colorimétriques de ces derniers.
- Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits méthanolique et aqueux des feuilles naturelles et commercialisées de *M.oleifera* vis-à-vis des souches bactériennes pathogènes.
- Comparaison entre les extraits des feuilles naturelles et commercialisées pour avoir si les étapes de transformations à l'échelle industrielle ont une influence sur le pouvoir antimicrobien des extraits testés.

### II. Matériels

#### II.1. Matériel végétal

##### II.1.1. Origine des feuilles

Notre étude a été réalisée sur les feuilles de *Moringa oleifera* naturelles et commercialisées : Les feuilles de *Moringa oleifera* naturelles utilisés ont été récoltées au mois de Mars 2021 dans la région d'Oued Souf (sud d'Algérie) (**Figure37. a**).

Les feuilles de *Moringa oleifera* commercialisées ont été achetées sous forme de poudre (**Figure37.b**)



**Figure 37** : Matériel végétale utilisé : **a.** feuilles naturelles / **b.** feuilles commercialisées.

## II .2. Matériel biologique

Les souches bactériennes de référence utilisées dans cette étude sont des bactéries Gram - :

-*E. coli* ATCC 25922

- *Salmonella typhi* ATCC13311

-*Proteus mirabilis* ATCC 35659

-*Klebsiella pneumoniae* ATCC70603

## III. Méthodes

### III.1. Préparation du matériel végétale

#### III .1.1. Rinçages

Après la récolte, les feuilles naturelles sont nettoyées à l'eau pour enlever la poussière.

#### III .1.2. Séchage

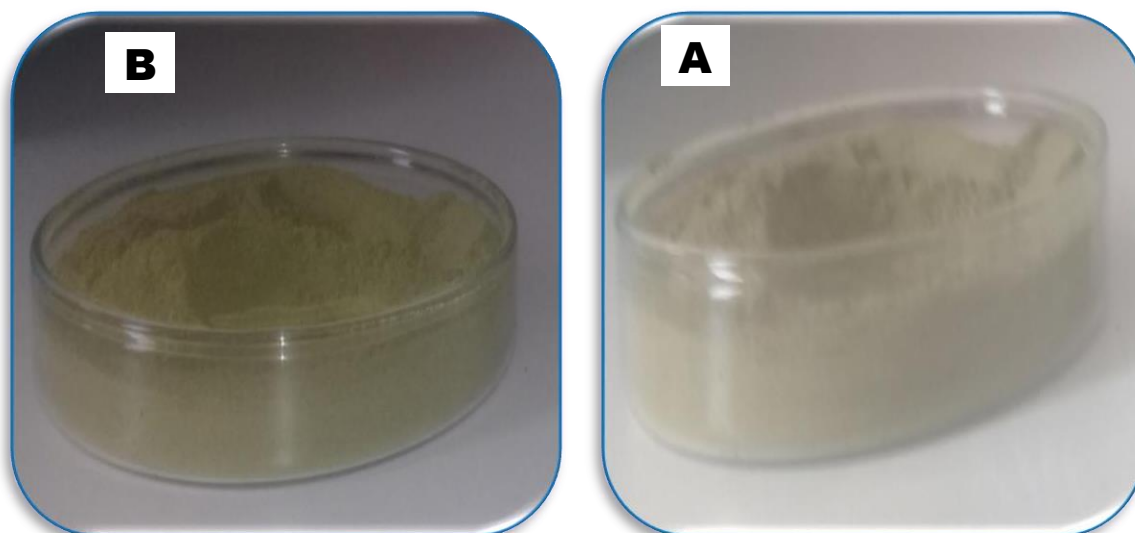
Après le nettoyage, les feuilles sont étalées et séchées à l'air libre et à température ambiante dans un endroit sec, ventilé et ombragé.



**Figure 38** : Séchage des feuilles naturelles *M.oleifera* à l'air libre.

#### III. 1.3. Broyage et Tamisage

Les feuilles séchées sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue est ensuite tamisée à l'aide d'un tamis (taille des particules inférieure à 0,5 mm).



**Figure 39** : Les feuilles de *M.oleifera* commercialisées (sous forme de poudre) (A) et naturelles après broyage (B).

### III. 1.4. Conservation et stockage

La poudre obtenue est conservée dans des bocaux en verre fermé est stockée à l'abri de la lumière jusqu'à l'utilisation.

La poudre des feuilles commercialisées est déjà conservée dans un bocal en verre bien fermé.



**Figure 40** : Conservation de la poudre des feuilles de *M.oleifera* naturelle (A) et commercialisée (B) dans des bocaux en verre.

## III.2. Extraction et dosage des composés phénoliques

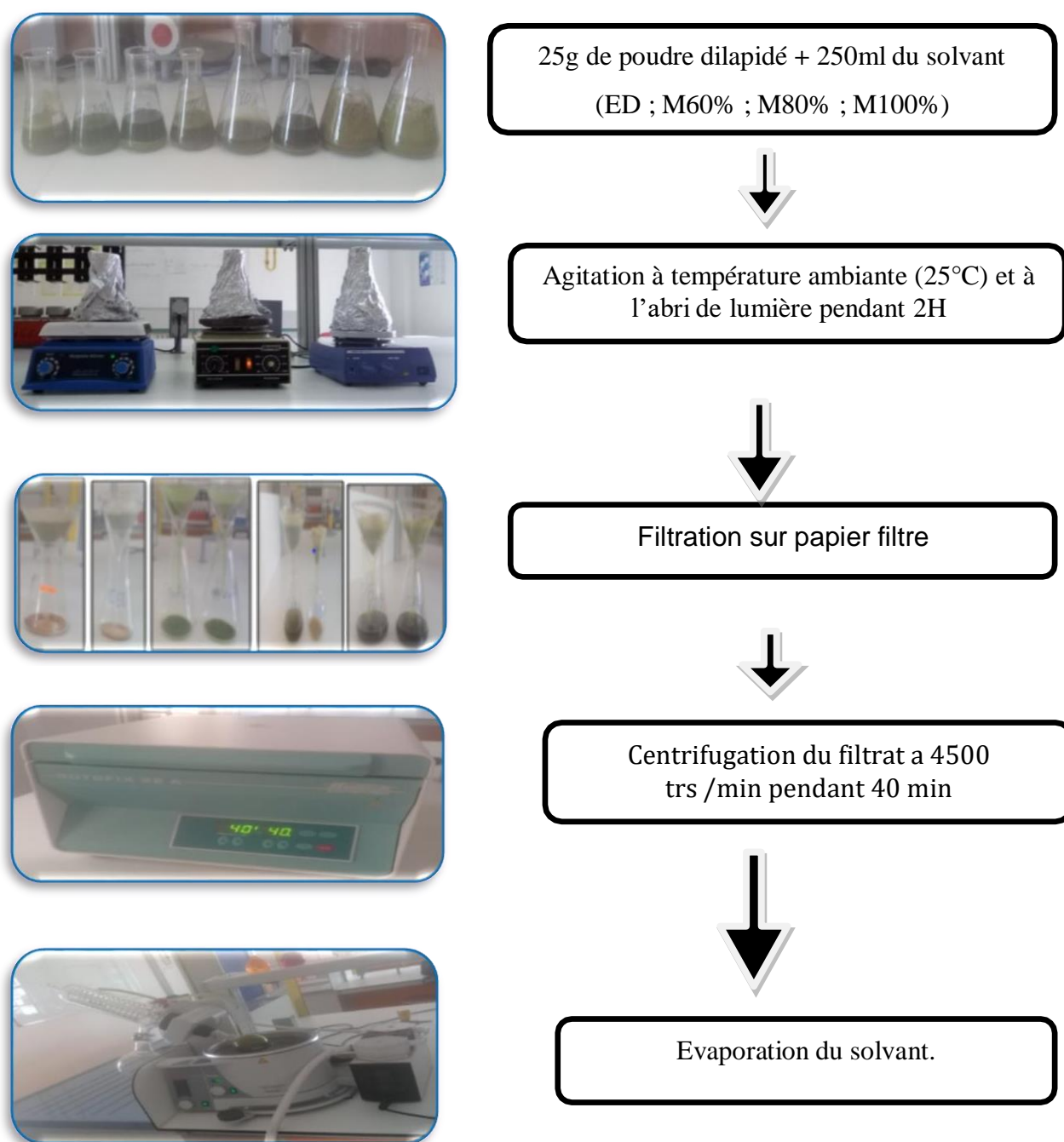
### III.2.1. Extraction à partir des feuilles de *M. oleifera* naturelle et commercialisée par macération

Cette méthode consiste de la mise en contact du matériel végétal avec le solvant sans ou avec agitation. Cette procédure, malgré les temps longs d'extraction et l'utilisation d'une quantité

considérable de solvants, est relativement peu coûteuse. En plus, elle se déroule à température ambiante ce qui est très positif pour conserver l'intégrité des molécules poly phénoliques (Spigno et De faveri, 2007; Budic-letoc *et al.*, 2005).

Les extractions sont effectuées par macération selon la méthode décrite par (Oomah *et al.*, 2010), en y apportant quelques modifications .

Deux solvants d'extraction sont utilisés : l'eau distillée et méthanol à trois pourcentages différents (méthanol 60%, méthanol 80%, méthanol 100%).



**Figure 41** : Protocole d'extraction des composés phénoliques (Oomah *et al.*, 2010).

### III.3. Détermination du rendement d'extraction

Le taux d'extraction des extraits de feuilles est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = [(P1-P0)] / E \times 100$$

P0 : Poids du bécher vide.

P1 : Poids du bécher et l'extrait après évaporation du solvant.

E : Poids de la poudre.

### III.4. Dosages colorimétriques

#### III.4.1. Dosage des phénols totaux solubles

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec un spectrophotomètre en utilisant l'essai de Folin-Ciocalteu. Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de folin-ciocalteu. Le mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) et molybdène (MO<sub>8</sub>O<sub>23</sub>). La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006).

Le dosage des poly phénols totaux a été réalisé avec le réactif colorimétrique Folin- Ciocalteu selon la méthode cité par (Benabdillah ,2016) le protocole appliqué comporte les étapes suivant:

- Préparation des solutions mères : on prend 0.2g d'extraits des feuilles naturelles et commercialisées dissous dans 1ml de chaque solvant correspondant
  - Un volume de 0.5ml de chaque extrait des feuilles de *Moringa* naturelle (N ED; N M60% ; N M80% ;N M100%) et commercialisée (C ED ; C M60% ; C M80% ;C M100%). est introduit dans des tubes à essais, après on ajoute 2ml de folin-ciocalteu 10 fois dilué dans l'eau distillée.
  - Les tubes sont agités à l'aide d'un vortex et incubés pendant 3 minutes, ensuite 2.5ml de solution de Carbonate de sodium Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7 ,5%) sont additionnés au mélange.
  - Le mélange final a été bien mélangé, puis incubé pendant 1h 30 minutes dans l'obscurité à température ambiante.
  - L'absorbance est ensuite lue à 760 nm par un spectrophotomètre.
- Le témoin est préparé de la même façon en lever l'extrait.

### III. 4.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH), libre en position cinq, susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre, par chélation de l'ion aluminium ( $Al^{3+}$ ), dont sa concentration est proportionnelle à la quantité de composés présents dans les extraits (**Djeridane et al., 2006**).

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de (**Benabdillah ,2016**).

- Le dosage est réalisé par l'addition de 0.5 ml d'une solution de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) 2% à 0.5 ml de chaque extraits des feuilles de *Moringa* naturelle (N ED; N M60% ; N M80% ;N M100%) et commercialisée (C ED ; C M60% ; C M80% ;C M100%).
- Le mélange est laissé pendant 40 minutes à l'obscurité et à température ambiante après avoir été vigoureusement agité. L'absorbance est mesurée à 430 nm contre un blanc.
- Le témoin a été préparé en remplaçant l'extrait par 0.5 de solvant d'extraction (ED ;M60% ; M80% ; M100%).

### III.4.3.Dosage des tanins

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode de la vanilline en milieu acide.

Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe la lumière à 500 nm (**Mahmoudi et al., 2013**).

Le dosage des tanins condensés dans les extraits de *Moringa* est effectué selon la méthode de (**Benabdillah ,2016**).

- A 50  $\mu$ L de l'échantillon, on ajoute 1500  $\mu$ L d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol), et 750  $\mu$ L de HCl concentré.
- Le mélange est incubé durant 15 à 20 minutes et l'absorbance est lue à 500 nm.

### III .5. Repiquage des souches bactériennes

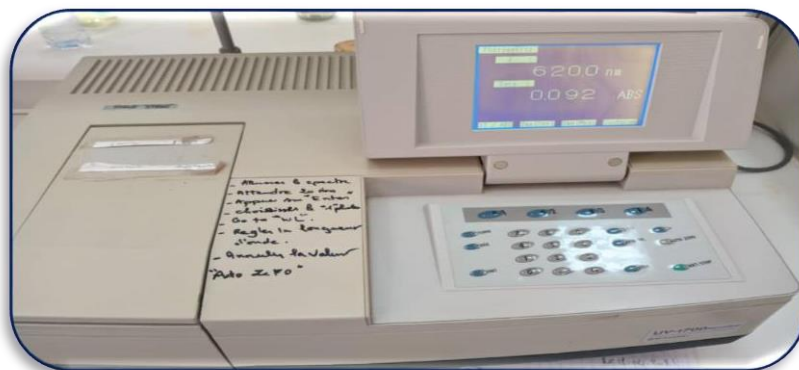
Les souches bactériennes à tester ont été repiquées par la méthode des stries dans des boites de pétri contenant de la gélose nutritive, puis incubées pendant 24 h à 37°C afin d'obtenir des colonies isolées.

### III .6. Etude de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques

Nous avons mis à profit la méthode de diffusion en milieu gélosé préconisée par **Vandepitte et al., (1994)**.

### III.6.1. Préparation de l'inoculum

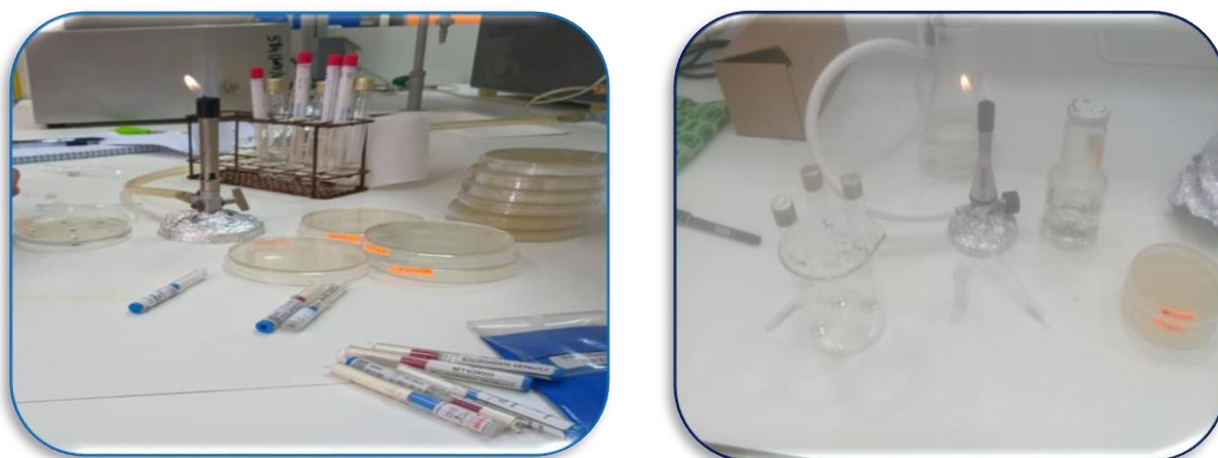
Des colonies bien séparées des souches bactériennes étudiées ont été prélevées à l'aide d'une pipette pasteur et homogénéisées dans une quantité d'eau physiologique pour avoir une suspension bactérienne ajustée 0.5 à l'échelle Mac Ferland (**Figure 42**).



**Figure42** : Mesures de la densité optique de la suspension bactérienne.

### III.6.2. Ensemencement

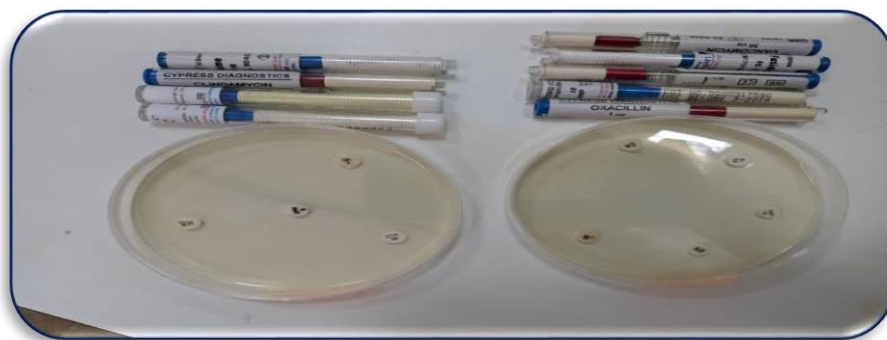
Les boîtes Pétri contenant la gélose Mueller-Hinton ont été ensemencées par écouvillonnage avec les différentes suspensions bactériennes préparées.



**Figure 43**: Ensemencement des boîtes.

### III.6.3. Dépôts de disque

Les disques d'antibiotiques 9 antibiotiques (**Tableau 11**) ont été déposés stérilement sur la surface de la gélose des boîtes inoculées (**figure44**); les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C. Après 24 h d'incubation, l'on procède à la lecture des résultats ; celle-ci consiste à mesurer le diamètre de chaque zone d'inhibition. Les mesures des diamètres des zones d'inhibition sont effectuées à l'aide d'une règle millimétrée sur la surface inférieure de la boîte, sans ouvrir le couvercle.



