

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار ثلجي بالاغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## **MEMOIRE**

***En vue de l'obtention du diplôme de Master***

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

**Filière :** Sciences Biologique

**Option :** Microbiologie Appliquée

### **THEME :**

**Évaluation *in-vitro* de l'activité antibactérienne des sirops naturels préparés  
à base de plantes médicinales.**

**Présenté par :**

**IDRISSI Anfal**

**KERRACHE Nour Elimane**

**Soutenu publiquement le : 29/06/2025**

**Devant le jury composé de :**

<b>Présidente</b>	Mme BOUSSOUSSA Hadjer	Professeur	Université de Laghouat
<b>Examinatrice</b>	Mme SOUIDA Zineb	MAB	Université de Laghouat
<b>Promotrice</b>	Mme BOUNOUALA Fatima Zohra	MCB	Université de Laghouat
<b>Co-promotrice</b>	Mme BENCHIKH Imen	MCA	Université de Laghouat

**Année Universitaire 2024/2025**

## **Remerciements**

*Nous remercions en tout premier lieu « DIEU » le Tout Puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'étude, et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadrant ;  
**Mme BOUNOUALA Fatima Zohra**, pour son accompagnement précieux, ses conseils et ses remarques constructives tout au long de ce travail. Son soutien constant, sa disponibilité et sa bienveillance ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Nous lui adressons nos plus sincères remerciements et tout notre respect, en espérant que ses efforts soient récompensés.*

*Nous remercions vivement notre co-encadrant : Mme **BENCHIKH Imen** pour ses efforts, ses conseils précieux et de son accompagnement tout au long de ce travail. Nous lui adressons nos remerciements les plus sincères.*

*Nos remerciements vont également à :  
**Mme BOSSOUSSA Hadjer** pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et de juger notre travail.  
**Mme SOUIDA Zineb** pour l'honneur qu'elle nous fait d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à remercier tout le personnel du laboratoire vétérinaire régional de Laghouat, de nous avoir aidé, encouragé et orienté tout le long de notre travail. Et un grand merci tout particulièrement à **Mme KHACHBA Fatna** pour leur soutien et leurs conseils précieux tout au long de notre stage pratique.*

*Nous remercions également tous les enseignants du département de biologie pour tout le savoir qu'ils nous ont octroyé tout au long de notre cursus universitaire.*

*Nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'aboutissement à ce travail*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à:*

*Mon père HASSANE. J'espère que je serai toujours à la hauteur de ses  
espérances ;*

*À mon adorable mère ZOHRA, La lumière de mes jours, la source de mes  
efforts,  
La flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur qui est toujours  
présente et prête à sécher mes larmes.*

*A mes chères sœurs ; SARAH et ROEYA*

*A mon cher frère ; MOHAMED REDHA*

*A tous les familles : KERRACHE et BEN MAIZA*

*A mon chère binôme ANFAL et sa famille.*

*A tous mes amis, ainsi que tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé au  
cours de cette année.*

**NOUR EL IMANE**

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à:*

*À mon très cher père Lakhdar,  
source de soutien et de patience,  
c'est de toi que j'ai appris la détermination et la persévérance.  
Je prie Allah de te protéger, de te donner santé et longue vie.*

*À ma très chère mère Souad,  
source d'affection et de compassion,  
c'est par tes prières et ta tendresse que j'ai trouvé la sérénité.  
Qu'Allah bénisse ta vie et comble ton cœur de bonheur.*

*À ma chère sœur Amina*

*À mon cher frère Moulay Ali*

*À mes deux familles respectées: IDRISSI ,OUADAHI*

*À mon chère binôme Nour et sa famille*

*À mes grandes mères : Kheira ,Fatna*

*À mes oncles et mes tantes et mes cousines*

*À mes chères amies*

*Aux étudiants de Gaza ; qui ont élevé leurs rêves sur les murs de  
l'université et porté leurs connaissances sur le chemin du martyr,  
partis avant que l'histoire ne s'achève,  
avant que leurs noms ne soient appelés le jour de la remise des diplômes.  
Ils sont devenus une lumière éternelle dans le ciel du savoir et de la  
dignité.*

*Paix à vos âmes pures.*

## Résumé

L'utilisation des plantes médicinales représente un potentiel inestimable pour la recherche de nouvelles substances à pouvoir antibactérien. Ainsi les extraits organiques, suscitent un intérêt croissant comme source potentielle de molécules naturelles bioactives pouvant être employées comme alternatives à certaines substances chimiquement synthétisées comme les antibiotiques.

Dans ce contexte, le travail entrepris dans ce mémoire est une tentative d'estimer *in-vitro* l'activité antibactérienne des extraits des quelques plantes médicinales : l'écorce de grenade (*Punica granatum*); le basilic (*Ocimum basilicum*); le teucrium (*Teucrium fruticans*), et le moringa (*Moringa oleifera*, puis valoriser ces ressources naturelles par la formulation de sirops à effet antibactérien vis-à-vis de certains germes pathogènes tels qu'*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* .

Sur la lumière des résultats obtenus. on constate que les sirops préparés à base de ces plantes médicinales constituent une alternative thérapeutique naturelle face aux infections bactériennes.

**Mots clés** :Plantes médicinales ; écorce de grenade ; basilic ; teucrium ; moringa ; Sirops naturels ; Activité antibactérienne .

## ملخص

يُمثل استخدام النباتات الطبية إمكانات قيمة للبحث عن مواد جديدة ذات خصائص مضادة للبكتيريا. ولذلك، تجذب المستخلصات العشوية اهتمامًا متزايدًا كمصدر محتمل للجزيئات الحيوية الطبيعية النشطة التي يمكن استخدامها كبدايل لبعض المواد المُصنَّعة كيميائيًا مثل المضادات الحيوية.

في هذا السياق، يُمثل العمل المُنجز في هذه الرسالة محاولةً لتقدير النشاط المضاد للبكتيريا في المختبر لمستخلصات من عدة نباتات طبيعية: قشر الرمان (*Punica granatum*) والريحان (*Ocimum basilicum*)؛ والتين الشوكي (*Teucrium fruticans*)؛ والمورينجا (*Moringa oleifera*)، ومن ثم استغلال هذه الموارد الطبيعية من خلال صياغة شراب ذي تأثيرات مضادة للبكتيريا ضد بعض مسببات الأمراض مثل الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*)، والمكورات العنقودية الذهبية (*Staphylococcus aureus*) والزائفة الزنجارية (*Pseudomonas aeruginosa*).

في ضوء النتائج المُحصَل عليها، وُجد أن الشراب المُحضَر من هذه النباتات الطبية يُمثل بديلاً علاجيًا طبيعيًا للعدوى البكتيرية.

**الكلمات المفتاحية:** النباتات الطبية؛ قشر الرمان؛ الريحان؛ التيوكريوم؛ المورينجا؛ الشراب الطبيعي؛ النشاط المضاد للبكتيريا.

## **Abstract**

The use of medicinal plants represents valuable potential for the search for new substances with antibacterial properties. Consequently, organic extracts are attracting increasing interest as a potential source of natural bioactive molecules that could serve as alternatives to certain chemical synthesized substances, such as antibiotics.

In this context, the conducted work in this thesis aimed to estimate the in vitro antibacterial activity of extracts from several medicinal plants: pomegranate peel (*Punica granatum*); basil (*Ocimum basilicum*); prickly pear (*Teucrium fruticans*); and (*moringa oleifera*). These natural resources were then used to formulate a syrup with antibacterial effects against certain pathogens, such as *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa*.

Based on the obtained results ,the syrup prepared from these medicinal plants represents a natural therapeutic alternative against bacterial infections.

**Keywords:** Medicinal plants; Pomegranate bark; Basil; Tuocurium; Moringa; Natural drink; Antibacterial activity.

## Table des matières

Liste des abréviations .....	i
Liste des figures .....	ii
Liste des tableaux .....	iv
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre 01 : Synthèse bibliographique</b> .....	2
1. Les plantes médicinales .....	2
1.1. Généralités .....	2
1.2. Présentation des plantes étudiées .....	2
1.2.1. Clous de girofle .....	2
1.2.2. Ecorces de grenade .....	3
1.2.3. Basilic .....	5
1.2.4. Teucrium fruticans .....	5
1.2.5. Tamaris .....	6
1.2.6. Moringa .....	7
1.2.7. Origan .....	8
1.2.8. Feuilles d'olivier .....	9
1.2.9. Sauge .....	10
1.2.10. Caroube .....	11
1.2.11. Propolis .....	11
1.2.12. La garance .....	12
1.2.13. Haloxylon .....	13
1.3. Mode d'action .....	14
1.3.1. Interactions biochimiques .....	14
1.3.2. Effets physiologiques .....	14
1.3.3. Synergie entre composés .....	15
1.4. L'activité antibactérienne des plantes médicinales .....	15
2. Les sirops à base des plantes médicinales .....	15
2.1. Composition .....	16
2.2. Caractéristiques .....	16
2.3. Méthodes de préparation .....	17
2.3.1. Méthodes d'utilisation des plantes médicinales .....	17
2.3.1.1. Les infusions .....	17
2.3.1.2. Les decoctions .....	17
2.3.1.3. Les macérations .....	17
2.3.2. Préparation à froid .....	18

2.3.3. Préparation à chaud .....	18
3. Les bactéries indicatrices étudiées .....	19
3.1. Staphylococcus .....	19
3.2. Pseudomonas .....	21
3.3. Escherichia coli .....	23
4. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne .....	25
4.1.Méthode de diffusion sur gélose .....	25
4.2. Méthode de dilution en milieu liquide .....	26
<b>Chapitre 02: Matériels et méthodes</b> .....	27
1. Lieu d'étude .....	27
2. Matériel utilisé .....	27
2.1.Matériel biologique .....	27
2.1.1.Matériel végétal .....	27
2.1.2.Souches bactériennes utilisées .....	28
2.2. Matériels de laboratoire .....	28
2.3. Les milieux de culture utilisés .....	29
3.Méthodes suivies .....	29
3.1.Préparation des extraits .....	29
3.2. Vérification de la pureté des bactéries .....	30
3.3. Recherche de l'activité antibactérienne des extraits des plantes .....	31
3.4. Préparation des sirops .....	34
3.5.Contrôle de qualité microbiologique des sirops .....	35
3.6. Mise en évidence de l'activité antibactérienne des sirops préparés à base de plantes médicinales .....	35
<b>Chapitre 03 : Résultats et discussion</b> .....	36
1. Confirmation de pureté des souches bactériennes .....	37
2. L'activité antibactérienne des extraits des plantes .....	39
3. Qualité microbiologique des sirops .....	42
4. L'activité antibactérienne des sirops à base des plantes médicinales .....	44
5. Discussion générale .....	46
<b>Conclusion</b> .....	48
<b>Références bibliographiques</b> .....	49
<b>Annexe</b> .....	54

## Liste des abréviations

°C: Degré Celsius

µL: Microlitre

ADH: Arginine dihydrolase

ATB: Antibiotique

cm: Centimètre

CMB: Concentrations minimales bactéricides

CMI: Concentrations minimales inhibitrices

*E .coli* : *Escherichia coli*

EPEC: E.coli entéropathogène

g: Gramme

h: Heures

L: Litre

m: Mètre

MFU: Unité de McFarland

MH: Milieu Muller Hinton

min: Minute

mL: Millilitre

mm: Millimètre

MSA: Milieu Manitol Salt Agar

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

*P. Aeruginosa*: *Pseudomonas aeruginosa*

PCA: Milieu Plate Count Agar

pH: Potentiel d'hydrogène

*S.aureus* : *Staphylococcus aureus*

SSA: Milieu Salmonella Shigella Agar

STEC: E.coli productrices de shigatoxines

TIAC: toxi-infections alimentaires collectives

UFC: Unité Formant Colonie

UV: Ultras violet

µm: Micromètre

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Clous de girofle.....	p3
<b>Figure 02</b> : Ecorces de grenade.....	p4
<b>Figure 03</b> : Basilic.....	p5
<b>Figure 04</b> : Teucrium fruticans.....	p6
<b>Figure 05</b> : Tamarix.....	p7
<b>Figure 06</b> : Moringa.....	p8
<b>Figure 07</b> : Origan.....	p9
<b>Figure 08</b> : Feuilles d'olivier.....	p10
<b>Figure 09</b> : Sauge.....	p10
<b>Figure 10</b> : Caroube.....	p11
<b>Figure 11</b> : Propolis.....	p12
<b>Figure 12</b> : La garance.....	p13
<b>Figure 13</b> : Haloxylon.....	p14
<b>Figure 14</b> : Schéma simplifié du principe de la méthode de diffusion sur gélose.....	p25
<b>Figure 15</b> : Technique de préparation des extraits aqueux .....	p30
<b>Figure 16</b> : Schéma descriptif de la méthode de coloration de Gram.....	p30
<b>Figure 17</b> : Préparation des boites du milieu de culture MH.....	p32
<b>Figure 18</b> : Etape d'ensemencement.....	p32
<b>Figure 19</b> : Dépôt des disques.....	p33
<b>Figure 20</b> : Mesure des zones d'inhibition.....	p33
<b>Figure 21</b> : Préparation des sirops.....	p34
<b>Figure 22</b> : Aspect macroscopique des colonies de bactéries utilisées.....	p37

<b>Figure 23</b> : Observations microscopiques G×100 des bactéries utilisées après coloration de Gram.....	p38
<b>Figure 24</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis <i>E.coli</i> .....	p39
<b>Figure 25</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis <i>S.aureus</i> .....	p40
<b>Figure 26</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis <i>P.aeruginosa</i> p40	
<b>Figure 27</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur milieu Sabouraud.....	p42
<b>Figure 28</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu Mac Conkey.....	p43
<b>Figure 29</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu S.S.A.....	p43
<b>Figure 30</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu, M.S.A.....	p43
<b>Figure 31</b> : Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu P.C.A.....	p44
<b>Figure 32</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis <i>E.coli</i> .....	p44
<b>Figure 33</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis <i>S.aureus</i> .....	p45
<b>Figure 34</b> : Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis <i>P.aeruginosa</i> ...	p45

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Classification de <i>Pseudomonas</i> ..... ;.....	p21
<b>Tableau 02</b> : Classification d' <i>Escherichia coli</i> .....	p23
<b>Tableau 03</b> : les noms vernaculaires et scientifiques des plantes étudiées.....	p27
<b>Tableau 04</b> : Matériels utilisé, équipement et appareil.....	p28
<b>Tableau 05</b> : Produits chimiques et antibiotiques utilisés.....	p29
<b>Tableau 06</b> : Milieux de culture utilisés pour la recherche des microorganisme.....	p35
<b>Tableau 07</b> : Caractères macroscopiques et microscopiques des bactéries utilisées.....	p39
<b>Tableau 08</b> : Diamètres d'inhibition de la croissance des souches bactériennes induite par les extraits des plantes .....	p41
<b>Tableau 09</b> : Diamètres d'inhibition de la croissance des souches bactériennes testées sur les sirops a base des plantes.....	p46

# *Introduction*

## Introduction

Les plantes médicinales jouent un rôle essentiel dans la prévention et le traitement de nombreuses affections humaines et animales. Selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une plante médicinale est un végétal ou l'un de ses organes contenant des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques, ou servant de précurseur à la synthèse de médicaments, avec des propriétés reconnues scientifiquement ou empiriquement par la médecine traditionnelle (**Chaachouay, 2022**).

Contrairement aux plantes dites «classiques », les plantes médicinales renferment des principes actifs responsables d'effets thérapeutiques, mais également d'effets indésirables potentiels, similaires à ceux des médicaments chimiques (**Anne, 2018**).

Dans un contexte où la résistance bactérienne aux antibiotiques classiques ne cesse de croître, l'exploration de l'activité antibactérienne des extraits de plantes médicinales suscite un intérêt scientifique croissant. Les recherches récentes mettent en avant le potentiel de ces extraits comme alternatives naturelles, capables d'offrir une efficacité thérapeutique tout en limitant les effets secondaires (**Azeb et Azza ., 2022**).

Par ailleurs, la valorisation des plantes médicinales s'exprime également à travers la formulation de sirops médicinaux. Hérités d'une longue tradition herboriste, ces sirops sont élaborés à partir d'extraits végétaux soigneusement sélectionnés, auxquels sont ajoutés les édulcorants, les arômes et les conservateurs afin d'optimiser leur stabilité, leur goût et leur efficacité. Leur fabrication combine savoir-faire ancestral et exigences scientifiques modernes, permettant ainsi de préserver la qualité et la sécurité des principes actifs (**Ait Fella et al, 2017**).

Ce travail vise à tester *in-vitro* l'activité antibactérienne des extraits de quelques plantes médicinales afin de les valoriser sous formes de sirops naturels à effet antibactérien.

Le présent travail s'articule comme suit :

- La première partie s'intéresse à une synthèse bibliographique sur les plantes médicinales, leurs activités antibactérienne et les sirops naturels ;
- La deuxième partie présente l'étude expérimentale, en développant le matériel et les méthodes utilisés pour tester *in-vitro* l'activité antibactérienne
- La troisième partie discute les résultats obtenus ;
- Enfin nous achevons ce travail par une conclusion générale et perspective de recherche.

***Chapitre I :***  
***Synthèse bibliographique***

## 1. Les plantes médicinales

### 1.1 Généralité

Les plantes médicinales sont définies comme des végétaux contenant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, soulager ou traiter des affections. Selon la définition d'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une plante médicinale est une plante ou un de ses organes qui renferme des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques, ou qui servent de précurseurs à la synthèse d'autres médicaments utiles, et dont les propriétés thérapeutiques sont étayées soit scientifiquement, soit empiriquement par leur utilisation dans la médecine traditionnelle (Chaachouay, 2022).

Une plante médicinale, contrairement à une plante « classique » possède donc des principes actifs responsables d'une action thérapeutique mais aussi responsables d'effets indésirables appelés toxicité, tout comme les médicaments chimiques (Anne, 2018).