**Figure44** : Dépôt des disques d'antibiotique dans les boites inoculées.

**Tableau 11** : Antibiotiques utilisés pour l'antibiogramme.

Antibiotique	Abréviation	Charge de disque
Ampicilline	AMP	10 µg
Oxacilline	OX	1 µg
Vancomycine	VA	30 µg
Cefotaxime	CTX	30 µg
Fusidic	FC	10 µg
Nitroxoline	NO	1 µg
Dindanycin	DA	2 µg
Spironycin	SP	100 µg
Céfixime	CFM	50µg

### III .7.Evaluation du pouvoir antibactérien des extraits de *M. oleifera*

#### III .7.1.Préparation des extraits

- préparation des solutions mères : 0.2 g d'extrait avec 1 ml de DMSO ; puis des dilutions binaires allant de 200 mg /ml à 6,25 mg/ml ont été préparées à partir de chaque extrait (extraits de feuilles naturelles et commercialisées) (**Figure45**).

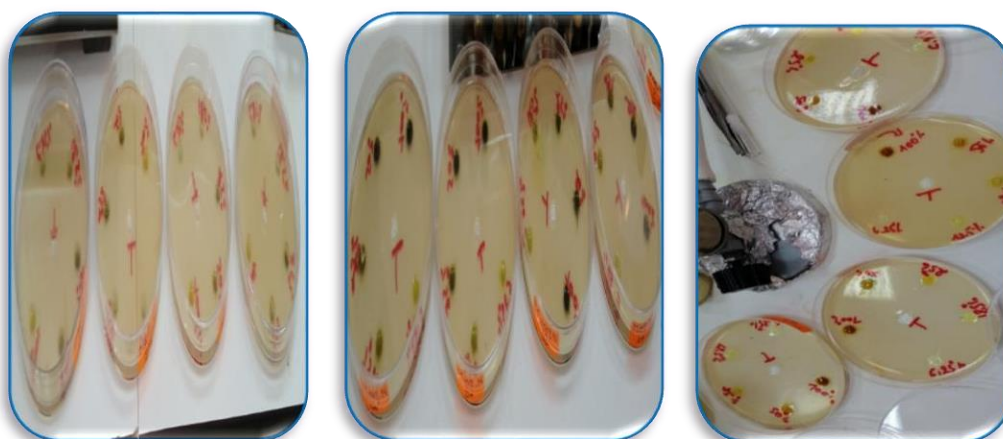


**Figure 45** : Préparation des solutions mères et les séries de différentes concentrations.

### III .7.2.Détermination de l'effet antibactérien des feuilles naturelles et commercialisées de *M.Olefira*

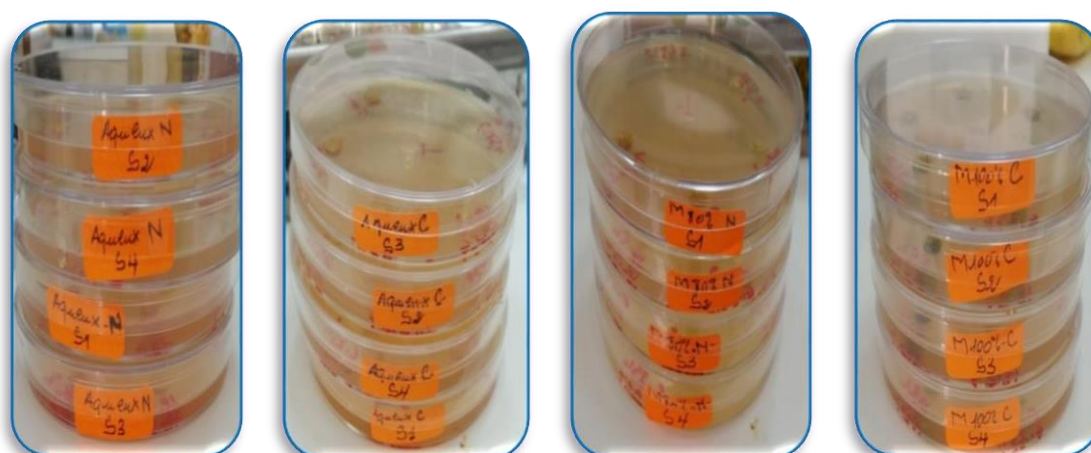
L'activité antibactérienne des différents extraits des feuilles naturelles et commercialisées de *Moringa Oleifera* (ED M60% M80% M100%) préparés a été déterminée par la méthode de diffusion sur gélose (gélose MH) (Chan et al., 2007).

- A partir d'une culture pure de 18 à 24 heures sur gélose nutritif (GN), une suspension bactérienne a été préparée et ajustée 0.5 à l'échelle Mac Ferland avec de l'eau physiologique.
- Cette suspension a étéensemencée sur chaque boîte de Pétri contenant de gélose MH.
- Les puits ont été réalisés a l'aide d'une emporte-pièce. Ces derniers ont été remplis avec 50µl d'extrait et les différentes concentrations préparées des feuilles naturelles et commercialisées de *Moringa Oleifera* (figure 46). Les puits témoins négatif sont remplis avec 50 µl du diméthylsulfoxyde (DMSO).



**Figure 46 :** réalisation des puits par la technique diffusion sur gélose (gélose MH).

- Les boîtes sont incubées pendant 24 h à 37°C (Figure 47).



**Figure 47 :** L'activité antibactérienne des différents extraits des feuilles naturels et commercialisés de *Moringa Oleifera* (ED M60% M80% M100%) avant l'incubation.

-Lecture et interprétation des résultats : L'activité antibactérienne se manifeste par l'apparition d'un halo d'inhibition de la croissance bactérienne autour des puits contenant la substance inhibitrice testée (Boumaza, 2011).le diamètre des zones est mesuré au moyen d'une règle graduée (Karabay Yavasoglu et al., 2007).

### III .8.Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

La CMI est définie comme étant la plus faible concentration inhibant toute croissance bactérienne après 18 à 24 heures d'incubation (Caquet, 2004).

-Des dilutions sériées de différentes solutions mères ont été réalisées suivant une progression géométrique de raison  $\frac{1}{2}$ . Les solutions mères ont été préparées a partir de chaque extrait des feuilles naturelles et commercialisées.

- L'inoculum est préparé à partir d'une culture de 24 heures en milieu liquide. Elle est diluée en bouillon de Mueller –Hinton jusqu'à l'obtention d'une opacité de Mac Farland 0.5 (ce qui correspond à  $10^8$  UFC).

#### ➤ *Microméthode en microplaque*

-Des microplaques à fond en U (plaque à microtitration) sont utilisables pour la détermination des CMI. Une plaque à 96 trous permet la détermination de la CMI de 8 antibiotiques *vis-à-vis* d'une même souche.

-Dans les cupules des colonnes 1 à 9, introduire, à l'aide d'une pipette automatique à embouts stériles, 50 $\mu$ L de bouillon (MH).

-Introduire 50 $\mu$ L des différentes solutions mères 200 mg.cm<sup>-3</sup> dans la cupule 1.

-Reporter de cupule en cupule, de 1 à 9, à l'aide d'un microdiluteur de 50 $\mu$ L , 50 $\mu$ L de mélange ( les concentrations allant de 200mg/ml au 0.78 mg/ml).

- Ajouter 50  $\mu$ L d'inoculum.

- Un témoin positif à réalisés (sans extrait) : 50  $\mu$ L Bouillon Mueller Hinton + 50 $\mu$ l de DMSO + 50 $\mu$ L de l'inoculum.

- incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- Lire l'opacité (ou le dépôt au fond du tube).

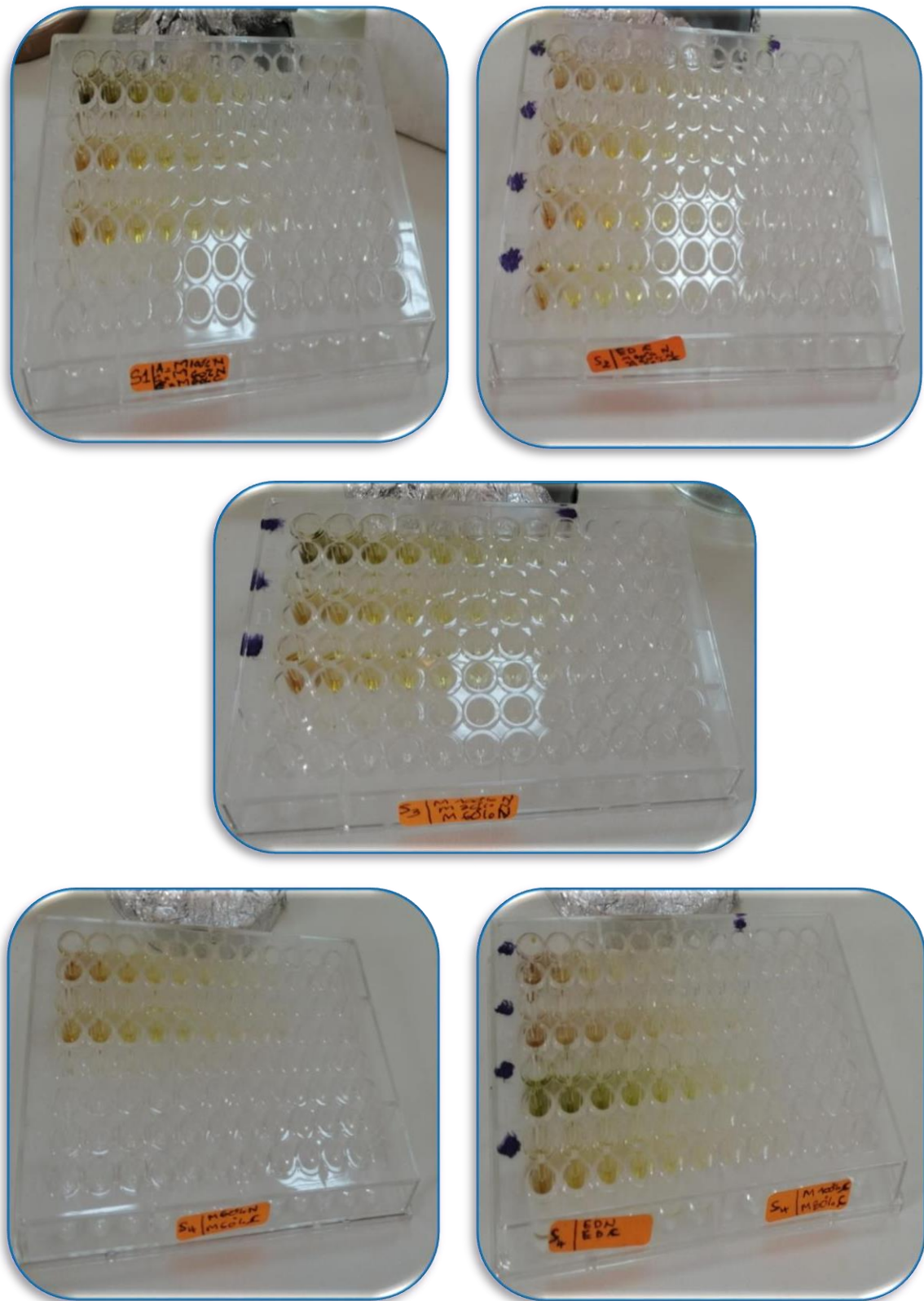


Figure 48: CMI par micro méthode (microplaques).

**III .9.Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB)**

La concentration minimale bactéricide (CMB) est la plus faible concentration de substance qui laisse au plus 0,01% de germes survivants (Toty, 2013).

En se basant sur les résultats de CMI, les puits de microplaque ou l'absence de croissance a été marquée ont été ensemencés sur gélose MH par stries épaisses parallèles en commençant par le tube de la CMI.

- incubation 37°C pendant 24 heures.



## ***RÉSULTATS ET DISCUSSIONS***

## IV Résultats

### IV.1. Rendement d'extraction des composés phénoliques

Le rendement de l'extraction qui est le rapport entre le poids d'extrait après évaporation et le poids de plante est donné dans le **Tableau 12**.

**Tableau 12:** Rendements des extraits méthanoliques (M60%, M80% et M100%), et aqueux obtenus à partir des feuilles naturelles et commercialisées de *Moringa Oleifera*.

Feuilles de <i>M.Oleifera</i>	Rendement d'extraction (%)			
	M60%	M80%	M100%	ED
<b>Extraits des feuilles naturelles</b>	<b>54.48%</b>	23.04%	17.2%	18.36%
<b>Extraits des feuilles Commercialisées</b>	<b>25.28%</b>	18.56%	17.2%	12.40%

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que le rendement le plus élevé est noté avec les extraits méthanoliques (M60%, M80% et M100%) et aqueux des feuilles naturelles par rapport aux extraits méthanoliques (M60%, M80% et M100%) et aqueux des feuilles commercialisées.

### IV.2. Dosages colorimétriques des composés phénoliques

#### IV.2.1. Teneur en phénols solubles totaux

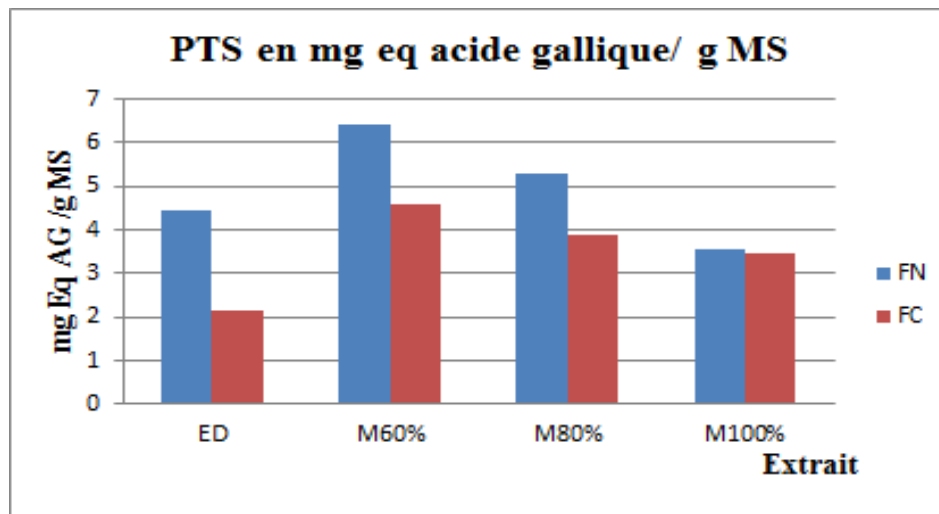
Le dosage des phénols totaux solubles (PTS) a été effectué par la méthode spectrophotométrie adaptée avec le réactif de Folin-Ciocalteu. (**figure49**).

Des courbes d'étalonnage ont été réalisées en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant : l'acide gallique est utilisé comme standard. Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalents d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS) (**Singleton et Rossi, 1965**), Selon l'équation :

$$\text{CPT} = \frac{\frac{A-b}{a}}{C}$$

**CPT** : Contenu des phénols totaux (mg EAG/g)  
**A** : Absorbance  
**a** : Facteur de l'équation d'étalonnage  
**b** : Constante de l'équation d'étalonnage  
**C** : concentration de l'extrait (mg/ml)

$$\text{CPT} = \frac{\frac{A-0.1405}{0.0127}}{10} \quad \text{pour } (y = a.x + b = 0.0127.x + 0.1405)$$



**Figure 49** : Teneurs en polyphénols des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera*.

#### IV.2.2. Teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) et l'étalon été la quercitrine.

Les résultats obtenus des différents extraits des feuilles naturelles et commercialisées sont exprimée en équivalent de quercitrine (mg EQR/g Ech).

$$\text{CFT} = \frac{\frac{A-b}{a}}{C}$$

**CFT** : Contenu des Flavonoïdes (mg EC/g)  
**A** : Absorbance  
**a** : Facteur de l'équation d'étalonnage  
**b** : Constante de l'équation d'étalonnage  
**C** : concentration de l'extrait (mg/ml)

$$\text{CFT} = \frac{\frac{A-0.0729}{0.0075}}{10} \quad \text{pour } (y = a.x + b = 0.0075.x + 0.0729)$$

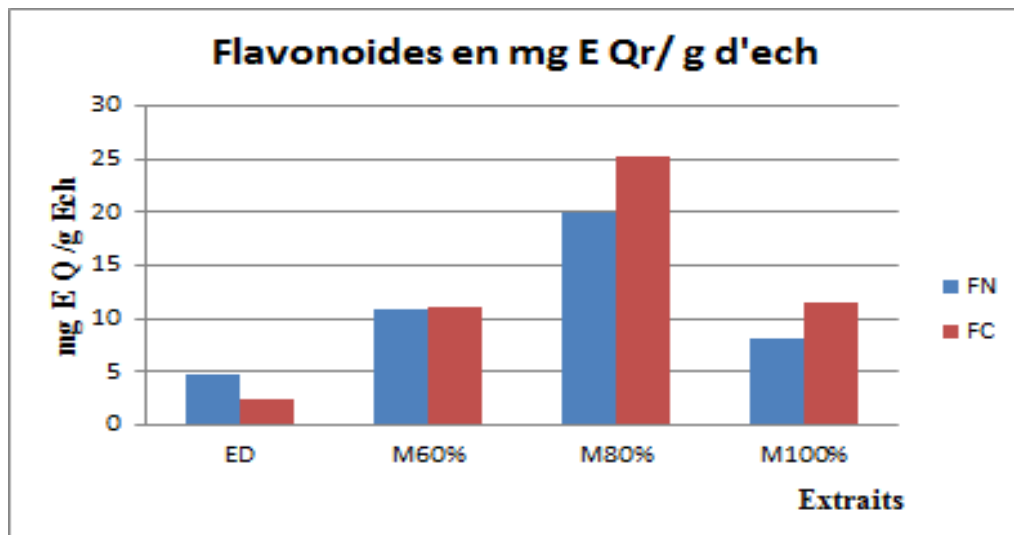


Figure 50 : Teneurs en Flavonoïdes des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera*.

$$\text{CTC} = \frac{\frac{\text{A}-\text{b}}{\text{a}}}{\text{C}}$$

CTC : Contenu des tanins condensés (mg EAG/g)  
 A : Absorbance  
 a : Facteur de l'équation d'étalonnage  
 b : Constante de l'équation d'étalonnage  
 C : concentration de l'extrait (mg/ml).

$$\text{CTC} = \frac{\frac{\text{A}-0.0080}{0.0004}}{10} \quad \text{pour } (y = \mathbf{a.x} + \mathbf{b} = 0.0004.x + 0.0080)$$

### I.2.3. Teneur en tanins condensés

Le dosage des tanins a été réalisé selon la méthode de la vanilline en milieu acide.