### 1.2. Présentation des plantes étudiées

#### 1.2.1. Clous de girofle

Depuis des décennies, le clou de girofle est utilisé pour ses vertus culinaires et médicinales, et il est largement utilisé en médecine dentaire en raison de son effet anesthésique local. De plus, il tue les germes de la bouche, en particulier. Vers le 16<sup>ème</sup> siècle, les Portugais ont mis fin au monopole arabe sur le commerce des épices en mer, au début du 17<sup>ème</sup> siècle, les Hollandais retirent des clous de girofle de toutes les îles sauf Amboine pour en augmenter le prix. Jusqu'au 18<sup>ème</sup> siècle, le contrôle sur la production était encore plus strict pour maintenir artificiellement les prix. La Compagnie Française des Indes a envoyé Pierre Poivre pour obtenir le célèbre clou de girofle. Lors de son premier voyage, il a secrètement transporté quelques plantes de muscadier de Timor à île de France, mais sans succès. En 1773, il parvient à obtenir quelques plants des épices confisquées par les Hollandais, qui ont été plantés sur, île de la Réunion Description botanique de girofle. Le giroflier est un arbre de la famille des myrtacées qui pousse exclusivement dans les pays tropicaux. Il est un grand arbre fruitier, élancé, de forme conique, pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de hauteur. Il a un port pyramidal, un tronc gris clair ridé et peut vivre jusqu'à 150 ans. Il adopte

fréquemment l'apparence d'un arbuste car il est régulièrement taillé afin de faciliter la récolte (Makhloufi et Tabchiche ; 2024).

Les feuilles persistantes des girofliers peuvent mesurer de 12 à 15 cm de longueur, sont immobiles, inversées, pelées, de forme ovale et rectangulaire, avec une surface supérieure de couleur vert rougeâtre et une face vert sombre, légèrement coupée. Ces feuilles sont aromatiques et dégagent un puissant parfum de clou de girofle lorsqu'elles sont froissées (Makhloufi et Tabchiche ; 2024).

L'arbre fleurit de manière très irrégulière, avec des fleurs disposées en cymes mesurant 4 à 5 cm. Compactes et ramifiées, regroupées en panicules de trois à cinq petites fleurs parfumées, ces fleurs présentent un calice tubulaire blanc cassé qui devient rouge, avec quatre sépales rouges charnus et persistants. La corolle est blanc rosé, avec des pétales repliés au sommet du clou de girofle, appelé tête de clou, composée de quatre dialypétales blancs (Makhloufi et Tabchiche ; 2024) .

La fleur hermaphrodite de cette plante, qui produit beaucoup d'asperges, donne naissance à un fruit appelé antholfe. La plante présente une structure violette et renferme une seule graine mesurant 1,5 cm de long (Makhloufi et Tabchiche ; 2024).



**Figure 01** : Clous de girofle (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.2. Ecorces de grenade

La grenade était nommée « rimmon » dans l'ancienne sémitique, et « rumman » par les Arabes. Le nom portugais "romma" ou "rumman" est dérivé de la même souche. Les Romains l'appelèrent d'abord : « malumpunicum » (la pomme punique ou pomme de Carthage), puis le nom « Granatum » remplaça la première dénomination. De ces deux mots « Punicum » et « Granatum » est né le nom botanique actuel : « *Punica*

*granatum* ». Dans tous les pays où la langue espagnole est répandue, ce fruit porte un nom : « Grenade ». Au Proche-Orient de l'Inde (Perse, Turquie, Syrie, etc...), le nom le plus courant de ce fruit est "anar" (Evreinoff, 1949).

Le grenadier (*Punica granatum.*) appartient à la famille des Lythracées. C'est une plante et un fruit anciens et précieux. Le grenadier et ses utilisations étendues ont une longue histoire, car il a été utilisé comme aliment et médicament dans de nombreuses cultures humaines anciennes (Holland *et al.*, 2009).

Le grenadier est un arbuste qui atteint 1,5 à 5 m de hauteur, avec des branches plus ou moins irrégulières et épineuses et des feuilles brillantes. Elle apparaît comme un arbuste à feuilles caduques dans les régions tempérées et comme un feuillage persistant dans les régions glaciales (Shaygannia *et al.*, 2016).

Il a longtemps été cultivé exclusivement comme fruits ornementaux et comestibles. Son fruit contient de nombreuses graines, chacune entourée d'une pulpe gélatineuse rouge profond, le tout enrobé d'une peau dure (écorce), sa couleur peut aller du jaune au rouge foncé. Ces feuilles sont considérées comme réciproques dans les branches nouvellement développées et intégrées dans les spores. Il comporte 1 à 5 fleurs, dont l'une est terminale et les autres sont marginales, courtes ou sans pédoncule, de couleur rouge et rarement jaune ou blanche, inodore et bisexuelle. Le fruit est de couleur rouge clair à jaune verdâtre et rarement chez certaines espèces violet foncé. Il mesure de 5 à 20 cm de diamètre et son poids varie de moins de 200g à plus de 800g. Les graines sont produites en grande quantité, elles sont triangulaires, sans albumine et incorporées dans l'arille (Shaygannia *et al.*, 2016).



**Figure 02** : Ecorces de grenade (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.3. Basilic

*L'Ocimum basilicum*, communément appelé "basilic", tire son nom du mot grec *basilikon*, signifiant "plante royale". Il s'agit d'une plante à croissance rapide, appartenant à la famille des Lamiacées, et largement utilisée comme herbe condimentaire en raison de ses propriétés culinaires. En outre, cette plante joue un rôle important en médecine traditionnelle. *L'Ocimum basilicum* est l'une des plantes médicinales les plus significatives, avec de nombreuses variétés, telles que le basilic rose et le basilic arbustif. Ces différentes variétés partagent une composition chimique et des effets pharmacologiques similaires, en particulier dans les régions asiatiques et africaines (Bouziane et Khenfer,. 2021).



**Figure 03** : Basilic (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.4. *Teucrium fruticans*

Le *Teucrium fruticans*, également appelé *Camélia femelle*, est un arbuste de grande valeur ornementale et fonctionnelle, apprécié pour son feuillage argenté, sa floraison délicate et sa robustesse. Adaptable à différentes conditions environnementales, il nécessite peu d'entretien et est résistant aux parasites et aux maladies. Sa polyvalence le rend adapté à différents styles de jardins, du méditerranéen au contemporain, offrant des solutions esthétiques et pratiques aux jardiniers experts et passionnés. Grâce à une gestion appropriée, il peut devenir un élément distinctif du paysage, offrant un intérêt visuel tout au long de l'année et contribuant à la création d'espaces verts durables et riches en vie (Abeoub C.Ben belabbas S. 2021).



**Figure 04 :** *Teucrium fruticans* (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.5. Tamarix

Le genre *Tamarix* s'étend de l'Europe australe et de l'Afrique du Nord par l'intermédiaire du Moyen-Orient et Asie du Sud à la Chine et au Japon, et aussi il y a quelques espèces de ce genre dans des régions isolées d'Afrique et autour des côtes de la mer Méditerranée. Il y a deux centres principaux de spéciation pour *Tamarix*, le premier dans la zone pakistanaise - Afghanistan - Iran - Turkménistan - Sud-Kazakhstan - Ouest-Chine et le second centre dans la région méditerranéenne. Les plantes de *Tamarix* sont des arbres ou des arbustes halophytes et / ou xérophytes adaptable. Les *Tamarix* excrètent du sel de leurs feuilles et de leurs branches. Ils sont bien adaptés à la survie dans les climats arides et semi-arides. Comme, ils sont très tolérants à diverses conditions stressantes, telles que la chaleur, le froid, la sécheresse, les inondations et les fortes concentrations de solides dissous (**BEN AMMAR .2018**)

Ainsi, les espèces de *Tamarix* sont très tolérantes à l'adversité car elles peuvent occuper différents habitats, montrant ainsi une large zone de variations écologiques. Les *Tamarix* sont des plantes autochtones d'Eurasie et d'Afrique du Nord, et qui se sont répandu, après avoir été introduit intentionnellement, dans l'ouest des États-Unis dans les années 1800. D'ailleurs, elles sont considérées comme des espèces envahissantes dans l'Amérique. Entre 1900 et les années 1960, les plantes se sont rapidement répandues dans les zones touchées par les activités humaines et couvrent maintenant plus d'un demi-million d'hectares dans au moins 23 États, tandis que sa distribution au Mexique est mal documentée mais s'étend au moins aussi au sud que la vallée de la rivière Yaqui à Sonora (**BEN AMMAR.2018**).

Les Tamarix ont une importance écologique considérable. Elles sont considérées comme des espèces appropriées pour lutter contre la dégradation des sols (érosion) et l'atténuation du changement climatique. Les espèces des Tamarix sont souvent utilisées pour restaurer les habitats arides et salins, tels que les déserts, et les régions avec des sols salins et aussi les zones humides salines. (Yang et al., 2005). Par conséquent, beaucoup d'espèces de ce genre ont été sélectionnées pour la stabilisation des sols et la restauration d'écosystèmes fragiles. Les plantes de Tamarix ont également été utilisées pour créer des remblais marins dans quelques régions du monde, et pour l'assainissement des sols contaminés par des métaux lourds et des matières organiques, des tamarix en poudre et en combinaison avec l'huile luttent contre l'histiocytose diffus (Ben Ammar., 2018).