La teneur en tanins est exprimée en milligramme d'équivalent de catéchine par gramme de matière végétale sèche (mg E.C/g MS) **Figure (51)**.

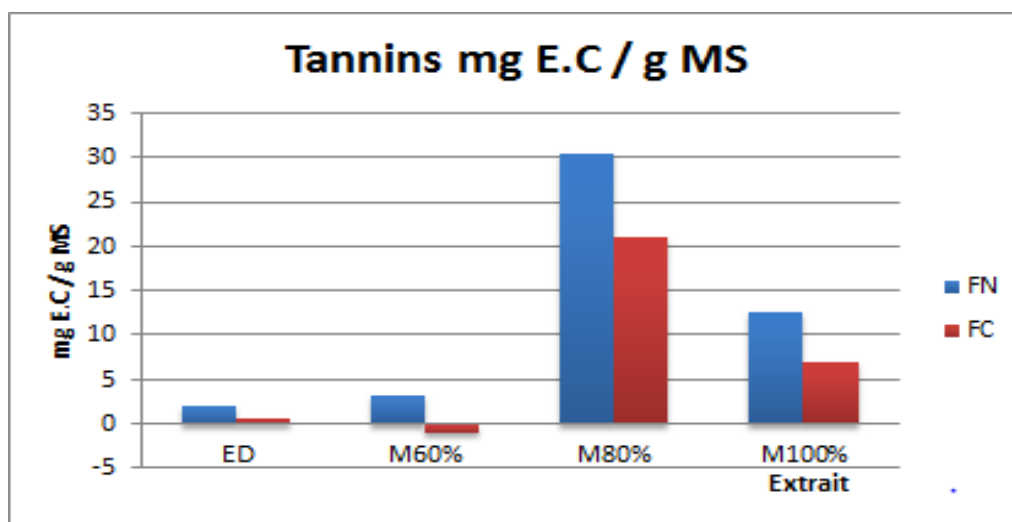


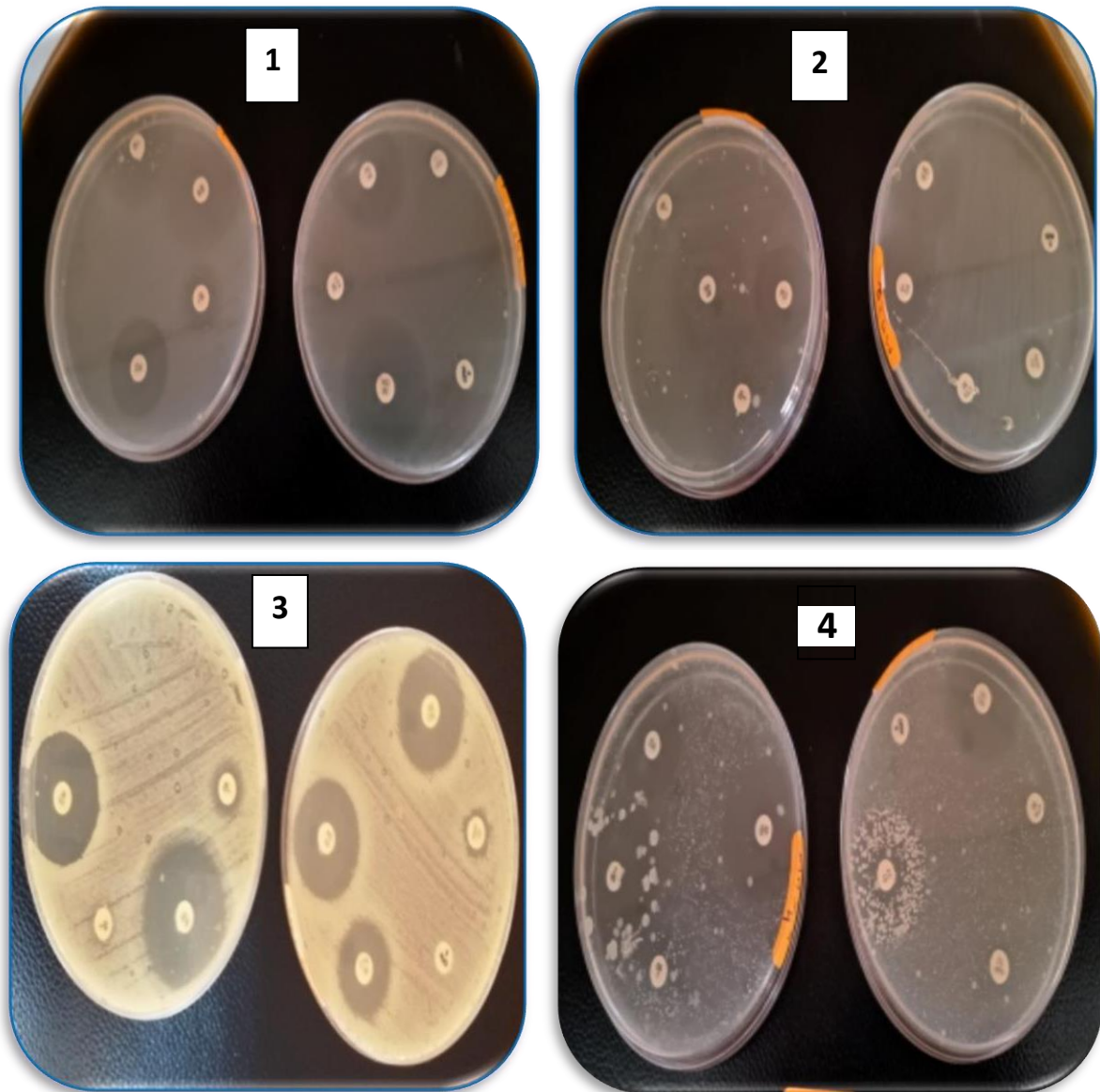
Figure 51 : Teneurs en tannins des extraits de feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera*.

### IV.3. Etude de la sensibilité des bactéries aux antibiotiques

Le test d'antibiogramme réalisé sur les quatre souches bactériennes, avec 09 antibiotiques a donné les résultats montrés dans le **Tableau 13** et la **Figure 52**.

**Tableau 13:** Résultats de l'antibiogramme

ATB \ Souche	FC	VA	SP	AMP	OX	NO	CTX	DA	CFM
<i>E.Coli</i>	25	23	0	0	0	29	0	0	0
<i>Proteus mirabilis</i>	22	24	0	12	0	20	0	0	
<i>Salmonella typhi</i>	24	25	30	10	13	25	20	0	0
<i>klebsiella pneumoniae</i>	11	24	26	8	10	24	0	30	0



**Figure 52 :** L'antibiogramme des souches pathogènes : *E. coli* (1), *P. mirabilis* (2), *S. typhi* (3), *k. pneumoniae* (4).

#### IV.4. Pouvoir antibactérien des extraits de *M. oleifera*

L'activité antibactérienne des extraits méthanoliques (M60%, M80% et M100%), et aqueux des feuilles naturelles et commercialisés de *Moringa Oleifera*. a été déterminée en terme de diamètre de zone d'inhibition (**Tableau 14 ; 15**) produite autour des puits contenant l'extraits après 24h d'incubation a température optimale pour le développement des bactéries. Les résultats sont présentés dans les figures 53, 54,55.

**Tableau 14** : Activité antibactérienne des extraits des feuilles naturelles de *M. oleifera*.

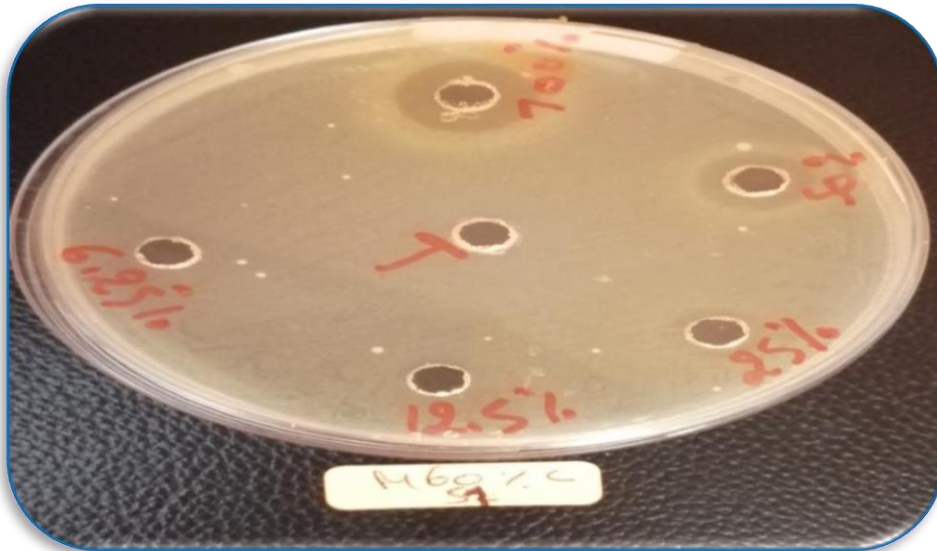
Souche \ Extrait	<i>E.Coli</i>					<i>Proteus mirabilis</i>					<i>Selmonella typhi</i>					<i>klebsiella pneumoniae</i>				
	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25
Aqueux	-	-	-	-	-	10	-	8	-	-	10	8	8	7	-	13	11	9	-	-
Méthanol 100 %	15	-	-	-	-	10	8	-	-	-	14	-	-	-	-	12	10	-	-	-
Méthanol 80 %	-	-	-	-	-	13	-	13	-	16	14	13	-	-	-	18	10	-	-	-
Méthanol 60 %	13	9	6	-	-	16	12	11	11	9	15	13	11	08	07	20	12	11	10	-

(-) : absence de zone d'inhibition

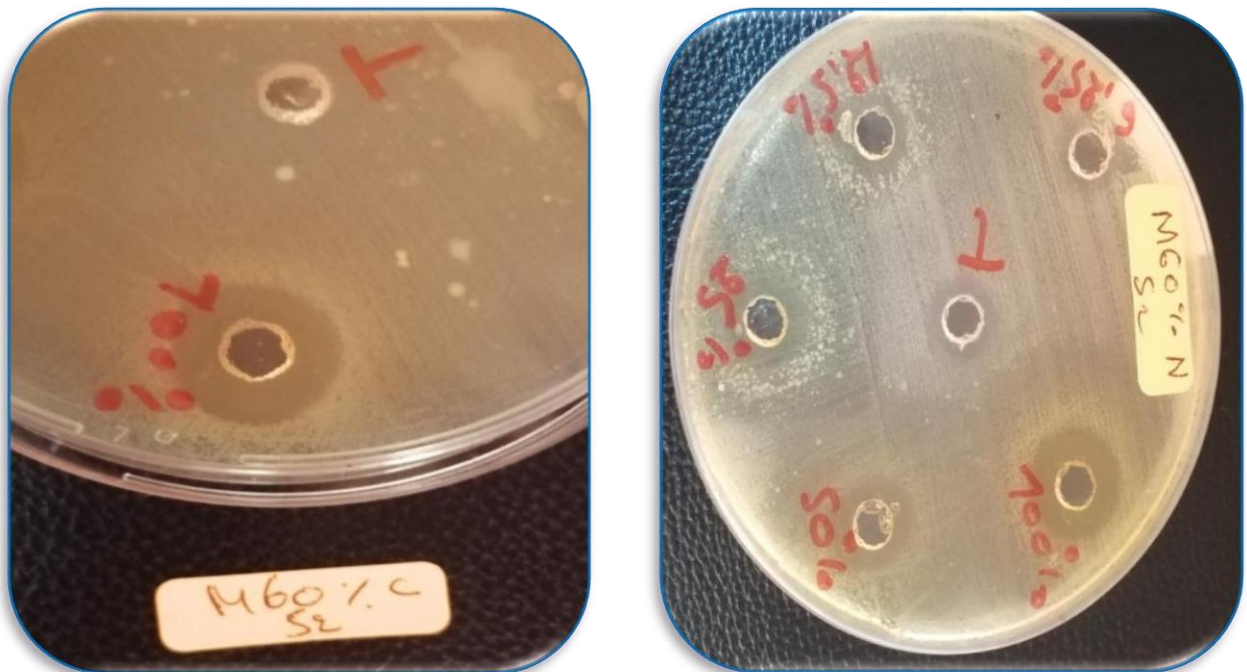
**Tableau 15** : Activité antibactérienne des extraits des feuilles commercialisée de *M. oleifera*

Souche \ Extrait	<i>E.Coli</i>					<i>Proteus mirabilis</i>					<i>Selmonella typhi</i>					<i>klebsiella pneumoniae</i>				
	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25	100	50	25	12.5	6.25
Aqueux	-	-	-	-	-	15	12	-	-	-	8	-	-	-	-	14	10	-	-	-
Méthanol 100 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
Méthanol 80 %	-	-	-	-	-	-	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Méthanol 60 %	15	12	9	-	-	15	12	10	11	10	-	-	-	-	-	16	14	13	12	08

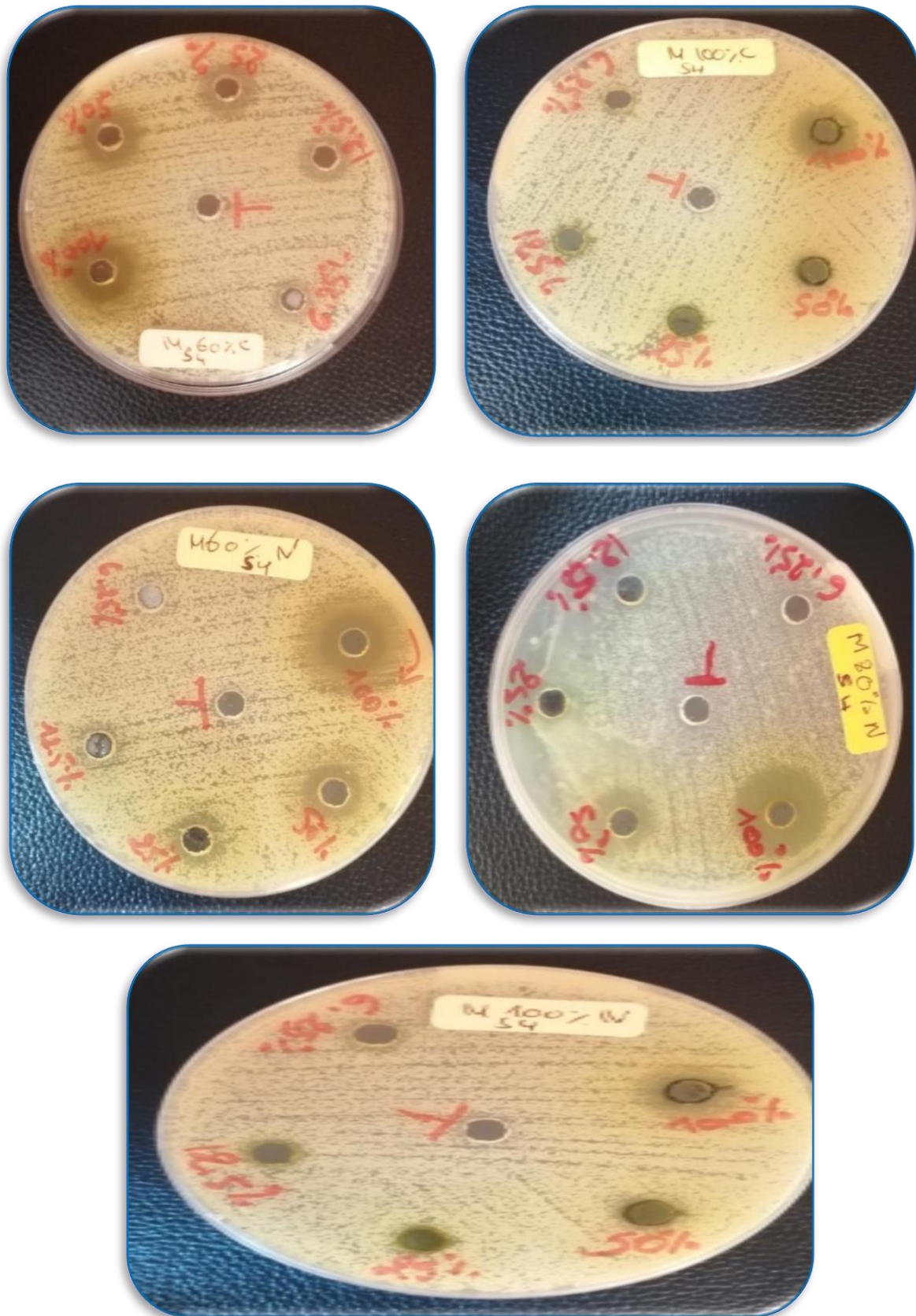
(-) : absence de zone d'inhibition



**Figure 53 :** Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60%) de feuilles commercialisées de *Moringa oleifera* sur *E. coli*.