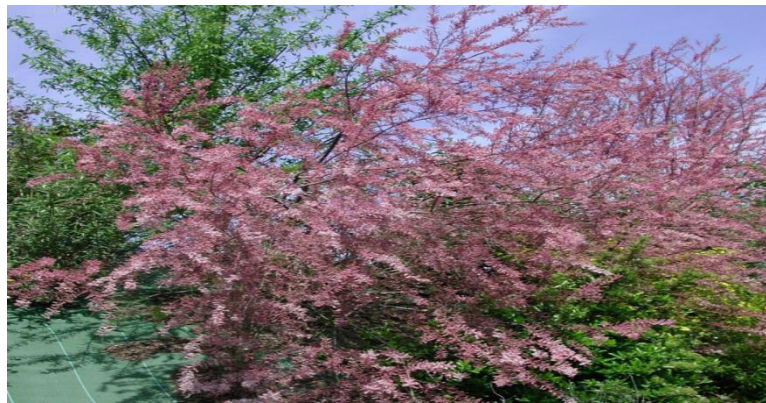


Figure 05 : Tamarix (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.6. Moringa

Un arbre originaire d'Inde, aujourd'hui très largement répandu à travers le monde, est par ailleurs cultivé dans toutes les régions tropicales, notamment en Afrique (Olson et Carlquist 2001; De Saint Sauveur et Broin, 2006).

*M.oleifera* peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il préfère les climats semi tropicaux humides. Cet arbuste est retrouvé autour de la Mer rouge, de la Mer Morte au Kenya, Namibie, Angola, ainsi qu'en Asie sous-continent indien : Pakistan, Inde et Bangladesh (Olson, 2001). Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20ème siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes (Foidl et al., 2001). Populairement appelé « arbre miracle », c'est un petit arbre parfois même considéré comme un arbuste indigène de l'Inde et du sud-Régions himalayennes, mais se propage de nos jours à d'autres régions, en particulier les terres

tropicales et subtropicales touchées par la sécheresse (**Leone et al., 2016**). Il a longtemps été cultivé et toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines) ont des vertus médicinales confirmées par des années de recherche et d'expérimentation dans différents pays africains, asiatiques et panaméricains (**Anwar et al., 2007**).

Moringa est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre, il est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. Il atteint en général 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres (**Foidl et al., 2001**). Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il se ramifie lorsque la hauteur atteint 1,5 à 2m. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (**Boufenghour et Laouar., 2022**).



**Figure 06 :** Moringa (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.7. Origan

L'origan est une herbacée à tiges dressées, généralement poilues, quelques fois glabres. Elles portent les feuilles à bord entier ou denté (jusqu'à 30 paires par tige), généralement ovales et à pointe émoussée, elles sont poilues ou glabres et portent des glandes sécrétrices sessiles non apparentes (jusqu'à 800 par cm<sup>2</sup>). Les fleurs sont groupées en inflorescences ou épis. Chaque fleur est située à l'aisselle d'une bractée ovale, légèrement membraneuse glabre ou quelques fois pubescente, de couleur rouge violacé ou parfois glauque. La bractée est plus longue que le calice de la fleur. À l'intérieur du calice de 2 à 4 mm de longueur, se trouve la corolle (4 à 10 mm de longueur) de couleur rose ou violette (**Brahmi et Yahiaoui., 2022**).

L'origan se multiplie par division de touffe au printemps ou éventuellement par semis. Les plantes doivent être espacées de 30 cm. Elle nécessite un sol léger et aéré. L'origan pousse de préférence sur les sols calcaires et chauds.

La plupart des espèces d'origan sont aromatiques et sont principalement distribués dans les régions Méditerranéenne, Euro sibérienne et Irano- Sibérienne. Plus de 75% des espèces sont répandues dans les régions méditerranéennes de l'Est. La majorité des espèces se trouvent dans de petites zones, 70% sont endémiques à un pays ou à une montagne par exemple: *O. saccatum*, *O. hypericifolium*, *O. acutidens*, *O. sipyleum*, *O. brevidens*, etc... Ces espèces sont particulières à la Turquie, pays qui est considéré comme le centre génique du genre *Origanum* puisqu'il en possède 16 espèces. Seulement quelques espèces existent dans la partie occidentale de la Méditerranée (Brahmi et Yahiaoui., 2022).



Figure 07 : Origan (<https://www.futura-sciences.com>)

#### 1.2.8. Feuilles d'olivier

L'olivier est un arbre de la famille des oléacées. Arbre de taille moyenne, compris entre 4 et 8m de hauteur selon les variétés. L'olivier, présente une cime arrondie avec des rameaux étalés très nombreux, assembler les uns dans les autres, plus ou moins épineux ou inermes. Les dimensions et les formes varient avec les conditions climatiques, l'exposition, la fertilité du sol et les variétés. L'olivier s'adapte aux conditions extrêmes de l'environnement, mais exige une intensité lumineuse importante et un sol aéré. L'utilisation la plus connue de l'olivier est sans doute la production de l'huile d'olive qui est un composant essentiel du régime méditerranéen. Riche en acides gras insaturés, en vitamine et en poly phénols (Bendjaballah *et al.*, 2021).



**Figure 08 :** Feuilles d'olivier (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.9. Sauge

C'est une très bonne plante répandue au Sud de l'Europe et l'Afrique de Nord, c'est-à-dire dans le bassin méditerranéen, elle est spontanée dans les lieux arides. La Sauge est très abondante en Grèce, Yougoslavie nomment en Italie, Espagne, et en France. Elle est communément cultivée comme plante aromatique, se trouve sur les pelouses, les berges, les landes, et les garrigues (**Bezzina et Charaoui., 2017**).

La sauge officinale pousse sur les terrains les plus pauvres, même s'ils sont pierreux, car elle est peu exigeante. Elle aime les terres chaudes, légères, rocailleuses, des régions ensoleillées, malgré ses poils laineux, elle capture l'humidité. On la cultive dans n'importe quel potager comme plante aromatique et culinaire, elle se développe aussi loin de son climat naturel (**Bezzina et Charaoui., 2017**).



**Figure 09 :** Sauge (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.10. Caroube

La caroube est l'une des cultures fruitières les plus importées des pays méditerranéens. Leurs productions et consommations ont considérablement augmenté ces dernières années. Elles sont largement utilisées dans la fabrication des jus cuits «pekmez» et de boissons en poudre. L'utilisation du fruit entier dans la consommation humaine est limitée cependant, en raison du niveau élevé de tanins qui en résulte l'astringence. La caroube en possédant des propriétés technologiques cruciales pourra solutionner plusieurs dilemmes liés à des contraintes économiques et technologiques dans le secteur agroalimentaire (Chial., 2020).

La caroube suscite actuellement beaucoup d'intérêt en Algérie, où les industriels se disputent le marché international, en vue de son exportation sous forme de farine tirée de la pulpe et des graines pour leur culture agricole. Par ailleurs, cet arbre est d'une importance économique considérable ; ses gousses, plus riches en sucre que la canne à sucre et la betterave sucrière, sont utilisées en industrie agroalimentaire et pharmacologique, notamment comme antidiarrhéique, leur richesse en fibres leur confère des vertus hypocholestérolémiantes et hypoglycémiantes ; les composés phénoliques qu'elles contiennent sont à l'origine de leur propriété antioxydant (Chial., 2020).



Figure 10 : Caroube (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.11. Propolis

La propolis est une substance naturelle, visqueuse et résineuse recueillie par les abeilles ouvrières, principalement de l'espèce *Apis mellifera*, à partir de nombreuses sécrétions résineuses végétales : le mucilage, les gommés, les résines et les treillis, ainsi

que des bourgeons de feuilles de différentes espèces végétales comme le palmier, le conifère, l'aulne, le peuplier, le bouleau, le pin et le hêtre. Ces sécrétions sont mélangées avec ses salives qui sont partiellement hydrolysée par ses enzymes. Ce composé complexe est utilisé par les abeilles pour se protéger contre les autres insectes et les micro-organismes (**Bouhaka et al., 2021**).

Le terme propolis signifie la substance défensive de la ruche, ce sens provient de l'étymologie grec qui compose de deux parties: le morphème "Pro" signifie "devant" ou "à l'entrée de" et le morphème "polis" signifie "communauté" ou "ville". La substance résineuse a été utilisée par l'homme dans la médecine traditionnelle depuis l'antiquité. Les chercheurs ont déclaré que les activités de guérison de la propolis ont été identifiées par les romains ainsi que d'autres scientifiques tels que Dioscorides, Galen, Aristoteles et Pline. De même, les médecins ont utilisé efficacement la propolis pour le traitement des blessures pendant les batailles ainsi que pendant la seconde Guerre mondiale. Les premiers égyptiens utilisaient la propolis pour soigner les blessures, pour préserver leurs cadavres de la décomposition et pour momifier les morts (**Bouhaka et al., 2021**).



**Figure 11 :** Propolis (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.12. La garance

La garance est l'une des plantes tinctoriales dont les utilisations comptent parmi les plus anciennes, que ce soit sur des étoffes de coton retrouvées à Mohenjo-Daro, en Inde, ou sur du lin dans des tombes de la vallée du Nil. Elle a été également mentionnée dans les premiers écrits sumériens, ainsi que dans la Bible. Sa culture était très répandue en Syrie, ainsi qu'en Mésopotamie, mais les deux principales régions exportatrices étaient l'Arménie et l'Asie centrale. Jusqu'au début du 18<sup>ème</sup> siècle, l'Inde détient la suprématie dans le domaine de la teinture sur coton. En Europe, c'était la Hollande qui

a détenu le monopole de sa culture durant de nombreuses décennies. Cette culture présentait un grand intérêt économique, et avait été encouragée sous le règne de Louis XIV. Un édit exonérait de l'impôt toute personne qui la cultiverait dans les anciens marais asséchés. Malheureusement, toutes les tentatives de culture de la plante tinctoriale restaient vaines et à la fin du 17<sup>ème</sup> siècle, plus aucune garancière n'était présente en France. La Hollande gardait donc le monopole de cette culture. Outre la garance des teinturiers, la garance des voyageurs a pu être également récoltée pour la teinture. En France, avant la réintroduction de la garance des teinturiers au 18<sup>ème</sup> siècle, la garance voyageuse a été cultivée dans le Gard à la fin du 17<sup>ème</sup> siècle (Zerrougui., 2022).