**Figure 54:** Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60%) des feuilles naturelles et commercialisées de *Moringa oleifera* sur *P. mirabilis*.



**Figure 55 :** Effet antibactérien des extraits méthanolique (M60% ; M100% ; M80%) des feuilles naturelles et extraits méthanolique (M60% ; M100%) des feuilles commercialisées de *Moringa oleifera* sur *K. pneumoniae*.

#### IV.4. Détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

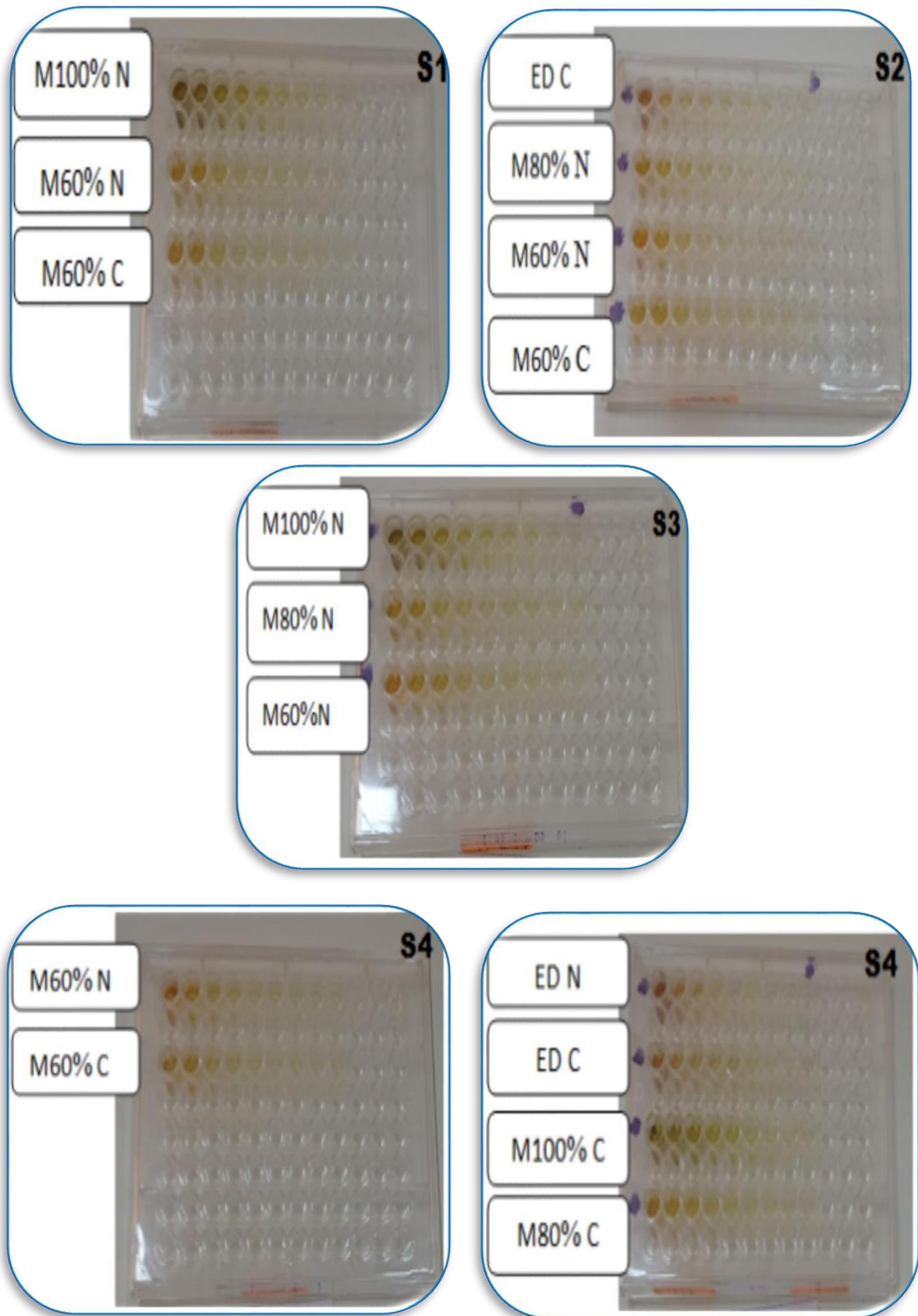
Les valeurs de CMI des différents extraits des feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera*. Ont été bien notées dans les **tableaux 16 ; 17** et la **Figure 56**.

**Tableau 16 :** Concentrations minimales inhibitrices des extraits des feuilles naturelles de *M. oleifera*.

Bactéries	CMI (mg/ml)			
	ED	M100%	M80%	M60%
<i>E.coli</i>	–	12.5	–	50
<i>Proteus mirabilis</i>	–	–	200	25
<i>Salmonella Typhi</i>	–	200	100	50
<i>klebsiella pneumoniae</i>	–	–	100	100

**Tableau 17 :** Concentrations minimales inhibitrices des extraits des feuilles commercialisées de *M. oleifera*.

Bactéries	CMI (mg/ml)			
	ED	M100%	M80%	M60%
<i>E.coli</i>	–	–	–	100
<i>Proteus mirabilis</i>	–	–	–	100
<i>Salmonella Typhi</i>	–	–	–	–
<i>klebsiella pneumoniae</i>	–	–	–	100



**Figure 56 :** Résultats des concentrations minimales inhibitrices obtenues dans les microplaques avec une présence des troubles.

#### IV.5. Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB)

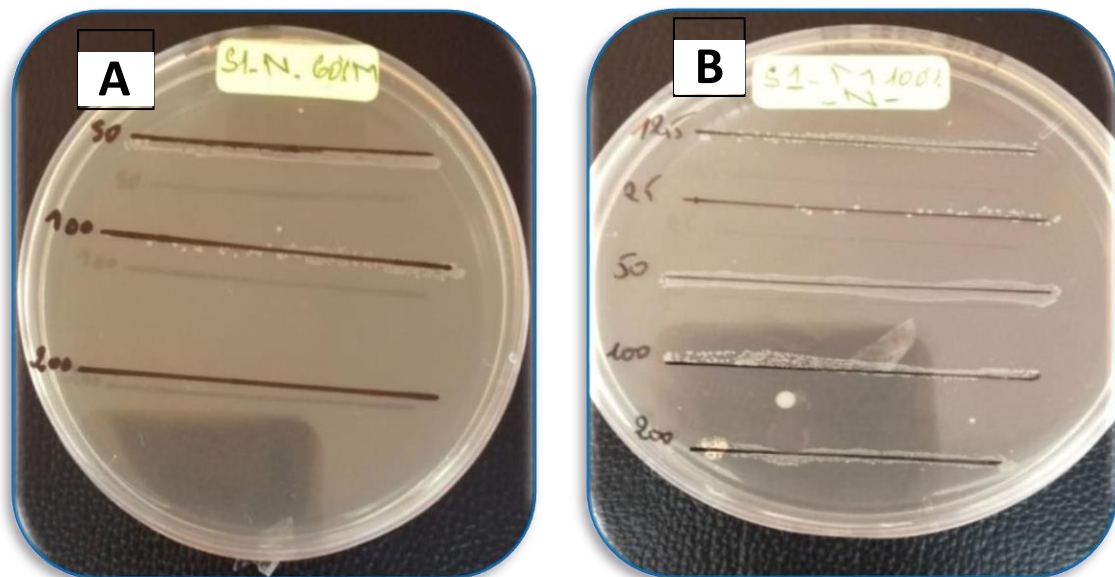
-Le paramètre bactériostatique ou bactéricide d'un extrait des feuilles naturelles et commercialisées est calculé par le rapport **CMB/CMI (Eberlin 1994)** :

CMB/CMI (mg/ml)  $\geq$  4 bactériostatique

CMB/CMI (mg/ml)  $<$  4 bactéricide

CMB/CMI (mg/ml) = 1 bactéricide

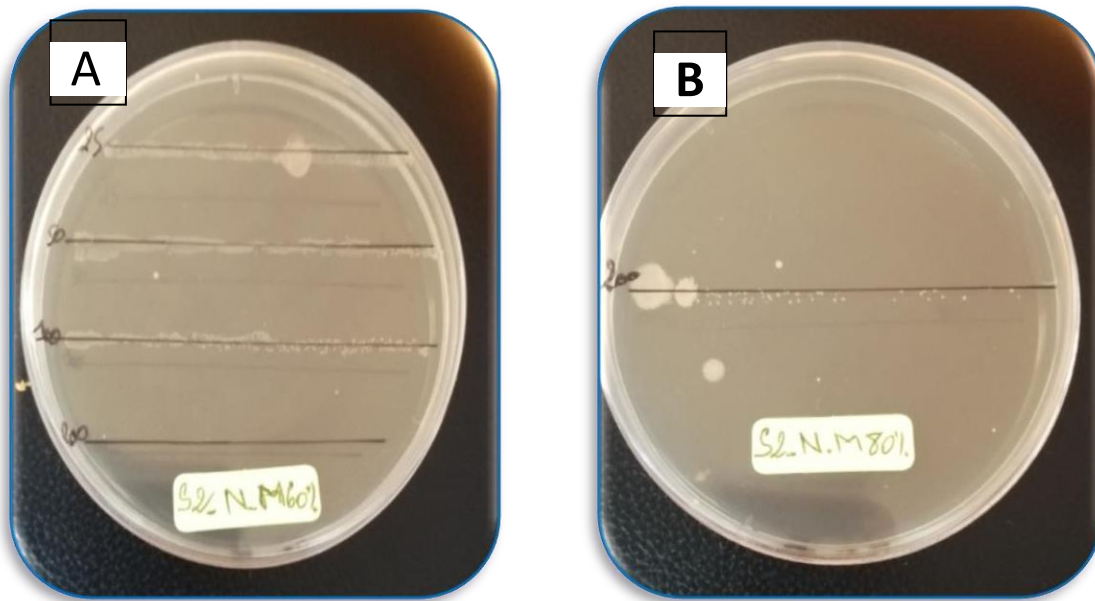
-Les CMB des extraits des feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera* obtenues sont représentées dans les figures suivant :



**Figure 57:** CMB des extraits méthanolique (A:M60%) ; (B:M100%) des feuilles naturelles pour *E.coli*.

-A: extraits M60% = CMB/CMI = 200/50 = 4  $\longrightarrow$  effet *bactériostatique*

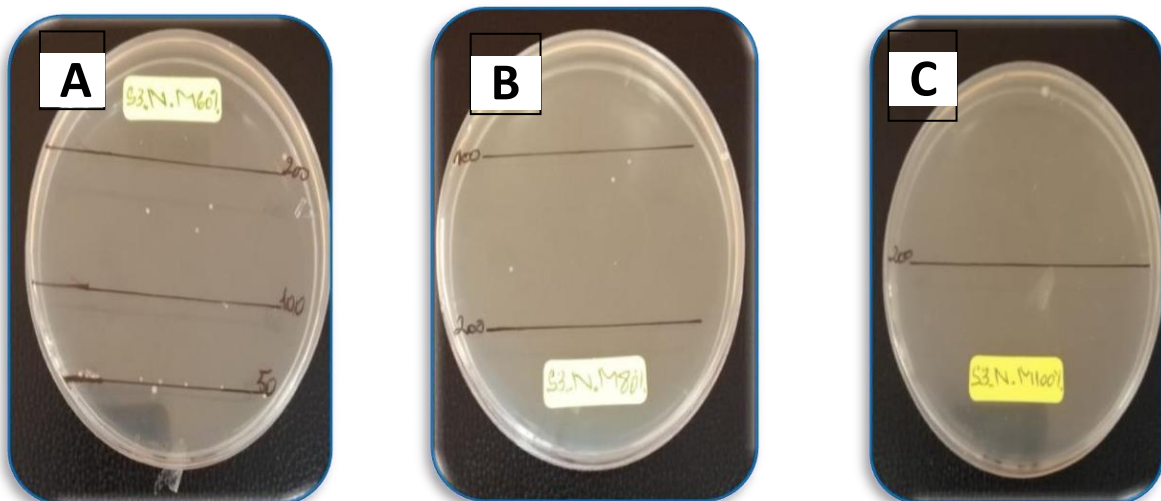
-B: extraits M100% = CMB/CMI  $\longrightarrow$  *indéterminé*



**Figure 58:** CMB des extraits méthanoliques (A:60M%);( B:M80%) des feuilles naturelles pour *Proteus mirabilis*.

-A: extraits M60% =  $CMB/CMI = 200/25 = 8$   $\longrightarrow$  effet *bactériostatique*

-B: extraits M80% =  $CMB/CMI$   $\longrightarrow$  *indéterminé*

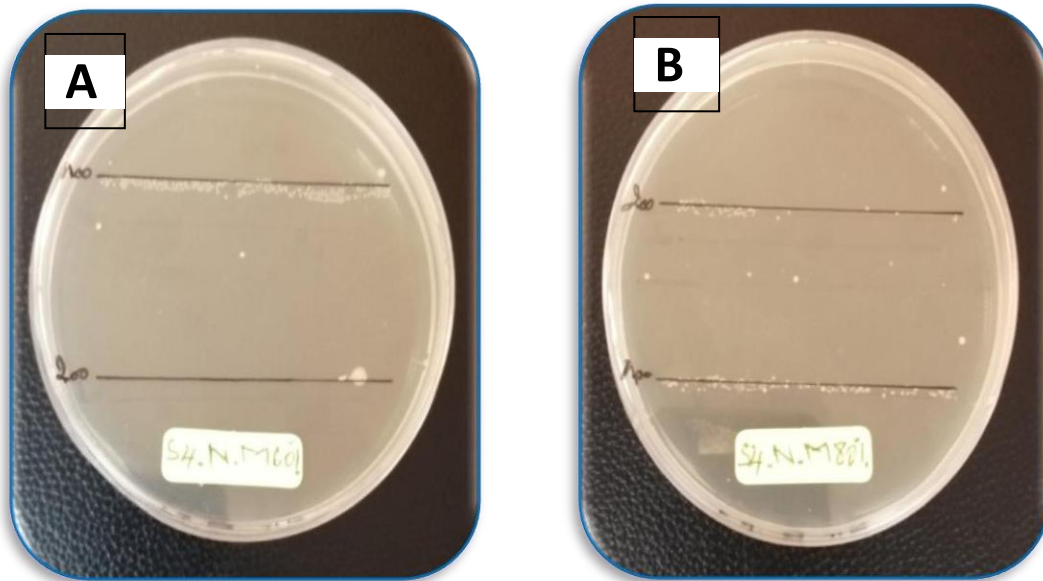


**Figure 59 :** CMB des extraits méthanoliques (A:M60%) ;(B:M80%) ; (C:M100%) des feuilles naturelles pour *Salmonella typhi*.

-A: extraits M60% =  $CMB/CMI = 200/50 = 4$   $\longrightarrow$  effet *bactériostatique*

-B: extraits M80% =  $CMB=CMI$   $\longrightarrow$  effet *bactéricide*

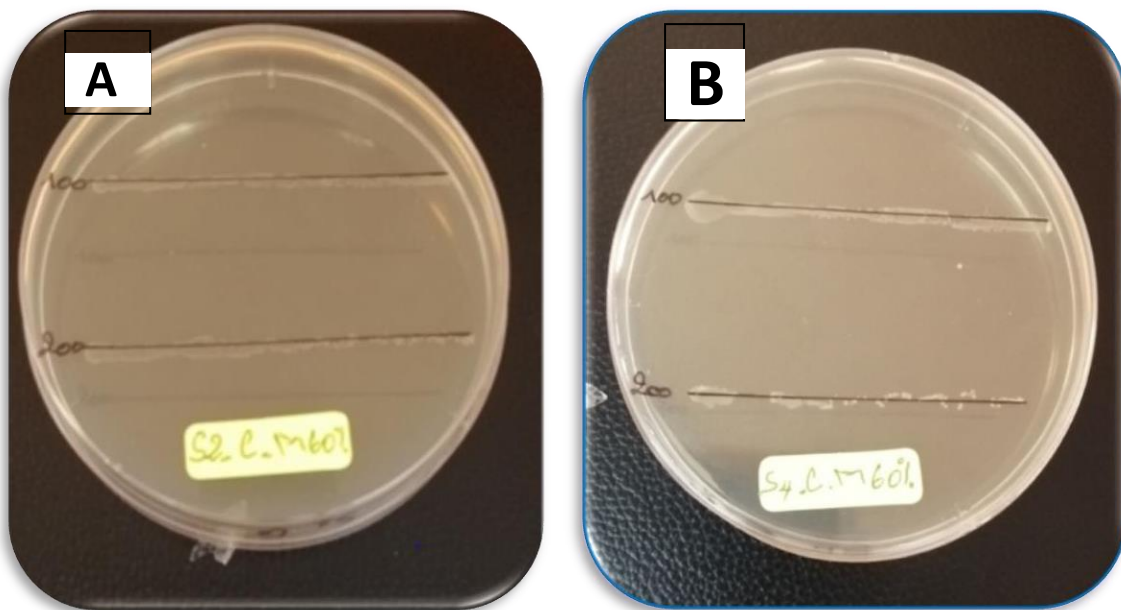
-C: extraits m M100% =  $CMB/CMI = 200/200 = 1$   $\longrightarrow$  effet *bactéricide*



**Figure 60** : CMB des extraits méthanoliques (A:M60%) ;(B:M80% ) des feuilles naturelles pour *klebsiella pneumoniae*.

-A: extraits M60% = CMB/CMI =  $200/100 = 2$   $\longrightarrow$  effet **bactéricide**

-B: extraits M80% = CMB/CMI  $\longrightarrow$  **indéterminé**



**Figure 61**: CMB des extraits méthanoliques (M60%) des feuilles commercialisées pour *Salmonella typhi* (A), pour *klebsiella pneumoniae* (B).