**Figure 12 :** La garance (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.2.13. Haloxylon

*Haloxylon articulatum* (famille des Chénopodiacées) est une plante médicinale locale, qui a été largement utilisée dans la partie sud-ouest de l'Algérie. La plante connue localement sous le nom de "Remth, est l'une des espèces les plus utilisées traditionnellement en ethnomédecine. *H. articulatum* est un arbuste nain glabre, gris-brun, ligneux, devenant généralement plus foncé ou noirâtre lorsqu'il est séché. *H. articulatum* est une plante vivace qui ne dépasse pas 1 m de hauteur à branches grêles succulentes, charnues, articulées, dressées, et très nombreuses. Les feuilles sont opposées atrophiées en écailles et fusionnées sur le segment qui les porte. Les fleurs n'ont pas de pétales et sont denses disposées en épi terminal, elles sont généralement solitaires à l'aisselle des feuilles long). Leur style est long et bifide. Les fruits apparaissent au début de l'hiver portant des graines (3 à 5 cm de taille). Les racines sont souvent approfondies souvent dans le sol (Diabi et Benhaddad., 2021).



**Figure 13 :** Haloxylon (<https://www.futura-sciences.com>)

### 1.3. Mode d'action

#### 1.3.1. Interactions biochimiques

Les plantes médicinales contiennent souvent une variété de composés chimiques qui interagissent avec les voies biologiques dans le corps humain. Un composé trouvé dans le curcuma, interagit avec les voies inflammatoires dans le corps. La curcumine est connue pour inhiber plusieurs enzymes impliquées dans la réponse inflammatoire notamment la cyclooxygénase-2 (COX-2) et la 5-lipoxygénase (5-LOX). En bloquant ces enzymes, la curcumine réduit la production de médiateurs inflammatoires tels que les prostaglandines et les leucotriènes, ce qui entraîne une réduction de l'inflammation et des symptômes associés à des troubles inflammatoires tels que l'arthrite (**Lazouni et Chaouche.2024**).

#### 1.3.2. Effets physiologiques

Les plantes médicinales peuvent avoir divers effets physiologiques sur le corps humain en modulant différents systèmes biologiques. Par exemple, les flavonoïdes trouvés dans les feuilles de Ginkgo biloba peuvent améliorer la circulation sanguine en augmentant la dilatation des vaisseaux sanguins et en réduisant la viscosité du sang. Cela peut entraîner une augmentation du flux sanguin vers le cerveau, améliorant ainsi la mémoire, la cognition et la fonction cognitive chez les personnes atteintes de troubles neurologiques comme la démence ou la maladie d'Alzheimer (**Lazouni et Chaouche.2024**).

#### 1.3.3. Synergie entre composés

De nombreuses plantes médicinales contiennent une gamme de composés actifs qui peuvent agir de manière synergique pour produire des effets thérapeutiques plus

prononcés que les composés individuels pris isolément. Un exemple de synergie entre les composés est observé dans l'utilisation de la camomille (*Matricaria chamomilla*). Cette plante contient une variété de composés, notamment des flavonoïdes, des terpènes et des composés volatils tels que  $\alpha$ -bisabolol et l'oxyde de chamazulène. Ensemble, ces composés ont des effets antiinflammatoires, antimicrobiens et apaisants qui peuvent être bénéfiques pour traiter les affections de la peau, les troubles gastro-intestinaux et les troubles du sommeil. La synergie entre ces composés permet à la camomille de produire des effets thérapeutiques plus complets et efficaces que tout composé pris individuellement (**Lazouni et Chaouche.2024**).

#### **1.4. L'activité antibactérienne des plantes médicinales**

Les bactéries sont responsables de diverses infections dans les organismes vivants. Les chercheurs ont espéré pouvoir éradiquer certaines maladies avec la découverte des antibiotiques. Malheureusement la large utilisation de ces médicaments a généré une résistance croissante des bactéries face aux antibiotiques. Dans cette perspective, il y a eu un grand intérêt pour la recherche de nouvelles substances biologiquement actives et efficaces comme alternative à partir des ressources naturelles (**AZEB et al., 2022**).

#### **2. Les sirops à base des plantes médicinales**

Les sirops médicinaux d'autrefois occupent une place emblématique dans l'histoire de l'herboristerie. C'est une pratique ancestrale axée sur l'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques. Les herboristes d'autrefois préparaient soigneusement ces sirops, réputés pour leurs propriétés curatives et leur saveur unique.

Au cœur de la fabrication de ces sirops se trouvent une variété d'herbes et de plantes médicinales sélectionnées pour leurs bienfaits. Génération après génération, les herboristes transmettent ces recettes, mêlant savoir-faire traditionnel et observations empiriques. Ces dernières sont généralement très secrètes au sein des familles. Chaque herboriste a sa propre formule, ajustant les proportions en fonction de son expérience et des besoins spécifiques (**ledomainedesmilleplantes.com**).

## 2.1. Composition

Les sirops peuvent contenir un ou plusieurs principes actifs et des substances auxiliaires (colorant, aromatisants, agents antimicrobien). Le nom et la concentration des édulcorants et des polyols doivent être indiqués sur l'étiquette.

- **Conservateurs antimicrobienne** : Les conservateurs sont ajoutés dans le cas des préparations qui n'ont pas elle-même des propriétés antimicrobiennes suffisantes pour se protéger de la prolifération de microorganismes.
- **Les colorants**: Les colorants sont des entités chimiques bien définies, ils permettent d'augmenter l'acceptabilité et l'attrance esthétique de la formulation.
- **Les aromatisants** : Les arômes sont, dans le domaine pharmaceutique, des substances destinés à être introduites dans certains médicaments pour en masquer ou améliorer la saveur ou l'odeur (**Ait Fella et Ait Issad., 2017**).

## 2.2. Caractéristiques

- **Densité** : La densité d'un corps se traduit par le rapport de sa masse sur son volume. Plus un sirop est dense, plus il est susceptible d'empêcher certaines incompatibilités, de les retarder ou de les atténuer.
- **Viscosité** : La viscosité d'un liquide est la propriété caractérisée par la résistance qu'opposent ses molécules au déplacement des molécules voisines.
- **Fermentation** : Le sirop fermenté se reconnaît par la formation ou dépôt de moisissures à sa surface (prolifération de moisissures, de levures dans le sirop). Une observation à l'œil nu permet de déceler la formation de moisissures.
- **Limpidité** : Elle se traduit par la capacité de transmission de la lumière par le sirop et l'absence de substance en suspension dans le sirop. La limpidité de sirop peut être contrôlée par l'observation à l'œil nu.
- **Potentiel d'hydrogène (pH)** : Le pH du sirop doit être constant dans le temps, la méthode la plus utilisée pour déterminer le pH est celle du pH mètre.
- **Stabilité** : La stabilité d'une préparation est son aptitude à conserver ses propriétés chimiques, physiques, microbiologiques et bio-pharmaceutiques dans des limites spécifiées pendant toute sa durée de validité. La stabilité du sirop est vérifiée par la coloration, la formation de précipité par la variation de pH et par la séparation des constituants (**Ait Fella et Ait Issad., 2017**).

## **2.3. Méthodes de préparation**

### **2.3.1. Méthodes d'utilisation des plantes médicinales**

#### **2.3.1.1. Les infusions**

Pour réaliser une infusion, il est conseillé de verser de l'eau portée à ébullition sur la partie végétale sélectionnée. Le temps de contact recommandé est d'environ 10 à 15 minutes. Cette méthode s'avère particulièrement adaptée pour l'extraction des composants actifs présents dans des organes végétaux délicats tels que les feuilles et les fleurs. C'est en effet la méthode la plus simple et la plus courante pour les tisanes (tendres) feuilles ainsi que fleurs :

- Verser 500 ml d'eau bouillante (retirer du feu dès l'ébullition) sur une c à café (3 à 5 g) de la plante médicinale choisie (ou du mélange de plantes), puis couvrir.
- Laisser infuser 3 à 5 minutes pour les plantes fraîches, et de 5 à 15 minutes pour les plantes sèches et filtrer.

#### **2.3.1.2. Les decoctions**

Dans la technique de décoction, la plante est maintenue en contact avec de l'eau en ébullition pour une période s'étendant de 15 à 30 minutes. Cette méthode se révèle particulièrement efficace pour l'extraction des composants actifs contenus dans des organes végétaux plus robustes, tels que les racines, les rhizomes et les écorces. Il est cependant parfois nécessaire de faire bouillir la plante pour en extraire ses principes actifs. Cela vaut surtout pour les plantes médicinales ligneuses (bois, écorces, feuilles coriaces, racines, graines dures):

- Déposer une c. à soupe (5 à 8g) de la plante médicinale choisie dans une casserole en acier inoxydable (éviter l'aluminium).
- Ajouter 500 ml d'eau puis porter à ébullition.
- Laisser mijoter de 5 à 30 minutes.
- Couvrir afin d'éviter l'évaporation.