- A: extraits M60% = CMB/CMI  $\longrightarrow$  **indéterminé**

- B: extraits M60% = CMB/CMI  $\longrightarrow$  **indéterminé**

## V. Discussions

Dans le présent travail nous nous sommes intéressés dans un premier temps à déterminer la composition phénolique des extraits de feuilles naturelles et commercialisée de *Moringa oleifera* et étudier l'activité antibactérienne de ces extraits et faire la comparaison entre eux.

En générale, les rendements des extraits secs varient en fonction de plusieurs paramètres peuvent conduire à une réduction très significative de certaines molécules (**Ouédraogo et al., 2018**), tels que : le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (**Do et al., 2014**), et la température, le solvant d'extraction, la taille des particules et le coefficient de diffusion du solvant (**Fertout et al., 2016**) et de la durée du stockage et de la période de la récolte (**Haddouchi et al., 2016**).

On observe que le meilleur rendement le plus importants a été marqué pour extraits méthanolique M60% de pourcentage de **54.48%** pour les feuilles naturelles et de **25.28%** pour les feuilles commercialisés par contre les résultats de **Bedhouche et Bouhoui, 2018** ont montré que Le meilleur rendement était avec l'eau distillée.

Les différents dosages colorimétriques réalisées, pour les extraits méthanoliques et aqueux des feuilles naturelles et commercialisées confirment la présence de plusieurs classes de composés phénoliques (phénols totaux solubles, flavonoïdes, tannins condensée).

La richesse des extraits méthanoliques et aqueux des feuilles naturelles en polyphénols est en accord avec d'autres études : **Baba et al., (2015)**; **Bedhouche et Bouhoui, (2018)**; **Sreelatha et Padma, (2009)**; **Moyo et al., (2011)**; **Rezgui et Chentouf, (2019)**.

Quel que soit le solvant utilisé (ED, M100% , M80% , M60%) les résultats obtenus indiquent que les feuilles naturelles sont plus riches en polyphénols que les feuilles commercialisées avec les teneurs suivantes : ( 4.688 mg E. AG/g MS, 3.547 mg E. AG/g MS , **5.271 mg E. AG/gMS** , **6.413 mg E. AG/g MS**) par contre (3.311 mg E. AG/g MS , 3.468 mg E. AG/g MS , 3.870 mg E. AG/g MS, 4.562mg E AG/g MS ) dans l'ordre .

A la lumière des Résultats obtenus, nous pouvons dire que la quantité des polyphénols présente dans les extraits méthanoliques (M60%, M80%) est plus élevée que dans les extraits méthanolique (M100%) et donc la méthode de solvant binaire (M60%, M80%) est plus appropriée et efficace pour l'extraction que la méthode de solvants purs (M100%). Les résultats s'accordent avec ceux de **Chikh et Idir, (2015)** et de **Yang et Zhang , (2008)** et **Bedhouche et Bouhoui, (2018)** .

Notre étude exprime que les feuilles naturelles de *M. oleifera* sont riches en flavonoïde c'est ce qu'il est confirmé par **Siddhuraju et Becker (2003)** et **Kasolo et al., (2010)** et **Charoensin (2014)**. La teneur en flavonoïde des extraits des feuilles commercialisées est plus élevée que les extraits des feuilles naturelles. Les concentrations (25.21 mg E. Qr/g Ech pour les feuilles commercialisées et 19.86 mg E. Qr/g Ech pour les feuilles naturelles).les plus importantes ont été enregistrées pour le solvant M80%.

Par contre, l'extrait ED et M60% présente la plus faible teneur en flavonoïde des feuilles de *M. oleifera*. La différence dans le contenu en flavonoïde varie en fonction du solvant d'extraction (M100%, M80%, M60% et ED), et aussi en fonction de l'échantillon (extraits de feuilles naturelles et commercialisées), ces résultats s'accordent avec **Bedhouche et Bouhoui, (2018)**.

**Foidl et al., (2001)** révèlent que les feuilles fraîches contiennent des quantités faibles à négligeables en tanins, Ce qui explique la faible teneur en tanins des feuilles de *M. oleifera* testé dans notre étude.

Les résultats de la teneur indiquent que les extraits (M60% et ED) des feuilles naturelles ont une faible teneur en tanins (3.25 mg E .C/g MS ; 2 mg E. C/g MS). et que les extraits de feuilles commercialisées contiennent des quantités négligeables (-1 mg E.C/g MS ; 0.5 mg E.C/g MS). par contre à l'extrait M100% des feuilles naturelles et commercialisée ont enregistré des valeurs en ordre de (12.5 mg E.C/g MS ; 7 mg E .C/g MS).

Les valeurs les plus importantes ont été marquées par L'extrait M80% avec des concentrations de l'ordre de 30.5 mg E.C/g MS pour les feuilles naturelles et de (21 mg E.C/g MS) pour les feuilles commercialisées.

Par ici, la teneur en composés phénoliques (particulièrement les phénols solubles totaux, flavonoïdes, tanins), sont importantes et variées quantitativement entre les feuilles naturelles et commercialisées de *M. oleifera*, Cette variabilité peut être liée à plusieurs facteurs:

-Les conditions climatiques et géographiques, des conditions de culture et le degré de maturité (**Vasileios et al., 2010 ; Ebrahimi et al., 2008**).

-Le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (**Miliauskas et al., 2004**).

-On ajoute les moyens de préparation des feuilles et l'effet de la commercialisation et les conditions et à la durée de stockage.

Les résultats de l'antibiogramme ont révélés que la souche *E.Coli* est sensible vis-à-vis Fusidic et Nitroxoline et Vancomycine et résistante contre Ampicilline, Dindanycin, Spironycin, Cefotaxime, Oxacilline, Céfixime par contre les donne de l'étude de **Bedhouche et Bouhoui, 2018**. A montré que *E.Coli* était sensible aux céfotaxime, nitroxolline, et Résistante aux ampicillines.

*Proteus mirabilis* est sensible aux Fusidic et Nitroxoline et Vancomycine et résistante aux Spironycin, Oxacilline, Cefotaxime, Céfixime Dindanycin,)c 'est résultats s'accorde avec les bibliographies de **Mameri, (2011)** qui indique que la souche *Proteus mirabilis est* résistante aux Spironycin, Dindanycin, Nitroxoline.

*Salmonella typhi est* sensible aux Fusidic et Nitroxoline et Vancomycine, Cefotaxime, Spironycin et résistante aux Dindanycin, Céfixime

*Klebsiella pneumoniae* est sensible aux Nitroxoline et Vancomycine, Dindanycin, Spironycin, ce les mêmes résultats obtenue par **Amir, (2014)**

Les résultats montrent que les extraits de feuilles naturelles sont active sur *S. typhi* et *P. mirabilis* et *k. pneumoniae*. Par ailleurs les extraits de feuilles commercialisées de *M. oleifera* manifestent des effets inhibiteurs vis-à-vis de *E. coli* et *P. mirabilis* et *k. pneumoniae*.

Dans la présente étude, les fractions de l'extraits aqueux des feuilles naturelles et commercialisées de *M.oleifera* se sont révélés inactifs sur la souche *E.coli* ces résultats s'approches avec nombreux auteurs qui ont montré que l'extraits aqueux des feuilles de *M.oleifera* n'ont aucun effet antibactérien sur *E.coli* ( **Kumar et al., 2011; Bedhouche et Bouhoui, 2018 ;Boudran et Boukedroun , 2016** ).

Extraits méthanoliques (M100% ; M80%) des feuilles naturelles et commercialisées de *M.oleifera* se sont révélés inactifs sur la souche *E. coli* quel que soit la concentration, ceci s'accorder avec l'étude de **Bedhouche et Bouhoui, (2018)**. Par contre à l'extrait méthanoliques (M60%), *E.coli* est sensible à partir de différents concentration (100mg/ml;50mg/ml;25mg/ml) de diamètre de l'ordre (13mm, 9mm, 6mm) des feuilles naturelles, en revanche à l'extraits méthanoliques (M60%) des feuilles commercialisées à un effet antibactérienne avec des zones d'inhibitions de l'ordre de (15mm, 12mm, 9mm).

Le pouvoir antibactérien le plus faible été marqué avec l'extrait aqueux des feuilles naturelles et commercialisées vis-à-vis tous les souches testé à partir des zones d'inhibition, de différentes diamètres de l'ordre de 10mm, 15mm contre *P.mirabilis* d'une concentration de

200mg/ml et de diamètres de 10mm, 8mm contre *S. typhi* ; 13mm, 14mm contre *K. pneumoniae* respectivement. Cette différenciation des zones d'inhibitions dépend de la capacité de diffusion de substances (présentes dans les extraits méthanolique et aqueux des feuilles de *M. oleifera*) dans le milieu de gélose, activité antimicrobienne des substances diffusées, la croissance et activité métabolique des micro-organismes dans le milieu (**Bandeira, 2006**).

L'extrait de feuilles naturelles de *M. oleifera* (M100%) inhibe la croissance de *P. mirabilis* à partir des concentrations de 200 mg/ml a une zone d'inhibition de (10mm) et de *S. typhi* à une concentration de 200 mg/ml avec une zone d'inhibition de (8mm), par contre ces deux souches ont été marquée résistante contre L'extrait de feuilles commercialisées .

La meilleure activité antibactérienne est avec l'extraits (M60%) des feuilles naturelles contre les souches *E. coli* ; *P. mirabilis* ; *S. typhi* ; *k. pneumonie* par rapport à les feuilles commercialisées à un effet antibactérien contre la plus part des souches sauf *S. typhi* ne possèdent aucune activité inhibitrice. ces résultats confirmés par les littératures de (**Millogo et al., 2009**) dit que les feuilles de *Moringa* sont plus efficaces contre les bactéries quand elles sont consommées à l'état frais.

A partir de ces résultats et selon (**Harrar, 2012**) on conclue que les polyphénols est essentiellement les tanins et les flavonoïdes peuvent augmenter le pouvoir des extraits envers les micro-organismes. Soit par l'inhibition des enzymes extracellulaires microbiennes, l'inhibition du métabolisme microbien (**Daglia, 2011**), soit par la dégradation de la paroi cellulaire, l'influence de la synthèse de l'ADN et l'ARN (**Zhang et al., 2009**).

Pour la CMI, qui enregistrées par les extraits méthanolique et aqueux de feuilles naturelles de *M. oleifera* varient entre 12,5 µg/ml et 200µg/ml. Les résultats des concentrations minimales inhibitrices obtenues montrent que *Salmonella typhi* est plus sensible aux extraits de feuilles naturelles de *M. oleifera* .

La CMI la plus faible (12,5mg/ml) est enregistrée avec l'extrait M100% .La plus grande CMI de 50mg/ml a été enregistré avec l'extrait M60% pour *E. coli*.

Concernant, *Proteus mirabilis* La CMI la plus faible (25mg/ml) est enregistré avec l'extrait M60% .La plus grande CMI a été enregistré avec l'extrait M80%.

Les extraits M60% et M80% de feuilles de *M. oleifera* pour *klebsiella pneumoniae* présentent une même valeur de CMI (100 mg/ml).

Et pour les extraits aqueux et méthanolique des feuilles commercialisées de *M. oleifera* ne enregistré aucun valeur de CMI sur l'ensemble des bactéries testées, sauf extraits M60 %

qui présente une mêmes valeur de CMI sur *klebsiella pneumoniae* ; *E.coli* ; *Proteus mirabilis*.

La détermination du pouvoir bactériostatique ou bactéricide est fait par la calcule de rapport **CMB/CMI**.

Le rapport d'activité CMB/CMI pour toutes les souches étudiées varie entre un (1) et quatre (4). Selon **Marmonier (1990)** et **Eberlin (1994)**, qui noté que tous extraits est supérieur à 4 ce qui leur confère un pouvoir bactériostatique, et tous extraits qui inférieur à 4 est considéré comme bactéricide, et donc on conclure que l'extraits des feuilles naturelles confère par fois une activité bactériostatique et par fois une activité bactéricide selon le solvant. Par contre les feuilles commercialisées ne confèrent aucune activité bactérienne.



**CONCLUSION**

L'Algérie est très riche des plantes médicinales diverses et rares. En raison de ses vastes étendues et de ses nombreux climats : marin, continental, désertique, cette richesse végétale a une valeur économique qui ne peut être négligée ou dépréciée, car ces plants représentent une source inépuisable de substances bioactives. Parmi ces plantes rares le *Moringa oleifera*.

L'objectif principale de ce travail consiste à étudier : l'extraction des composés phénoliques des feuilles naturelles et commercialisé de *M.oleifera* et l'évaluation de pouvoir antibactérienne des extraits méthanolique et aqueux vis-à-vis quatre bactéries pathogènes (*E. coli* et *Salmonella typhi* et *Proteus mirabilis* et *klebsiella pneumoniae*).

L'extraction de principes actifs, dépend de la méthode de macération et du solvant approprié. Dans cette étude, il ressort que le système de solvant binaire (M60%, M80%) est plus efficace et favorable pour l'extraction que le système de solvants purs (M100% et ED).

Les teneurs en composés phénoliques ont été déterminée par les dosages colorimétrique, et ont indiqué que les extraits de feuilles naturelles sont plus riches en PTS et en tanins condensés, alors que le contraire à été marqué pour les flavonoïdes.

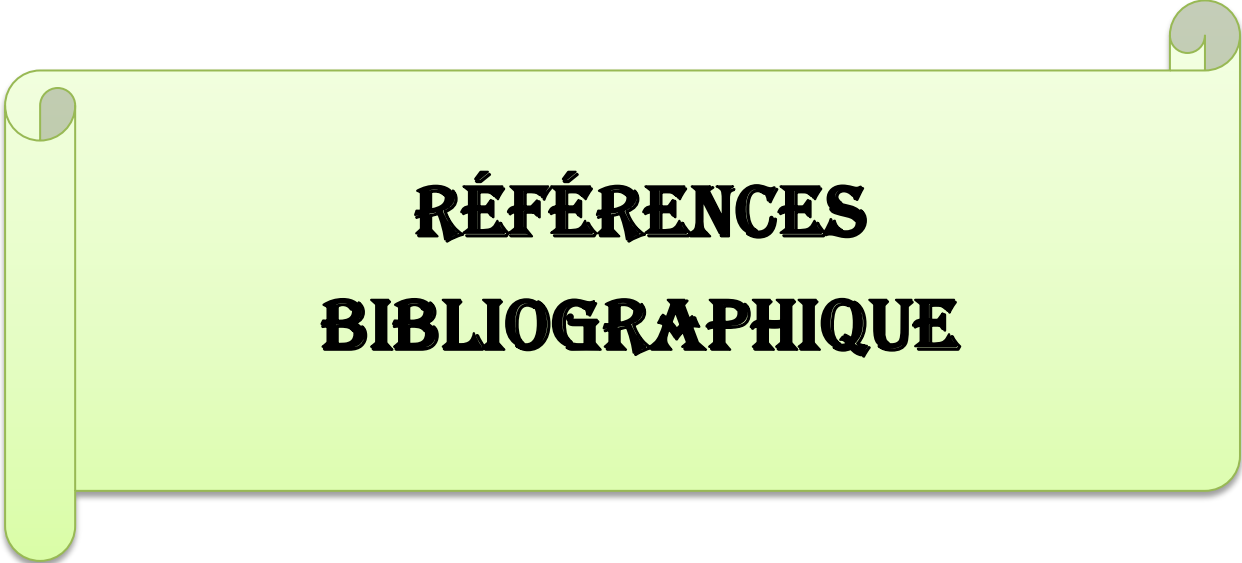
L'étude biologique montre que le pouvoir antibactérien diffère d'un extrait à l'autre selon la concentration et le solvant utilisé.

L'évaluation de l'activité antibactérienne par la détermination des CMI et des CMB révèle que les feuilles naturelles a des effets parfois bactériostatique et parfois bactéricide mais pour les feuilles commercialisé n'a été enregistrée aucune effet.

La différenciation entre les feuilles naturelles et commercialisées due aux plusieurs facteurs tels que : mode de séchage, la technique utilisé pour le broyage, la récolte, mode de conservation, l'âge de la plante.

Il serait intéressant pour compléter cette étude de :

- ✓ Une quantification et identification des composés de nos substrats expérimentaux.
- ✓ Faire un screening phytochimique complet afin de révéler la présence ou l'absence D'autre métabolites secondaires (saponosides, cires...etc.).
- ✓ Elargir le spectre d'étude en étudiant des plantes d'autres régions à des fins comparatives.
- ✓ Une optimisation des différentes extractions ; et sur d'autre espèce de Moringa (*Moringa arborea* ; *Moringa borziana* ; *Moringa concanensis*).
- ✓ Elargir l'étude de l'activité antimicrobienne sur d'autres souches bactériennes pathogènes et d'autres microorganismes notamment les champignons et les parasites.
- ✓ Il serait aussi intéressant de faire des associations entre ces extraits pour voir d'éventuel effet synergique.



**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUE**

-A-

**Abdelraouf K, Braggs KH, Yin T, Truong LD, Hu M, Tam VH. (2012).** Characterization of polymyxin B-induced nephrotoxicity: implications for dosing regimen design. *Antimicrob Agents Chemother* 56:4625–4629.

**Abderrazak M et Joel R,(2007).** La botanique de A à Z, Ed : Dunod, Paris, p177.)

**Abdul Hannan Md, Ji-Young K, Mohibullah Md, Yong-Kih, Hyunsook L, Jaesuk C, In soon C , et Il soo M. (2014).** *Moringa oleifera* with promising neuronal survival and neurite outgrowth promoting potentials. *Journal of Ethnopharmacology*.152: 142-150.

**Aberra M. (2011).** Comparative assessment on chemical compositions and feeding values of leaves of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* using in vitro gas production method. *Ethiop.J.Appl.Sci.Technol*.2(2): 31-41.

**Aboya Moroh J.L. (2013).** Résistance bactérienne et phytomolécules antimicrobiennes issues de *Morinda morindoides*. Agricultural sciences. Thèse de Doctorat. Université de Bretagne occidentale – Brest ; Université Félix Houphouët- Bobigny. France. 214pp.

**Ahoyo A T, Baba-Moussa L , Anago A E, Avogbe P, Missihoun T D , Loko F , Prevost G, Sanni A et Dramane K. (2007).** Incidence d'infections liées à *Escherichia coli* producteur de  $\beta$ -lactamase à spectre élargi au Centre hospitalier départemental du Zou et Collines au Bénin. Médecine et maladies infectieuses.

**Aho I M et Lagasi J E. (2012).** A new water treatment system using *Moringa oleifera* seed, *American journal of scientific and industrial research*, V3, N 6, 487- 492 ,Nigeria.

**Agroconsult, (2016).** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du *Moringa* en Haïti, ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural. p 211.

**Agroconsult Haiti S A. (2016).** Analyse des potentialités de l'exploitation du *Moringa* en Haïti, Ministère de l'agriculture des ressources naturelles et du développement rural REZO MORINGA DOLIV AYITI.

**Agroconsult H . (2016).** Analyse des Potentialités de l'Exploitation du *Moringa* en Haïti, Rapport final, BANQUE DE LA REPUBLIQUE D'HAÏTI, 191p.

**Agostini- Costa T , Vieira R F , Bizzot H R , Silveira D , et Gimenes M A. (2012).** Secondary metabolites. *Chromatography and its application*.132-164.

**Akharaiyi FC , et Boboye B . (2010).** *Journal of Nat. Prod.* (3) 27-34.

**Aldred KJ, Kerns RJ, Osheroff N. (2014).** Mechanism of quinolone action and resistance. *Biochemistry* 53:1565–1574.

**Alexandre Klein. Jean-Paul Vuillemin (1861-1932)** .l'inventeur nancéien du concept d'antibiotique. Le Pays lorrain, 2012, 2012/1, pp.55-60. fihal-00984423f.

**Allioua A. (2015).** Les staphylocoques : sensibilité aux antibiotiques et profil moléculaire de LOZNIEWSKI A , RABAUD C. Résistance bactérienne aux antibiotiques. Nancy: CCLIN Sud-Est – juillet 2010.

## Références bibliographique

---

**Alhakmani F, Kumar S, et Alam Khan Sh. (2013).** Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pac J Trop Biomed.* 3(8): 623-627.

**Amjad M S, Qureshi H, Arshad M, Chaudhari SK et Masood M, (2015).**The incredible queen of green: Nutritive value and therapeutic potential of *Moringa oleifera* Lam. *Journal of Coastal Life Medicine* , 3(9): 744-751.

**Amir A .(2014).** Activité antagoniste de deux souches de *Streptomyces* à l'égard d'une nouvelle collection. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master de l'université de Abderrahmane MIRA de Bejaia.

**Anita S, Sujatha P, Prabhudas P, (2012) .** Efficacy of pulverised leaves of *Annona squamosa* (L.), *Moringa oleifera* (Lam.) and *Eucalyptus globulus* (Labill.) against the stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Recent Research in Science and Technology.* 4: 19-23.

**Aref M et Heded M .(2015) :** Contribution à l'étude phytochimique, les activités biologique (Antioxydante et Antibactérienne) d'une plante médicinale *Cleome arabica* L (Région d'Oued Souf). Université echahid hamma lakhdar d'el-oued faculté des sciences de la nature et de la vie département de biologie cellulaire et moléculaire. 59 pages.

**Atakpama W, Kponor E G E, Kanda M, Dourma M , Nare M , BatawilaK et Akpagana K. (2014).** *Moringa oleifera lamarck* (moringaceae): une ressource phytogénétique à usage multiple. *REV. Cames.* 2.

**Atefeibu E S I. (2002).** Contribution a l'étude des tanins et de l'activité antibactérienne d'*Acacia Nilotica* Var *Andesonii*. Mémoire de Doctorat en pharmacie, Université cheikh Anta Diop, Dakar. Cité par Boudjellal, K.H. (2009).

**Azmoun S. (2016).** Epidémiologie de la résistance bactérienne aux antibiotiques au CHU de Marrakech. Thèse de doctorat en Médecine. Université Cadi Ayyad de Marrakech. 117pp

**Azmir J , Zaidul I S M , Rahman M M , Sharif K M , Mohamed A , Sahena F , Jahurul M H A , Ghafoor K , Norulaini N A N , Omar A K M. (2013):** Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering.* 117: 426–436.

**Azeez F A , Famuyid O O , Nosiru M O , Bello G T , Clement N A et Amoon M O. (2013).** Technical efficiency of *Moringa oleifera* production in Isokan local government area of osun state, Nigeria. *Discourse Journal of Agriculture and Food sciences.* 1(2):78-84.

### -B-

**Baba M D , Yakubu , Yelwa G, J.M. and Haruna L. (2015).** Costs and Returns of *Moringa (Moringa oleifera)* Production in Zuru Local Government Area of Kebbi State, Nigeria. *New York Sci. J.* 8(1): 36-40.

**Bandeira M F C L , Teixeira M F S , Abinader C D , Parente R C and Lima P S L.(2006).** Avaliacao in vitro da sensibilidade da *Candida albicans* ao hidroxido de calico associado ao oleo de copaiba. *Review Dentçstica,* 6, 12-22.

## Références bibliographique

---

- Bate-Smith, E. (1973).** Tannins of herbaceous leguminosae. *Phytochemistry* (12) : 1809-1812.
- Battraud P. (2017).** La résistance aux antibiotiques, un mythe ou une réalité . thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Lille 2.
- Bayé-Niwah C , et Mapongmetsem P M. (2014).** Seed germination and initial growth in *Moringa oleifera* Lam. 1785 (Moringaceae) in Sudano-sahelian zone. *Int. Res. J. Plant Sci.* 5 (2): 23-29.
- Bedhouche N , Bouhoui Ch ,(2018).** Evaluation de l'activité antioxydante et de l'activité antibactérienne des extraits de *Moringa oleifera*. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master de l'université de Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- Bello H. (2010).** Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans L'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal : Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Dakar.
- Benali A, Madjene F, Chergui A. (2016 ).** Récupération des métaux lourds par *Moringa oleifera* et Photocatalyse Cuivre et Nickel, Editions universitaires europeennes. P 68
- Benabdallah A , Rahmoune C , Boumendjel M , Aissi O et Messaoud C. (2016).**Total phenolic content and antioxidant activity of six wild Mentha species (Lamiaceae)from northeast of Algeria. *Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(9):762-780.
- Bennett A S , et Anex R P. (2009).** Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest. *Bioresource Technology* , volume 100, p. 1595-1607.
- Bergougnot V. (2005).** Biosynthèse et sécrétion du parfum chez Rosa x hybrida L. Thèse de Doctorat, Académie de Lyon, France.
- Ben Salem H , et Makkar H. (2009).** Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 150: 27-33.
- Benyoucef S et Harrache Dj. (2014).** Caractérisation de la microstructure de sciure de bois de pin sylvestre "Pinus sylvestris" (Microstructure characterization of scots pine "Pinus sylvestris"sawdust). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3): 765-772.
- Beth D. (2005) .**Moringa Water Treatment. An ECHO Technical Note. Internet: [www.echotech.org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat.pdf](http://www.echotech.org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat.pdf) (consulté le 4 Mars 2018).
- Beth D et Echo S. (2005).** Moringa water treatment. *ECHO Technical Note*.
- Bidima I M. ( 2016) .** Production et transformation du Moringa. Collection pro-agro, 38 p
- Bichi M H , Agunwamba J G , Muyibi S H et Abdulkarim M I. (2013) .**Effect of Extraction Method on the Antimicrobial Activity of *Moringa Oleifera* Seeds Extract. *Journal of American Science*; 8(9): 450 -457.

## Références bibliographique

---

**Boizot N and Charpentier J P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des techniques de l'Inra. pp 79-82. (cited in DjemaiZoueglache S, 2008).

**Boukandoul S , Casal S and Zaidi F.(2019).** Moringa oleifera seed oil: Production, uses and health benefits. In:Hong,N.Kh.D.(Ed.),Seed oil: Production,uses and benefits.NovaScience Publishers, New York, 2018. 1–27.

**Boumaza D. (2011).** Séparation et caractérisation chimique de quelques biomolécules actives de deux plantes médicinales : Inula viscosa, Rosmarinus officinalis de la région d'Oran. Mémoire de magister, Université. Mohamed Boudiaf, Oran. 39 p.

**Boumediou A et Addoun S. (2017).** Etude ethnobotanique sur l'usage des plantes toxiques, en médecine traditionnelle, dans la ville de Tlemcen (Algérie). Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de docteur en pharmacie. Université Abou Bakr Belkaïd-Tlemcen.67p.

**Boutamani M. (2013).** Etude de la variation du rendement et de la composition chimique du Curcuma longa et Myristica fragrans en fonction du temps et de la technique utilisée. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger.2013.

**Boutal H. (2017).** Développement et validation de tests de détection rapide de la résistance aux antibiotiques. Thèse de Doctorat. Université Paris-Saclay. France. 243P.

**Bourgaud F, Gravot A , Milesi S et Gontier E. (2001).** Production of plant secondary metabolites: ahistorical perspective. *Plant Science*. 161: 839–851.

**Boussoufa N. (2018).** Effet des extraits de Moringa oleifera sur les isolats des staphylocoques à coagulase négative, microbiologie appliquée.

**Broin M , Saint-sauveur A. (2010).**produire et transformer les feuilles de Moringa In Moringa Association of Ghana.

**Broin M. (2005).** Composition nutritionnelles des feuilles de Moringa oleifera. CTA, 5p.

**Bruneton J. (2008).** Acides phénols. In: Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris. p 198-260.

**Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 4ème édition Tec and doc, p.567-592, ISBN: 978-2-7430-1188-8.

**Bruneton J .(2015).** Pharmacognosie (5° Éd.) Phytochimie - Plantes médicinales, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. 1504pp.

**Budic-Letoc I , Lovric T , Pezo I and Klujuzuric J G. (2005).** Study of dynamics of polyphenol extraction during traditional and advanced maceration processes of the babic grape variety. *Food Technology and Biotechnology*, 43(1), 47- 53.

-C-

**Caniova A and Brandsteterova E .(2001)** .HPLC Analysis of Phenolic Acids in Melissa Officinalis, J. Liq. Chrom and Rel Technol. 24 (17) 2647 – 2659.

- Caquet R. (2004).** 250 Examens de laboratoire : Prescription et interprétation. Ed. Masson. Paris. 453p.
- Carvalho RN , Moura LS , Rosa, PTV , Meireles MAA . (2005).** Supercritical fluid extraction from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) : Kinetic data, extract's global yield, composition, and antioxidant activity. *J. of Supercritical Fluids.* 35, 197-204.
- Charoensin S. (2014).** Antioxydant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. *Journal of Medicinal plant Research.* 8 (7): 318-325.
- Cavallo J D, Fabre R , RAPP C et Garrabe E. (2004)** .Bêtalactamines, EMC- Maladies infectieuses.
- Chan Y Y, Ong Y M , and Chua K L. (2007).** Synergistic interaction between phenothiazines and antimicrobial agents against *Burkholderia pseudomallei*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 51, 623–630.
- Charlier P, Coyette J, Dehareng D, Dive G, Duez C, Dusart J et al (1998).** Résistance bactérienne aux  $\beta$ -lactamines. *Synthèse. médecine/sciences.* ; 14 : 544-55.
- Chemat F. (2014).** Eco-extraction du végétal: Procédés innovants et solvants alternatifs. Dunod, 322 p., p. 1-26 et 91-117.
- Chinenyenwa O MD et Godson A REE. (2017).** Bio-insecticidal efficacy of *Moringa oleifera* on the malaria vector, *Anopheles* and toxicity evaluation on fish behavior, *International Journal of Mosquito Research;* 4(2): 85-92.
- Chira K , Such J , Saucier C , Teissèdre L. (2008).** Les polyphénols du raisin. Ed : Springer. 6: 75-82.
- Chikh CH, Idir L. (2015).** Analyse phytochimique de Produits de *Moringa oleifera*. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master de l'université de Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- Choudhary M K , Boudakhe S H et Gupta S K . (2013).** Assessment of the antiulcer potential of *Moringa oleifera* root-bark extract in rats. *Journal of Acupuncture and meridian studies.* 6(4):214-220.
- Collin S , Crouzet J.(2011).** Polyphénols et procédés. Edition lavoisier, Tech &, DOC, Paris, France. P333.
- Conrad J , Vogler B , Klaiber I , Roos G , Walter U ,Kraus ET W. (1998).** Two triterpene esters from *Terminalia macroptera* bark. *Photochemistry* 48: 647 – 650p.
- Coppin JP, Xu Y, Chen H. Pan M-H , Ho C-T , Juliani R and Simon T E. (2013).** Determination of flavonoids by LC/MS and anti-inflammatory activity in *Moringa oleifera*. *J. Funct. Food.* 5:1892-1899.
- Costa, R.A, de Sousa O. V, Hofer E, Mafezoli J, Barbosa F. G et dos Fernandes Vieira R. H. S. (2017).** Thiocarbamates from *Moringa oleifera* Seeds Bioactive against Virulent and

## Références bibliographique

---

Multidrug-Resistant Vibrio Species Hindawi BioMed Research International, 6 pages, Brazil, ID 7963747.

**Cowan M M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12: 564-582.

**Crestini C. and Lange H. (2015).** A novel and efficient immobilised tannase coated by the layer-by-layer technique in the hydrolysis of gallotannins and ellagitannins. *Microchemical Journal*, volume 123, pp: 139–147.

**Croteau R , Kutchan T M , Lewis N G . (2000).** Natural products (Secondary metabolites), in: Buchanan, B., Grissem, W. and Jones, R. (Eds), *Biochemistry and molecular biology of plants*. American Society of Plant Nutrition, Rockville, 1250-1318.

**Charlier P , Coyette J , Dehareng D , Dive G , Duez C , Dusart J , Fonzé E , Fraipont, C , Frère J M , Galleni M , Goffin C, Joris B , Lamotte-Brasseur J , and Nguyen-Distèche M. (1998).** Résistance bactérienne aux  $\beta$ -lactamines. *Synthèse. médecine/sciences*. 14 : 544 55.

### **-D-**

**Daglia M. (2011).** Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 1-8.

**David MZ , Daum RS . (2014).** Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: epidemiology and clinical consequences of an emerging epidemic. *Clin Microbiol Rev* 23:616–87. doi:10.1128/CMR.00081-09.

**Debnath S , Bismas D , Ray K et Guha D . (2011).** *Moringa oleifera* induced potentiation of serotonin release by 5-HT<sub>3</sub> receptors in experimental ulcer model. *Phytomedicine*.18: 91-95.

**Delpha I. (2011).** *Moringa (moringa oleifera lam)* :current uses and pharmacological interest.

**Demoré B, Grare M, Duval R. (2012).** *Pharmacie clinique et thérapeutique* 4ème édition. Chapitre 40 : Généralités sur les antibiotiques par voie systémique et principes d'utilisation. Elsevier Masson.

**De Saint Sauveur A, Broin M .(2010) .** Produire et transformer les feuilles de *Moringa*, Imprimerie Horizon à Gémenos, 69.

**De Saint Sauveur A , Broin M, (2010).** Produire et transformer les feuilles du *moringa*, .*Moringanews/M oringa association of Ghana*. P 18-43.

**Diana J , et al , (2002).** Development and validation of an improved liquid chromatographic method for the analysis of oxytetracycline. *Chromatographia*, 56(5): p. 313-318.

**Dhakar R C , Maurya S D , Pooniya B K , Bairwa N , Gupta M , et Sanwarmal. (2011).** *Moringa*:The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*, 2(3), 119-125.

## Références bibliographique

---

**Djahra A B .(2015).** Etude Phytochimique Et Activité Antimicrobienne, Antioxydante, Antihépatotoxique Du Marrube Blanc Ou Marrubium Vulgare L. These En Vue De L'obtention Du Diplome De Doctorat En Science Université Badji Mokhtar – Annaba.

**DJERBOUA T. (2008)** Les antibiotiques. [Présentation]. Tizi-Ouzou, Algérie : s.n.

**Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D, Stocker P, Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*. 97(4):654-660.

**Do Q D , Angkawijaya A E , LanTran-Nguyen P , Huynh L H , SuryadiIsmadji F E , Yi-HsuJu. (2014).** Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Linnophila aromatic*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22, 296- 30.2.

**Dortet L, Bonnin R, Jousset A, Gauthier L, Naas T. (2016).** Émergence de la résistance à la colistine chez les entérobactéries : une brèche dans le dernier rempart contre la pan-résistance ! *J Anti-Infect* 18:139–159.

**Dumont E S , Bonhomme S , Fergus S . (2015) .** Guide technique d'agroforesterie pour la selection et la gestion des arbres au Nord-Kivu- République Democratique du Congo (RDC). 3D environment illustrations and lay out by Kamunya Johnson.

### **-E-**

**Éberlin T .(1994).** Les antibiotiques Classification, mode d'action, utilisation thérapeutique. Nathan. Paris. 88p.

**Ebrahimi S , Hadian J, (2008).** "Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages." *Food chemistry* **110** (4): 927- 931.