#### **2.3.1.3. Les macérations**

Les macérations de plantes médicinales sont un moyen simple et efficace de préparer des remèdes naturels à la maison. Dans le processus de macération, il est préconisé de laisser la plante, fraîche ou séchée, en immersion dans d'un liquide

(comme de l'eau) à une température ambiante (environ 25 °C). La durée de contact recommandée pour cette méthode est de minimum 30 minutes. Les feuilles, les fleurs, les graines et les parties tendres y resteront entre 10 et 12 heures. Les tiges, écorces et racines tendres seront hachées puis laissées dans le récipient entre 16 et 18 heures. Ces mêmes parties, si elles sont dures, y resteront entre 22 et 24 heures. Puis on filtre.

La méthode de la macération offre l'avantage de conserver intacts les sels minéraux et les vitamines contenus dans les plantes.

Les plantes médicinales les plus couramment utilisées pour les macérations sont la camomille, le thym, la lavande, le calendula et la menthe poivrée. Chacune d'elles a des propriétés thérapeutiques différentes, telles que la réduction de l'inflammation, l'amélioration de la digestion ou la réduction de l'anxiété.

Il est important de noter que les macérations à base d'alcool sont plus concentrées que celles à base d'eau, mais elles peuvent également être plus fortes. Il est donc important de suivre les instructions de dosage et de ne pas dépasser la dose recommandée (Arnaud.2021).

**2.3.2. Préparation à froid :** 180g de sucre pour 100g d'eau, les deux substances sont en contactes, la densité du sirop est 1,32. Cette méthode est longue à réaliser mais elle permet d'éviter la décomposition du sucre par la chaleur.

**2.3.3. Préparation à chaud :** 165g de sucre pour 100g d'eau. Les deux substances sont en contactes, ces dernières sont maintenues au bain-marie à une température de 105°C, ce qui permet une dissolution complète du saccharose. À cette température, la densité du sirop doit mesurer 1,26. Ensuite, le sirop est filtré alors qu'il est encore chaud. Les substances labiles ou volatiles sont incorporées au sirop après qu'il ait refroidi (Hir,1998).

L'intérêt de cette méthode est sa rapidité, mais il y a des risques de décomposition au cours de laquelle le sirop prend une légère coloration (Ait Fella et Ait Issad., 2017).

### 3. Les bactéries indicatrices étudiées

#### 3.1. *Staphylococcus*

Les staphylocoques sont des coques Gram positifs, associés en amas, très répandus dans la nature, responsables d'un très grand nombre d'infection chez l'homme et l'animal. Ce sont des bactéries résistantes aux conditions hostiles de l'environnement (chaleur, sécheresse et salinité). Ce sont des bactéries ubiquitaires et saprophytes qui peuvent, occasionnellement, coloniser la peau et les muqueuses de l'homme et l'animal. Parmi les 27 espèces du genre actuellement répertoriées, les principales sont *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* et *S. saprophyticus* (**Hadj Mohamed 2014**).

- **Classification taxonomique**

Du point de vue taxonomique, le genre *Staphylococcus* appartient au phylum des firmicutes (bactéries à Gram positif), à la classe des Bacilli et à l'ordre des Bacillales. Outre les *Staphylococcus sp*, la famille bactérienne des Staphylococcaceae comprend quatre autres genres moins connus, *Gemella*, *Jeotgaticoccus*, *Macrocooccus* et *Salinicoccus*. Les espèces phylogénétiquement proches les plus connues sont les membres du genre *Bacillus* dans la famille des Bacillaceae, qui sont au même niveau que la famille des Staphylococcaceae. Les Listeriaceae composent aussi une famille proche. Jusqu'aux années 1990, le genre *Staphylococcus* était classé au sein du groupe des Micrococcaceae avec notamment les genres *Micrococcus* et *Stomatococcus* (**Le Loir et Gautier., 2010**).

Les membres du genre *Staphylococcus* diffèrent cependant de ceux du genre *Micrococcus* entre autres par leur métabolisme anaérobie facultative, par leur paroi contenant un peptidoglycane et des acides teichoïques et par la présence de peptide oligoglycine dans les ponts peptidiques de la paroi, les études génétiques ont permis de reclasser *Micrococcus* au sein du groupe des actinomycètes (**Le Loir et Gautier, 2010**).

- **Habitat**

Il appartient à la flore commensale normale des animaux à sang chaud principalement les mammifères (terrestres et marins), mais aussi les oiseaux. Les microcoques sont trouvés dans le sol, les poussières, les eaux, ainsi que sur la peau et les muqueuses des animaux et de l'homme, dans certains produits alimentaires (laitages, conserves salées). Les staphylocoques ont un habitat similaire et sont des

hôtes habituels ou fréquents de la peau, des muqueuses des animaux et de l'homme (**Le Minor, 1984**). A la différence des autres espèces de staphylocoques qui ont un hôte préférentiel, *S. aureus* semble capable de coloniser tous les mammifères. Il colonise la surface et les glandes de la peau, ainsi que les muqueuses de ses hôtes. Chez l'homme, il est principalement présent au niveau du tractus respiratoire supérieur, en particulier les fosses nasales, mais aussi au niveau du cuir chevelu et des mains. Dans la bouche, il coloniserait préférentiellement la surface des dents. Chez les vaches, il se retrouve principalement au niveau du mufler et de la peau des trayons (**Cheballah et al., 2022**).

- **Caractéristiques culturaux**

Ces bactéries sont aéro-anaérobies, à métabolisme respiratoire et fermentaire, se cultive facilement en 24 heures sur milieu ordinaire. *S. aureus* peut être aussi isolé sur des milieux sélectifs (par exemple en bouillon hyper salé à 7% de NaCl ou sur la gélose Chapman), utilisés pour des prélèvements polymicrobiens. Les colonies sont convexes, lisse de 1 à 4 mm de diamètre. De nombreuses souches de *S. aureus* produisent un pigment jaune doré ou citrin, non diffusible (caroténoïde), et sont hémolytiques sur la gélose au sang (**Cheballah et al., 2022**).

- **Caractères biochimiques**

Toutes les espèces du genre *staphylococcus* sont catalases positives, sont capables de fermenter le mannitol, et de produire des enzymes extracellulaires (Staphylocoagulase, DNase). Les principaux caractères biochimiques pris en compte sont la production de catalase, la capacité à métaboliser les sucres et la production d'arginine dihydrolase (ADH) (**Le Minor, 1984**). La coagulase (produit du gène *coa*) est une protéine extracellulaire qui se lie à la prothrombine de l'hôte. La thrombine ainsi activée transforme le fibrinogène en fibrine. C'est la base du test de coagulase en tube. L'ADNase thermostable (produit du gène *nuc*) est aussi appelée thermonucléase. C'est une endonucléase résistante aux températures élevées (15 minutes à 100°C) (**Cheballah et al., 2022**).

### **3.2. *Pseudomonas***

Les bactéries du genre *Pseudomonas* sont caractérisées par leur ubiquité. Leurs exigences nutritives modestes leur permettent de survivre et de se multiplier sur des

surfaces humides. De ce fait, elles sont fréquemment rencontrées en milieu hospitalier (Memdough et Reddaf., 2018).

- **Classification:**

**Tableau 01** : Classification de *Pseudomonas* (Memdough et Reddaf., 2018).

<b>Régne</b>	<i>Bacteria</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Prokaryota</i>
<b>Division</b>	<i>proteobacteria</i>
<b>Classe</b>	<i>Gammaproteobacteria</i>
<b>Ordre</b>	<i>Pseudomonadales</i>
<b>Famille</b>	<i>Pseudomonadaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Pseudomonas</i>
<b>Espèce</b>	<i>aeruginosa</i>

- **Habitat**

*P. aeruginosa* est une bactérie hydrotellurique ubiquitaire, parfois commensale du tube digestif de l'homme, saprophyte, répandue dans les zones humides : le sol, les lacs, les rivières, l'eau polluée, les piscines et les jacuzzis. Elle est largement répandue dans les poussières et les aliments crus (particulièrement les légumes : tomates, carottes, ...). L'hôpital constitue ainsi une niche favorable à son développement où différents réservoirs ont été identifiés, tels que les réseaux d'eaux et les siphons des éviers (Benelmili et Sahraoui., 2020).

- **Morphologie**

*P. aeruginosa* est un bacille fin sous forme de bâtonnet de 1 à 5 µm de longueur et 0,5 à 1 µm de largeur. C'est une bactérie à Gram négatif, mobile grâce à un flagelle polaire généralement unique dépourvu de spores et de capsules (Memdough et Reddaf., 2018).

- **Caractères culturaux**

Le bacille pyocyanique est une bactérie à besoins très limités, et en croissance sur des milieux synthétiques simples. Elle pousse facilement à 37 °C pendant 24 heures. Elle peut croître entre 5 et 42°C avec un optimum de 30 °C. Par contre, elle supporte de moindres variations de pH (6,5 à 7,5) avec un pH optimal de 7,2 . C'est une bactérie aérobie stricte mais capable d'utiliser les nitrates en conditions anaérobies. Elle est caractérisée par une odeur florale. En bactériologie médicale, un milieu sélectif à base de cétrimide (ammonium quaternaire) permet la recherche et l'isolement de *P. aeruginosa* à partir de produits biologiques (selles, urines, pus, liquide céphalo-rachidien...) (**Memdough et Reddaf., 2018**).

Trois types de colonies peuvent être observées simultanément ou de manière isolée sur milieux solides : colonies larges « L » de 2 à 3 mm de diamètre, à bord irrégulier, rugueuses, une partie centrale bombée présentant des reflets métalliques ; colonie plus petites lisses « S » bombées à bord régulier et colonies muqueuses « M » bombées, coalescentes, filantes rencontrées chez les souches produisant un slime composé d'un polymère d'alginate (**Memdough et Reddaf., 2018**).

- **Caractères biochimiques**

*Pseudomonas aeruginosa* est caractérisé par un métabolisme oxydatif. Ces bactéries ont la capacité de dégrader des composés complexes, tels que les protéines et les polysaccharides complexes comme l'amidon, la cellulose .Il possède aussi une nitrate réductase (réduction des nitrates pouvant aller jusqu'au stade de N gazeux), une arginine –dihydrolase, une lécithinase (qui ne peut être révélée qu'en milieu liquide). C'est une bactérie dépourvue d'enzymes dégradant le lactose et dégageant une odeur de raisin ou seringa (**Memdough et Reddaf., 2018**).

*P.aeruginosa* produit deux types de pigments (fluorescent ou non) qui servent à son identification, ils peuvent être mis en évidence dans les milieux de King B et King A (**Memdough et Reddaf., 2018**).

### 3.3. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* (*E. coli*) est un type de coliforme fécal faisant partie des bactéries trouvées dans les intestins d'humains et d'animaux à sang chaud. La plupart des *Escherichia coli* sont inoffensifs et ont une fonction utile dans le corps en arrêtant la croissance des espèces bactériennes nuisibles et en synthétisant des vitamines nécessaires (vitamines K), qui aide à la coagulation sanguine (Aril *et al.*, 1988). Cependant, elles peuvent être des pathogènes opportunistes, tandis que d'autres peuvent causer la maladie gastro-intestinale chez des individus sains quand elles sont ingérées. *Escherichia coli* est présent dans le gros intestin, donc elle est aussi présente dans la matière fécale des humains et des animaux. Si la contamination récente de sources d'eau avec des vidanges ou des déchets animaux a lieu, *Escherichia coli* sera présente (Chalmers RM., 2000).

- **Classification**

L'espèce *Escherichia coli* fait partie de la famille des Enterobacteriaceae. Elle a été caractérisée sur les plans phénotypique, biochimique et physiologique. Aujourd'hui, ce sont des techniques basées sur l'utilisation de l'ADN qui permettent une étude génétique des populations et la caractérisation des différentes souches d'*Escherichia coli*. (Stewart *et al.*, 2015)

**Tableau 02** : Classification d'*Escherichia coli* [Stewart *et al.*, 2015].

<b>Domaine</b>	Bacteria
<b>Embranchement</b>	Proteobacteria
<b>Classe</b>	Gammaproteobacteria
<b>Ordre</b>	Entérobactérie
<b>Famille</b>	Enterobactériaceae
<b>Genre</b>	<i>Escherichia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Escherichia coli</i>

- **Habitat**

Les entérobactéries sont présentes dans de nombreux écosystèmes, elles peuvent être saprophytes, commensales pathogènes. Le cas d'*Escherichia coli* est typique. Cette bactérie est retrouvée dans les eaux souvent en provenance d'une contamination fécale, dans l'intestin (**Greatorex et al., 2000**). Cependant, bien que la majorité des souches d'*Escherichia coli* soient commensales, certaines d'entre elles sont associées à des pathologies intestinales ou extra-intestinales très diverses chez l'homme (**Montet M, 2009**).

Comme la plupart des pathogènes des muqueuses, les souches d'*Escherichia coli* pathogènes utilisent une stratégie d'infection dont les points clés sont la colonisation de muqueuses, éventuellement l'invasion des cellules, la multiplication, l'évasion des défenses de l'hôte et les dommages à l'hôte. La détermination des combinaisons de propriétés particulières associées à la virulence d'une souche, les modes d'infection et les signes cliniques de l'infection, constituent un moyen de typage d'*Escherichia coli* que l'on désigne sous le néologisme de pathotype ou pathovar (**Levine., 1998**).

- **Caractères morphologiques et cultureux**

*Escherichia coli* ou colibacille est une bactérie asporulée mesurant 2 à 4  $\mu$  de long sur 0,4 à 0,6  $\mu$  de large. C'est une bactérie fine et allongée à extrémités arrondies, mobile grâce à une ciliature péritriche. Ce germe non exigeant, sur gélose ordinaire donne des colonies lisses, brillantes et homogènes (**Lobril., 1998**)

- **Caractères biochimiques**

*E.coli* possède une catalase mais est dépourvue d'oxydase. L'étude d'activités enzymatiques et de la fermentation des sucres est réalisée à l'aide de micro-méthodes validées disponibles dans le commerce sous forme de galeries. Ces dernières permettent l'identification de cette bactérie ainsi que le diagnostic différentiel avec les autres bactéries de la même famille (**Fluadroit ., 2004**)

#### **4. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne**

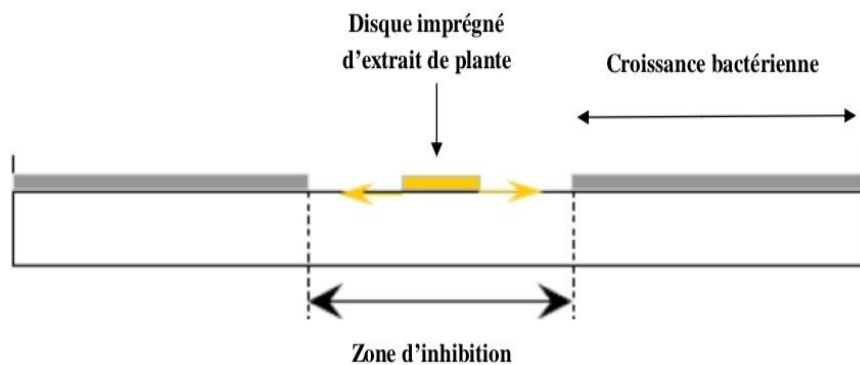
##### **4.1. Méthode de diffusion sur gélose**

La méthode par diffusion comprend deux types : la méthode de diffusion à partir de disques imprégnés et la méthode de diffusion à partir de puits. Actuellement, la

méthode de diffusion à partir de disques est la plus connue et la plus utilisée, elle consiste en l'ensemencement sur un milieu gélosé, dans une boîte de Pétri, d'une suspension bactérienne. La substance à tester est ensuite imprégnée sur un disque de cellulose, lui-même déposé sur la boîte de Pétri. Durant l'incubation, la substance est alors censée diffuser dans la gélose (à la surface et/ou dans la masse) ce qui crée un gradient de concentration dépendant de la substance (Fontanay et al, 2015).

Le principe de la méthode de diffusion en puits est semblable à la méthode de disque, mais ce dernier est remplacé par des puits creusés stérilement sur la gélose ensemencée. Elle consiste à creuser un trou de 6 à 8 mm de diamètre dans la gélose. Un volume fixe d'extrait végétal est ensuite introduit dans le puits d'agar perforé et incubé à une température et une durée optimales en fonction du microorganisme testé (Das et al, 2010).

Pour ces deux techniques, la sensibilité du germe testé peut être évaluée selon le diamètre d'inhibition obtenu. En effet, la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 8 mm. Elle est limitée pour un diamètre compris entre 8 et 14 mm, et moyenne pour un diamètre entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égal à 20 mm le germe est très sensible (Lakhdar, 2015).



**Figure 14:** Schéma simplifié du principe de la méthode de diffusion sur gélose.

#### 4.2. Méthode de dilution en milieu liquide

Les méthodes de dilution sont les plus appropriées pour la détermination des valeurs de concentration minimales CMI (La concentration la plus faible inhibant encore la croissance bactérienne) d'un extrait, d'une huile essentielle ou d'une substance pure, car elles offrent la possibilité d'estimer la concentration de l'agent antimicrobien testé dans la gélose (dilution d'agar) ou dans le bouillon (la microdilution ou la macrodilution). Ces méthodes peuvent être utilisées pour mesurer quantitativement l'activité antimicrobienne *in vitro* contre les bactéries et les champignons (**Bakiri et Belkhelfa., 2020**).

La technique consiste à introduire l'inoculum dans une gamme de concentration décroissante en huile essentielle ou l'extrait. L'ensemble des tubes inoculés est incubé à la température optimale de la croissance du germe pendant 24 à 48h. Après incubation, l'observation de la gamme permet d'accéder à la CMI de l'huile essentielle ou l'extrait qui est le premier tube dépourvu de croissance bactérienne (**Abeoub et Ben belabbas., 2021**).

***Chapitre II :***  
***Matériel et méthodes***

## Matériel et méthodes

### 1. Lieu d'étude

Les études et les expérimentations ont été effectuées au niveau des laboratoires pédagogiques du département de Biologie – faculté des sciences. Les tests de l'activité antibactérienne ont été réalisés au sein du Laboratoire vétérinaire régional (LVR) de Laghouat, plus précisément au sein du Service de Bactériologie.