**El-Belghiti K , Rabhi Z , Vorobiev E. (2005).** Kinetic model of sugar diffusion from sugar beet tissue treated by pulsed electric field. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, volume 85, numéro 2, p213-218.

**El Brahimi R. (2013).** Profil épidémiologique et de résistance des bactéries multirésistantes au CHU Hassan II de Fés. Thèse de Doctorat en Médecine. Université sidi Mohamed Ben Abdellah .112pp

**Epote Ewane JC. (2014).** Analyse pharmaceutique de la prescription des antibiotiques a la pharmacie hospitalier du CHU Point G. Thèse de Doctorat. Université des Sciences, des Techniques, et des Technologie de Bamako .119pp.

### **-F-**

**Farooq A , Sajid L , Muhammad A et Anwarul H. (2007).** *Moringa oleifera*: A food plant with multiple Medicinal uses. *Phytotherapy Research*.21: 17-25.

## Références bibliographique

---

- Fauchere L, Avril j. (2002).** Microbiologie général et médicale. Edition ellipses. Paris. P : 141-319.
- Fekih N. (2015).** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre Pinus poussant en Algérie [thèse]. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid.
- Fertout-Mouri N , Latreche A , Mehdadi Z et Bengherraz Z. (2016).** Activité antibactérienne de quatre extraits de *Teucrium polium* L. du mont de Tessala (Algérie occidentale). Bulletin de la Société royale des Sciences de Liège, 85: 253-262.
- Foidl N , Makkar H P S et Becker K. (2001).** Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie. Potentiel de développement des produits du Moringa. Dar es-Salaam, Tanzanie.
- Fosseprez P , (2013)** . Antibiothérapie en pratique de ville: constat et réflexions sur le rôle du pharmacien d'officine dans la lutte contre l'antibiorésistance. 2013, Université de Lorraine.
- Fuglie L J. 2001.** Combating malnutrition with Moringa. Development potential for Moringa products. Dar es Salaam, Tanzanie.
- G-**
- Gagnaire A , et al , (2015).** Prise en charge des bactéries multi résistantes aux antibiotiques dans les établissements de santé. Feuillet de Biologie, 322.
- Gansmandel T. (2011).** Etude épidémiologique des résistances d'*Escherichia coli* BLSE au centre hospitalier de Valenciennes en 2006. Université du droit et de la santé (Lille). thèse. pharma. 145:N°: 2011LIL2E008.
- Georgewill O A , Georgewill U O , Nwankwoala R N P. (2010).** Antiinflammatory effects of *Moringa oleifera* lam extract in rats. *Asian. Pac. J. Trop. Med.* 3(2): 133-135.
- Ghestem A , Segun E , Paris M , et Orecchioni A M. (2001).** Le préparateur en pharmacie: Botanique-Pharmacognosie Phytothérapie-Homéopathie. Ed, Lavoisier Tec et Doc: Paris.
- Ghasemzadeh A, Ghasemzadeh N .(2011).** Effects of shading on synthesis and accumulation of polyphenolic compounds in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties. *J Med Plant Res* 5: 2435–2442.
- Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie* 4 :162-169.
- Gnangle P C , Glele kakai R , Oumorou M , N'djolosse K , Bonou W , et Sokpon N. (2010).** Tests de croissance de jeunes plants de Néré (*Parkia biglobosa*, Jack, R. Br.) en pépinière. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (6): 1939-1952.
- Goyal B R , Agrawal B B , Goyal R K et Mehta A A. (2007).** Phyto-pharmacology of *Moringa oleifera* Lam. 'OAn overview. *Natural Product Radianc*e.6 (4): 347-353.

**Guardabassi L , Lars B J and Hilde K. (2008).** Guide to Antimicrobial Use in Animals. Ed. Blackwell Pub. USA. 236 p.

**Guignard J L. (2000).** Biochimie végétal 2ème edition Dunod. 188 p.

**Guinoiseau E (2010).** Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action. Français.

### **-H-**

**Haddouchi F, Chaouche T M et Halla N. (2016).** Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolitique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. Phytothérapie. 1-9

**Handa S S .(2008).** An Overview of Extraction Techniques for Medicinal and Aromatic Plants. In: Handa S.S., Khanuja S.P.S., Longo G., Rakesh D.D. (Eds) Extraction Technologies, for Medicinal and Aromatic Plants. International Centre For Science and High Technology, Trieste, Italy , p :21-54.

**Hadolin M , Hras A R .(2004) .** Davorin Bauman and Zeljko Knez, Isolation and concentration of natural antioxidants with high-pressure extraction, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 5 ( 2) 245-248.

**Hameurlaine S. (2009).** Mise en évidence des huiles essentielles contenues dans les plantes *Pituranthos scoparius* et *Rhantherium adpressum* de la région de Ghardaïa. Ouargla, mémoire de magister.

**Harimalala A N , et Razanamparany L (2014).** Nutritional quality of fruit pastes enriched with *Moringa oleifera* leaves. *International Journal of Applied Science and Technology*. 4 (5).

**Harimalala Andriambelo N , Rasoarinanahary M , Hiol A , Remize F , Porphyre V, Razanamparany L . (2016) .** Composition phénolique et activité antioxydant à deux stades de développement des feuilles de *Moringa oleifera* ; Rencontre de l'Agroalimentaire en Océan Indien- 5ème édition. Université de la Réunion, Ecole Supérieur d'Ingénieurs Réunion Océan Indien Université d'Antananarivo.

**Harkati B . (2011).** Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plantes de la famille Astraceae : *Scorzonera aundulata* (Thèse de l'université Mentouri – Constantine).

**Harrar A E N . (2012).** Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Rhamnus alaternus* L. Thèse de Magister Biochimie et physiologie expérimentale, Université Ferhat Abbas, Sétif. Algérie. 73 p.

**Hartmann T. (2007).** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*. P:68.

**Hêdji et al. J Appl. Biosci. (2014) .** Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale ; Documente d'origine la *Journal of Applied Biosciences* 81:7277 – 7289 ISSN 1997–5902: Page 7280 – 7281.

## Références bibliographique

---

**Hnich H. (2017).** La résistance bactérienne : mécanismes et méthodes de détection au laboratoire. Thèse de Doctorat en Médecine. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah .272.149pp.

**Houndji B V S , Ouetchehou R , Londji S B M , Eamouzou K S S , Yehouenou B et Ahohuendo C B . (2013).** Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(1): 75-85.

**Hubert M , FAKEYE (2008) .**ÉTUDE DE FAISABILITÉ DU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE MORINGA OLEIFERA.Document d'origine la direction de la Coopération Suisse au Bénin. Page 14 , 18, 19, 28 , 29, 30, 31, 37.

### -I-

**Ijarotimi O S, Adeoti O A et Ariyo O . (2013):** Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleifera* seed flour. *Food Science & Nutrition* vol.1.No(6),pp. 452– 463 ; doi:10.1002/fsn3.70.

**Ignat I , Volf I , Popa V. (2011).** A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry.* 126, 1821-1835.

### -J-

**Jaiswal D , Kumar Rai P , Kumar A , Mehta S et Watal G. (2009).** Effect of *Moringa oleifera* therapy on hyperglycemic rats.*Journal of ethnopharmacology.*123:392-396.

**Jaiswal D , Rai P K , Mehta Sh , Chatterji S , Shukla S , Rai D K, Sharma G , Sharma B , khair Sh , et Watal G. (2013).** Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine.* 426-432.

**Jannot Y. (2008).** Isotherme de sorption: modèles et détermination.2p.

**Jed W. (2005).***Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutique, and prophylactic properties. *Part I. Trees for life journal.*

**Jehl F, Chomarat M, Tankovic J, Gérard A, Schrenzel J, Gutmann L, et al (2012).** De l'antibiogramme à la prescription. Marcy-l'Étoile: BioMérieux.

**Jiofack, T., Ayissi, I., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V. (2009).** Ethnobotany and phytomedicine of the upper Nyong Valley forest in Cameroon — *African Journal of Pharmacy and pharmacology*, 3 (4): 144-150.

**Joshi R C , Prasad V , Palada M C , Soriano H M , Kempis E C , Sanchez G C , Gatan M G B , (2016) .** *Moringa oleifera* in the Pacific Island Countries and Territories: uses and opportunities for food, nutrition, income and bio-energy security. *Agriculture for Development*, 27, 34-36.

### -K-

**Kabor A , Savadago B , Rosillon F , Straore A S et Dindou D.(2013).** Optimization de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne : cas des eaux du Burkina Faso. *Revue des sciences de l'eau /Journal of water science.*26(3) : 209-220.

**Kakengi A.M.V., Kaijage J.T., Sarwatt S.V., Mutayoba S.K., Shem M.N., t Fujihara T. (2007).** Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.* 9 (4). 446.

**Kaloustian J, Hadji-Minaglo F, (2012).** La connaissance des huiles essentielles : qualitologie et aromathérapie. Paris. Edition Springer.

**Karabay-Yavasoglu N U , Sukatar A , Ozdemir G and Horzum Z. (2007).** Antimicrobial Activity of volatile components and various extracts of the red alga *Janiarubens*. *Phyther. Res.* 21, 153-156.

**Karou D , Dicko M H , Simpure J , Traore A S. (2005).** Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *Afr. J. Biotechnol.* 4(8): 823-828.

**Kasolo J N , Bimenya G S , Ojok L , Ochieng J , Ogwal-Okeng J W. (2010.)** Mhytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. *J. med. plant Res.* 4(9) : 753-757.

**Kafuku G et Mbarawa M. (2010).** Alkaline catalyzed biodiesel production from *moringaoleifera* oil with optimized production parameters. *Applied energy.*87:2561-256.

**Kebièche M , Lakroun Z , Mraïhi Z , Soulimani R. (2011).** Effet antidiabétogène et cytoprotecteur de l'extrait butanolique de *Rununculus repens* et de la quecétine sur un modèle expérimental de diabète alloxanique. *Phytothérapie* : 1-9.

**Kesharwani S , Prasad P , Roy A et Kumar Sahu R. (2014).** An overview on phytochemistry and pharmacological explorations of *Moringa oleifera*. *UK Journal of pharmaceutical and Biosciences.*2(1): 34-41.

**Krief S. (2004).** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes* Références bibliographiques - 87 - *schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Mémoire de doctorat en écologie et chimie Des Substances Naturelles, Université De Muséum National.

**Kishida K . (2007).***Restricted-access media liquid chromatography for determination of sulfamonomethoxine, sulfadimethoxine, and their N4-acetyl metabolites in eggs.* *Food Chemistry*, 101(1): p. 281-285.

## Références bibliographique

---

**Kooltheat N , Pankla Sranujit R , Chumark P , Potup P , Laytragoon-Lewis N et Uswanthim K. (2014).** An ethyl acetate Fraction of *Moringa oleifera* Lam. Inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke. *Nutrients*.6.

**Kossel H. (1891)** . Über die chemische Zusammensetzung der Zelle. Arch Physiol Physiol Abt, Arch Anat Physiol, 181-186.

**Ksouri R , Megdiche W, Debez A, Falleh H , Grignon C , Abdelly C. (2007).** Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant. Physiol Bioch.*; 45, 244-249.

**Kumar Biswas S , Chowdhury A , Das J , Roy A et Zahid Hosen S M , (2012)** Pharmacological potentials of *moringa oleifera* lam. A Review. *Ijpsr*, Vol. 3(2) : 305-310.

**Kumar V, Pandey N, Mohan N, Ram P Singh (2012)** . Antibacterial & Antioxidant Activity Of Different Extract Of *Moringa Oleifera* Leaves – An *In-Vitro* Study. Department of Biotechnology, Lovely Professional University, Phagwara, Punjab, India. Article-014.

**Kumbhare MR , Guleha V , et Sivakumar T. (2012).** Estimation of total phenolic content, cytotoxicity and in-vitro antioxidant activity of stem bark of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* .144-150.

**Kwaambwa H M , Helling M S , Rennie A R , et Barker R. (2015).** Interaction of *Moringa Oleifera* seed protein with a mineral surface and the influence of surfactants. *Journal of Colloid and Interface Science*. 448: 339–346.

**Kwiatkowska B et al. (2013).** Immune system as a new therapeutic target for antibiotics. *Adv Biosci Biotechnol* 4:91-101.

### -L-

**Laleye O A F , Ahissou H , Olounlade Ap , Azando E V B and Laleye A. (2015).** Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise : *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (*Meliaceae*), *Momordica charantia* Linn (*Cucurbitaceae*) et *Moringa oleifera* Lam (*Moringaceae*). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (5): 2682-2700.

**Lee-Huang S , Zhang L , Huang P L And Chang Y T. (2003).** Anti-HIV activity of olive leaf extract (OLE) and modulation of host cell gene expression by HIV-1 infection and OLE treatment. *Biochem. Biophys. Res. Commun*; 307 (4): 1029-1037.

**Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S . (2016):** *Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health : An overview. *Int. J. Mol. Sci*, 17, 2141. édition Maurizio Battino université de milan, Italie.

**Lesseur P. (2014).** modes d'action, mécanismes de la résistance. Formation permanente développement et santé.

**Lim T K. (2012).** Edible medicinal and non medicinal plants. Fruit. Volume 3. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

## Références bibliographique

---

**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.

**Lozniewski A. Rabaud C. (2010).** Résistance bactérienne aux antibiotiques [en ligne].

**Lucchesi M E. (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse d'Université de la Réunion.

**lagunez rivera L . (2006).** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.

**Lutge U , Kluge M , Bauer G .(2002) .** Botanique 3<sup>ème</sup> ed : Techniques et documentation ,Lavoisier ,Paris,p211.

### **-M-**

**Macheix J , Fleuriet A , Jay C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux, un exemple des métabolites secondaires. Collection Biologie, pp.1-11.

**Macheix J , Fleuriet A , Chritian JA. (2006).** Composés phénoliques dans la plante structure, biosynthèse, répartition et rôles In « les polyphénols en agroalimentaire ». Édition Lavoisier : 1-27.

**Madi O P , Bourou S and Woin N. (2012).** Utilisations et importances socio-économiques du *Moringa oleifera* Lam. en zone de savanes d'Afrique Centrale.Cas de la ville de Maroua au Nord-Cameroun. *J. Appl. Biosci.*, 60 : 4421-4432.

**Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, Carmeli Y, Falagas ME, Giske CG et al.(2012)** .Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clin Microbiol Infect.* 18(3):268-81.

**Malecky M. (2008).** Thèse du Doctorat .Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (agroparistech).

**Malešev D , et Kuntić V. (2007).** Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions. *Journal of the serbian chemical society.* 72 (10): 921-93.

**Malo T. (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 Institut du Developpemet Rural Université Polytechnique de Bobo –Dioulasso.

**Mamadou B. (2011) .**Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Other. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, France.

## Références bibliographique

---

- Mammeri H. (2013).** Mode d'action des antibiotiques. Service de bactériologie, CHU Amiens.P : 2.
- Mameri N. (2011).** Etude de la sensibilité aux antibiotiques des bacilles à Gram négatif isolés au niveau de l'EPSP de Boghni, Tizi Ouzou , Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme de Master en Microbiologie Appliquée à l'université de Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- Manchado P S and Cheynier V.(2006).** Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier, Paris.398 p.
- Elisabeth Iucchesi M. (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de La Réunion, thèse.
- Marouf A and Reynaud J. (2007).** La botanique d'A à Z : 1662 définitions. Dunod, Paris. 352p.
- Marmonier A A. (1990)** .Introduction aux techniques d'étude des antibiotiques. Bactériologie Médicale, technique usuelles, 227-236.
- Mashela P W . (2017).** Growth of *Moringa (Moringa oleifera)* seedlings in calcareous,clayey and sandy soils relative to loamy soil Green Biotechnologies Research Centre of Excellence, University of Limpopo, African Journal of Agricultural Research Vol. 12(50), pp. 3508-3512, DOI: 10.5897/AJAR2016.11617 N d' Article: 08ADCAA66980, South Africa ISSN 1991-637X.
- Merghem R. (2009).** Eléments de biochimie végétale (16). Ed, Bahaeddine. Algérie
- Meziani M. (2012).** Contribution du diagnostic biochimique bactérien dans l'établissement des parentés phylogénétiques : Cas des Entérobactéries et *Pseudomonas* .Mémoire de Magister. Université Mentori.Constantine P : 30 ,32Microbial. Infect. 10:12-13.
- Meziani S , Oomah B D , Zaidi F , Simon-Levert A , Bertrand C , Zaidi-Yahiaoui R. (2015).** Antibacterial activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) extracts against phytopathogenic bacteria *Pectobacterium atrosepticum*. *Microb. Pathog.* 78. 95-102.
- Médart J. (2009).** Manuel pratique de nutrition: l'alimentation préventive et curative. 2<sup>ème</sup> édition. Edition de Boeck Université, p 51 , 52.
- Mémento de l'agronome . (2002).** [Multimédia multisupport] / [publ. par] Ministère des Affaires étrangères, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET).
- Minaiyan M, Asghari G, Taheri D, Saeidi M, Nasr-Esfahani S. (2014).** Antiinflammatory effect of *Moringa oleifera* Lam. seeds on acetic acid-induced acute colitis in rats. *Avicenna J Phytomed*, Vol. 4, No. 2, pp.127-136, l'université de Sciences Medicales. Iran.
- Miliauskas G , Venskutonis P R and Van Beek T A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231–237.

## Références bibliographique

---

**Millogo-Koné H , Kini B F , Yougbaré Z , Yaro M B , Sawadogo M. (2009).** Etudes de la phytochimie et de l'activité antimicrobienne *in vitro* des feuilles de *Moringa oleifera* (Moringaceae). Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST)-Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) – Département Médecine et Pharmacopée Traditionnelles-Pharmacie (MEPHATRA-PH). Université de Ouagadougou – 03 BP 7021 – Ouagadougou 03 – BURKINA FASO.

**Mohammedi Z. (2013).** Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud-Ouest de l'Algérie. Thèse de Doctorat en Biologie. Université de Abou Bekr Belkaid.Tlemcen, Algérie. 169 p.

**MOHAMMEDI D. (2018).** Classification et mode d'action des antibiotiques. [Présentation]. Alger, Algérie : s.n.

**Moussaid M, Elamrani A A, Berhal C, et al. (2012) .**Comparative evaluation of phytochemical and antimicrobial activity between two plants from the Lamiaceae family: *Marrubium vulgare* (L.) and *Origanum majorana* (L.). *Int J Nat Prod Res* 1(1): 11-13.

**Moyo B , Masika P J , Hugo A , Muchenje V. (2011).** Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr. J. Biotech*,10(60) : 12925-12933.

**Mustapha Hassan Bichi Ph D. (2013) .** A review of the applications of *Moringa oleifera* seeds extract in water treatment. *Civil and environmental research*. 3 (8).

**Muther L. (2015).** Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant [thèse].Faculté de pharmacie de Clermont Ferrand.

**Muylaert A , Mainil J G.(2015).** Résistances bactériennes aux antibiotiques : les mécanismes et leur « contagiosité » .

### **-N-**

**Navie S , et Csurhes S. (2010).** Horseradish tree *Moringa oleifera*.

**Nait Achour K. (2012).** Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'eucalyptus poussant dans la région de Tizi ousou. Mémoire de magister en biologie, Université de Mouloud Mameri Tizi Ouzou.

**Nauciel C et Vildé JL. (2005).** Bactériologie médicale.2<sup>ème</sup> édition. Masson Paris. 257pp  
Diana, J., et al., Development and validation of an improved liquid chromatographic method for the analysis of oxytetracycline. *Chromatographia*, 2002. 56(5): p. 313-318.

**Naumo Ngangmou T , Tatsadjeu Ngouné T , Montet D. et Carl Moses F M. (2013).**Effect of pure culture fermentation on Biochemical composition of *Moringa oleifera* Lam leaves powders.*Food and nutrition sciences*.4: 851-859.

**Ndayikeza Goreth .(2011).** Effet de la conservation à température ambiante sur la valeur vitaminique de la poudre desfeuilles du Moriaga oleifera du site de VISABUMoso: cas de la lutéine et de la vitamine A.p46.

## Références bibliographique

---

**Ndong M , et Wade S. (2007) .** Valeur nutritionnelle du Moringa oleifera; *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, vol. 7, No. 3, 14p.

**Neto J X S, Pereira M L, Oliveira T A, Rocha-Bezerra L C B, Lopes T D P, Costa H P S, Sousa et al. (2017):** A Chitin-binding Protein Purified from Moringa oleifera Seeds Presents Anticandidal Activity by Increasing Cell Membrane Permeability and Reactive Oxygen Species Production, p 12, ed: Yuji Morita, l'universite Aichi Gakuin, Brazil doi: 10.3389/fmicb.2017.00980.

**Newman D J , Cragg G M. (2012).** Natural Products as Sources of New Drugs over the 30 Years from 1981 to 2010. *J. Nat. Prod.* Vol. (75) : 311-335.

**Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. (2003).** Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2002. *J. Nat. Prod.* 66: 1022-1037.

**Nijveldt R T , Nood E V ,Van-Hoorn D E C .(2001).**Flavonoids :a review of probable mecanismes of action and potentiel applications .*American journal of cliical nutriment* .74(4) :418-25.

**Nkhili Ez. (2009) .**Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Diplôme de Doctorat, Spécialité: Sciences des Aliments. Université Cadi Ayyad. Marrakech Université D'avignon Et Des Pays De Vaucluse Ecole Doctorale 306 –SPSA, Montpellier. 378p.

**Nouman W, Siddiqui MT, Basra SMA, Khan RA, Olson ME, Munir H. (2012) .**Response of Moringa oleifera to saline conditions. *Int J Agric Biol* 14: 757–762.

**-O-**

**Olson M E. (2001).** Wood and bark anatomy in Moringa (Moringaceae). *Haseltonia*. 8: 85-121.

**Olugbemi TS, Mutayoba SK, Lekule FP, (2010).** Effect of Moringa (Moringa oleifera) Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens.

**OMS. (2018).** Report on Antibiotics consumption: 2016-2018 Early implementation. 127 pages. Novembre 2018.

**Oomah B D , Caspar F , Malcolmson L J , and Bellido A S. (2010).** Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls. *Food Res. Int.* 44: 436-441.

**Orwa C , Mutua A , Kindt R , Jamanadass R , et Anthony S. (2009).** Agro forestree Database: a tree reference and selection guide version.4.0.

**Osman H M , Shayoub M E , et Babiker E M. (2012) .**The Effect of *Moringa oleifera* Leaves on Blood Parameters and Body Weights of Albino Rats and Rabbits. *Jordan Journal of Biological Sciences. All 148 rights reserved.* 5 (3): 147 – 150.

**Ouédraogo H , Ouattara L , Ouoba P , Bonzi S , et Somda I. (2018).** Évaluation de l'activité antifongique et de la phytotoxicité de *Isoberlinia doka craib* & staff. *European Scientific Journal*,14(30), 213-227.

**Ouissat M, Bakini A . (2009).**Antibiotiques anti-staphylococques.DES en Microbiologie. UNIV.Kasdimerbah Ourgla.P91

### **-P-**

**Paiva P M G , Santana G M S , Souza I F A C , Albuquerque L P , Agra-Neto A C , Albuquerque A C , Luz L A , Napoleao T H , et Caelho L C B B. (2011).**Effects of lectins from opuntia ficusindia cladodes and *Moringa oleifera* seeds on survival of *Nasutitermes corniger*.*International Bioteroration and Biodegradation*.65: 982-989.

**Pamo E T , Boukila B , Tendonkeng F , Kana J R , Tonfack L B , et Momo M C S. (2002).** Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. Dans l'Ouest Cameroun. 1-3.

**Panchal M A , Murti K , Lambole V , et Gajera V. (2010).** Pharmacological properties of *Moringa oliefera lam*. A review. *Pharmacologyonline*. 2: 768-775.

**Panchal M , Murti k , et Shah M. (2011).** Plant biology. *Romanian journal of biology*. 56 (1): 57–64.

**Paul Tulkens, Françoise Van Bambeke. (2008).** Pharmacologie et Pharmacothérapie Anti infectieuse : Antibiotiques. Antifongiques. P : 120.

**Paguia H M , Paguia R Q , Balba Ch , et Flores R C. (2014).**Utilization and evaluation of *Moringa oleifera L*. As poultry feeds. *Apcbee Procedia*. 8: 343 – 347.

**Peshev D, Peeva L G, Peev G, , Baptista I I R and Boam A T (2010).** Application of organic solvent nanofiltration for concentration of antioxidant extracts of rosemary (*Rosmarinus officialis L.*), *Chemical Engineering Research and Design*,submitted.

**Perraut Stéphanie. (2013).** Les ultrasons, une alternative verte pour l'extraction. Article vue en ligne, le 17 Septembre : <http://www.processalimentaire.com/Procedes/Les-ultrasons-unealternative-verte-pour-l-extraction-23431>.

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

**Price M L . (2015).** The moringa tree. ECHO Technical Note. ECHO, Florida, USA. 2007; 22 p. (Consulté le 06/06/2015) <<http://www.moringanews.org> />.

**Pierre Chevalier . (2012).** L'usage des substances antimicrobiennes en production animale : position des experts et des gouvernements. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec.

**Pierre M , Lis M . (2007).** Secrets des plantes. Editions Artemis, Paris 1: 463.

**Piochon M. (2008).** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et héli-synthèse. Mémoire, Université du Québec à Chicoutimi, Canada.

**Poumayea N , Mabinguia J , Lutgenb P , et Biganc M. (2012).** Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic. *Chemical engineering research and design*. 90: 2346–2352.

### -R-

- Ravindra C , Joshi B , Vasantharaj D , Rashmi K. (2016)** . A review of the insect and mite pests of *Moringa oleifera* Lam. Agriculture for Development, 29 (2016).
- Ralezo Maevalandy A. (2006)**. *Moringa oleifera* Antanarivo (Madagascar).16p.
- Ralezo Maevalandy A. (2006)** : «La MORINGA» ; *Moringa oleifera* .Page 11, 12, 13
- Rajangam J , Azahakia Manavalan A , et al. (2002)**. "Production et utilisation du Moringa en Inde du sud: la situation actuelle.
- Ramirez M S , and Tolmasky M E. (2010)**Aminoglycosidemodifying enzymes. Drug ResistUpdat 13: 151-71.
- Rauter A P , Branco I , Tostao Z , Pais M S , Gonzalez A G et Bermejo J B. (1989)**. Flavonoids from *Artemisia campestris Subsp Maritima*. *Phytochemistry*. 28 (8): 2173-2175.
- Raven P , Evert R, et Eichhorn S. (2000)**. Biologie végétale. Paris : Ed De BOECK.
- Raven P H , Evert R F , and Eichhorn S. (2003)**. Biologie végétale. Ed. 3 De Boeck Paris. 968 p.
- Reyes Sanchez N , Ledin S , et Ledin I.(2006)**. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua.*Agroforestry systems*.66:231-242.
- Rezgui M A et Chentouf Y . (2019)**. Screening phytochimique et caractérisation par chromatographie sur couche mince CCM des extraits des feuilles de *Moringa oleifera*. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master de l'université de Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- Richter N, Siddhuraju P , et Becker K. (2003)**. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): Aquaculture. 217: 599– 611.
- Roloff A , Weisgerber H , Lang U , Stimm B. (2009)** . *Moringa oleifera* Lam., 1785 : Enzyklopädie der Holzgewächse – 40. Erg.Lfg. 6/05 . WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32141-4.
- Routary W , Orsat V. (2012)**. Microwave-assisted extraction of flavonoids: a review. Food Bioprocess Technology. Volume 5, issue 2, pp: 409-424.

### -S-

- Saha P , Jena R C , Sahoo B , Sahoo K , et Lenka A. (2012)**. Sufficing Nutraceutical rich multipurpose leafy vegetable on earth: *Moringa*. Odisha *review*.72-80.

## Références bibliographique

---

**Saini R K , Sivanesan I , Keum Y. (2016)** . Phytochemicals of *Moringa oleifera*: a review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. REVIEW ARTICLE, 3 Biotech 6:203, 14p.

**Saint-sauveur A , Broin M. (2010)**. Produire et transformer les feuilles de moringa In Moringa Association of Ghana.

**Séverin F. (2002)** . Plant ak pye Bwa tè d'Ayiti; Éditions Quitel de Desk Top Advisory; 143p.

**Šaponjac V T, Canadanovic-Brunet J, Cetkovic G, Djilas S . (2016)**. Chapter 6: Detection of Bioactive Compounds in Plants and Food Products. In: Nedovic, Emerging and Traditional Technologies for Safe, Healthy and Quality Food. Food Engineering Series. Springer International Publishing, Switzerland.

**Seyoum A , Asres K , and El-Fiky F K. (2006)**. Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*. 67: 2058–2070.

**Silva J P V D , Serra T M , Gossmann M , Wolf C R , Meneghetti M R , et Meneghetti S M P . (2010)**. *Moringa oleifera* oil: Studies of characterization and biodiesel production *biomass and bioenergy*. 34: 1527-1530.

**Singh SB, Barrett JF (2006)**. Empirical antibacterial drug discovery - foundation in natural products . *Biochem. Pharmacol.* 71: 1006-1015.

**Siddhuraju P, Becker K . (2003)**. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *J. Agric. Food Chem.*, **51**(8): 2144-2155. DOI: 10.1021/jf020444+.

**Spigno G , and De Faveri D M. (2007)**. Antioxidants from grape stalks and marc: influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. *Journal of Food Engineering*, 78, 793-801.

**Sreelatha S , and Padm R. (2009)**. Antioxidant activity and total phenolic contend of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. In *Plant foods human nutrition*.64: 303-311.

### -T-

**Tahlan, Kapil, and Susan E. Jensen.( 2013)**. Origins of the  $\beta$ -Lactam Rings in Natural Products.*Journal of Antibiotics* , 66 (7). Nature Publishing Group : 401–10. doi :10.1038/ja.2013.24.

**Tchiegang C. Kitikil A. (2004)**. Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicultura*, 22: 11-18.

**Tendonkeng F , Boukila B , Beguide A , et Pamo T E. (2009)**. Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans la ration finition des poulets de chair. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*.7 (5).

## ***Références bibliographique***

---

**Thangara JHS, Adjei O, Allen BW, et al (2000)** .In-vitro activity of ciprofloxacin, sparfloxacin, ofloxacin, amikacin and rifampicin against Ghanaian isolates of Mycobacterium ulcerans. *J Antimicrob Agents Chemoter* 45(2): 231-33.

**Toty A A , Guessennd N , Bahi C , Kra A M , Otokore D A , Dosso M. (2013).** Évaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harunganamadagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la société royale des sciences de liège*, 82 : 12 – 21.

**-V-**

**Vandepitte J , Engbaek K , Piot P (1994 )**. Bactériologie clinique : techniques de base pour le laboratoire. Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 117.

**Vasileios Z , Georgia T B , Athanassios M A , Grigorios B D , And Miltiadis V. (2010).** Antioxidant and free radical-scavenging activities of phenolic extracts of olive fruits. *Food Chemistry*, 120: 1097-1103.

**Verpoorte R. (2000)**. Pharmacognosy in the new millennium: leadfinding and biotechnology. *Journal of pharmacy and pharmacology*, 52(3), 253-262.

**Verpoorte R , et Alfermann A.W.( 2000)**; *Metabolic Engineering of Plant Secondary Metabolism*; Ed: KLUWER ACADEMIC; p: 1- 23.

**Vermerris W , and Nicholson R. (2006)**. Phenolic compound biochemistry. Ed, Springer: U.S.A.

**Vilaseca M , López-Grimau V , et Gutiérrez-Bouzán C. (2014)**. Valorization of Waste Obtained from Oil Extraction in *Moringa Oleifera* Seeds: Coagulation of Reactive Dyes in Textile Effluents. *Materials*, 7: 6569-6584.

**-W-**

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

**WINK . (2010)** . microbiologie.cours et question de révision. dunod., 159p.

**-X-**

**Xiao Z T , Zhu Q , and Zhang H Y. (2014)**. Identifying antibacterial targets of flavonoids by comparative genomics and molecular modeling. *Open journal of genomics*, vol, 3.

**-Y-**

**Yang Y , and Zhang F. (2008)**. Ultrasound-assisted extraction of rutin and quercetin from *Euonymus Alatus* (Thumb.) Sieb. *Ultrasonics Sonochemistry*. 15(4): 308-313.

## Références bibliographique

---

**Yano Y , Satomi M , Oikawa H . (2006).** Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International J Food Microbiology*. 111: 6-11.

**YAO J , WANG J Y , et LIU L. (2010).** Anti-oxidant effects of resveratrol on mice with DSS-induced ulcerative colitis. *Archives of Medical Research.*, 41: 288-294.

**Yezza S , et Bouchama S, (2014) .** index des métabolites secondaires végétaux, université kasdi merbah, Ouargla faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences biologiques.47 pages.

**Yusoff M M . (2016).** Aqueous enzymatic extraction of *Moringa oleifera* oil with high pressure processing pre-treatment, these de doctorat en phylosophie, department aliment et sciences alimentaires, universite de Reading, angleterre, p214.

**Yusuf Y. (2006 )**. *Trends Food Sci. Tech*,17, 64-71.

**Yusuf J, Yuakubu M B , et Balarabe A M . (2015):** The Use of *Moringa Oleifera* Seed As A Coagulant For Domestic Water Purification. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS, p-ISSN: 2319-7676. Vol 10, N 1 , PP.06-09.*

### -Z-

**Zeguerrou R et al. (2013) :** Recueil des plantes médicinales dans la région des Ziban. Algérie, pp : 44.

**Ziai S. (2014).** La résistance bactérienne aux antibiotiques : Applications et stratégies de lutte. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Limoges. 151pp.

**Zhang Y , Moqtaderi Z , Rattner Bp , Euskirchen G , Snyder M , Kadonaga Jt, Liu Xs , and Struhl K. (2009).** Intrinsic histone-DNA interactions are not the major determinant of nucleosome positions in vivo. *Nat Struct Mol Biol*, 16(8), 847-52

**Zgorka G , and Glowniak K . (2001) .** Variation of free phenolic acid in medicinal plants belonging to the Lamiaceae family, *J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 26 79 – 87.

### ***SITE WEB:***

<https://www.pinterest.fr/pin/209910032620105049/>

<http://www.monografias.com/trabajos88/desarrollo-del-morango/desarrollo delmorangs.html>

<http://negronews.fr/moringa-plante-aux-multiples-vertus/>

[https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-moringa-oleifera-and-biodiesel-production-steps\\_fig2\\_278028686](https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-moringa-oleifera-and-biodiesel-production-steps_fig2_278028686)

<https://www.lavierebelle.org/?meilleures-techniques-de-culture-des-moringa>

<https://moringa-vital.ch/usine-de-moringa-biologique/>

<https://mediatheque.agencemicroprojets.org/wp-content/uploads/produire-transformer-moringa1.>

[https://foodtech.uonbi.ac.ke/node/229.](https://foodtech.uonbi.ac.ke/node/229)

<file:///C:/Users/Admin/Desktop/Downloads/tn-51-poudre-de-feuilles-de-moringa>

<https://mediatheque.agencemicroprojets.org/wp-content/uploads/produire-transformer-moringa1.>

<https://moringa-vital.ch/usine-de-moringa-biologique/>