### 2. Matériel utilisé

#### 2.1. Matériel biologique

##### 2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ce travail est constitué des feuilles et des tiges de plantes médicinales. Le nom vernaculaire et le nom scientifique de ces plantes sont indiqués dans le **tableau 03**.

**Tableau 03** : les noms vernaculaires et scientifiques des plantes étudiées.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	La partie utilisée
La sauge	<i>Salvia officinalis</i>	Les feuilles
L'écorce de grenade	<i>Punica granatum</i>	/
L'origan	<i>Origanum vulgare</i>	Les feuilles + Les tiges
El-jaida	<i>Teucrium polium</i>	Les fleurs
Les feuilles d'olivier	<i>Olea europaea</i>	Les feuilles
Basilic	<i>Ocimum basilicum</i>	Les feuilles
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Les feuilles
La garance	<i>Rubia tinctorum</i>	Les tiges
Haloxylon (Remth)	<i>Haloxylon scoparium</i>	Les tiges
L'armoise	<i>Artemisia</i>	Les feuilles + Les tiges
La lavande	<i>Lavandula angustifolia</i>	Les fleurs
Le romarin	<i>Salvia rosmarinus</i>	Les feuilles + Les tiges
Les clous de girofle	<i>Syzygium aromaticum</i>	/
Ephedra	<i>Ephedra sinica</i>	Les fleurs + Les tiges
Le propolis	<i>Propolisa cervina</i>	/
La caroube	<i>Ceratonia siliqua</i>	Les graines

### 2.1.2. Souches bactériennes utilisées

Afin d'évaluer l'activité antibactérienne des sirops préparés à base des plantes médicinales, Les souches bactériennes utilisées proviennent du laboratoire vétérinaire régional de Laghouat ; il s'agit des souches de référence de laboratoire (American Type Culture Collection "ATCC" ,dont deux bactéries sont des bacilles à Gram négatif (*Escherichia coli* **ATCC25922**, *Pseudomonas aeruginosa* **ATCC27853**) et une bactérie de forme Cocci à Gram positif (*Staphylococcus aureus* **ATCC25923** ) ont été utilisées. Les différentes souches ont été fournies par le laboratoire Vétérinaire Régional de Laghouat.

### 2.2. Matériel de laboratoire

L'ensemble des équipements, la verrerie, les appareils ainsi que les solutions et les produits chimiques utilisés dans ce travail sont mentionnés dans **les tableaux 04 et 05**.

**Tableau 04** : Matériels utilisé, équipement et appareillage.

Consommables	Equipement	Appareils
Tubes à essai	Eprouvettes	Bec benzène
Papier filtre	Entonnoirs	Autoclave
Para film	Pipettes graduées	Vortex
Flacons stériles	Micropipette	Bain-marie
Pipette Pasteur	Fioles	Etuve
Boîtes de pétri	Erlenmeyer	Four Pasteur
Écouvillons	Béchers	Spectrophotomètre
	Balance électronique	Réfrigérateur
	Agitateur et Plaque chauffante	Microscopie optique
	Barreau magnétique	Densitomètre
	pH mètre	Le pied à coulisse
	Anse de platine	

**Tableau 05** : Produits chimiques et antibiotiques utilisés.

Produits chimiques	Antibiotique
L'eau distillée	Le ceftiofur
L'eau physiologique	La vancomycine
Méthanol	La colistine
Ethanol	
Le chlorure de fer (III) (FeCl <sub>3</sub> )	
Le chlorure d'aluminium(AlCl <sub>3</sub> )	
L'acétate de sodium	
La quercétine	
L'hydroxyde d'ammonium (NH <sub>4</sub> OH)	

### 2.3. Les milieux de culture utilisés

Afin de préparer un milieu de culture, il est nécessaire de prélever la quantité désirée et de la mélanger avec de l'eau distillée dans les proportions spécifiées dans le protocole de préparation de chaque milieu. On chauffe et homogénéise ce mélange dans un erlenmeyer en utilisant un agitateur magnétique. Le produit est stérilisé à l'autoclave (120°C pendant 20 minutes) et le milieu ainsi préparé est conservé dans un réfrigérateur à une température de 4°C.

Les milieux de culture utilisés dans cette étude sont cités ci-dessous dont leurs compositions est représentée dans l'annexe :

- Milieu Muller Hinton (MH)
- Milieu Sabouraud
- Milieu Mac conkey
- Milieu Salmonella Shigella Agar (SSA)
- Milieu Manitol Salt Agar (MSA)
- Milieu Plate Count Agar (PCA)

## 3. Méthodes suivies

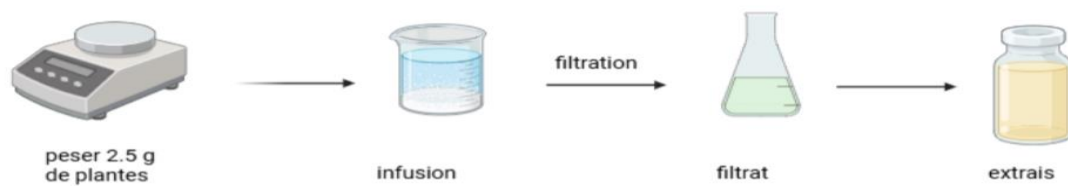
### 3.1. Préparation des extraits aqueux

L'infusion de plantes est une technique qui consiste à faire tremper des feuilles, fleurs ou autres parties de plantes dans de l'eau chaude pour en extraire les saveurs et

les principes actifs. Il existe plusieurs méthodes d'infusion, mais la plus courante est d'ajouter de l'eau bouillante à la plante et de laisser infuser.

50 ml d'eau minérale a été chauffée jusqu'à l'ébullition puis versée sur 2.5 g de plante et laissée infuser pendant 12 heures. Le lendemain le mélange a été filtré et l'extrait a été récupéré dans des flacons en verre sombre et stérile (**Figure 15**).

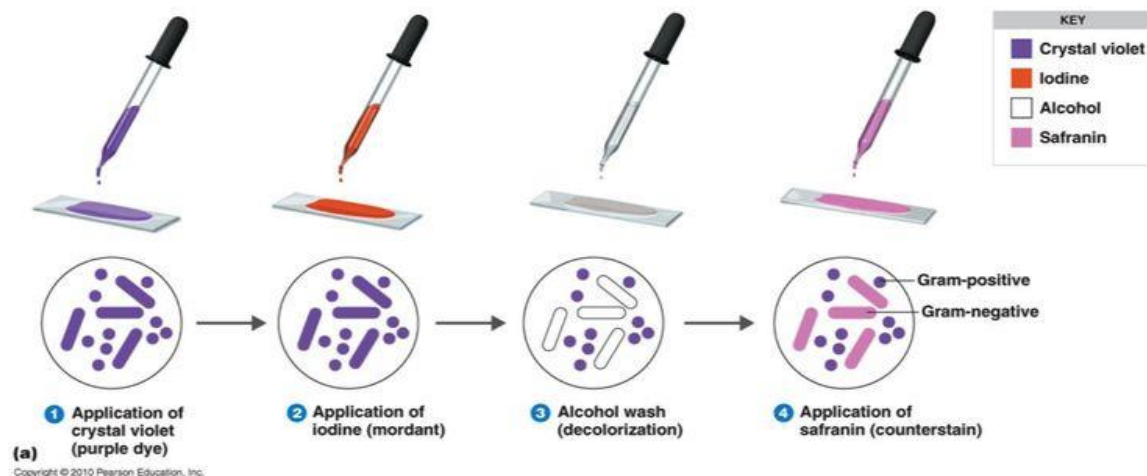
Cette méthode a été effectuée pour toutes les plantes utilisées dans le présent travail.



**Figure 15** : Technique de préparation des extraits aqueux.

### 3.2. Vérification de la pureté des bactéries

Une étape de vérification de la pureté des souches bactérienne utilisées est nécessaire avant d'aller vers le test de l'activité antibactérienne. Cette vérification se fait en réalisant une coloration de Gram (**Figure 16**).



**Figure 16** : Schéma descriptif de la méthode de coloration de Gram.

### 3.3. Recherche de l'activité antibactérienne des extraits aqueux des plantes

Dans le but de l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de plantes médicinales nous avons utilisé le milieu de culture : Mueller-Hinton (MH) en suivant la méthode de diffusion sur disque.

- **Principe :**

Pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits de plantes nous avons adopté la méthode de diffusion sur milieu gélosé en utilisant des disques stériles. C'est une méthode similaire à celle de l'antibiogramme qui consiste à déterminer la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un ou de plusieurs produits.

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide dans une boîte de Pétri avec création d'un gradient de concentration, après un certain temps de contact avec le microorganisme l'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition.

- **Préparation de l'inoculum bactérien :**

L'inoculum bactérien a été préparé à partir d'une culture jeune de 18 à 24 heures sur gélose MH en prélevant 2 à 3 colonies isolées et les mettre en suspension dans une eau saline(0,9% NaCl).

La turbidité de cette suspension bactérienne a été ajusté à **0,5 McFarland**, ce qui correspond à  $1-2 \times 10^8$  UFC/ml (D.O = 0,08 à 0,1/ $\lambda$  = 625 nm. Les cultures peuvent être diluées avec du bouillon Mueller-Hinton afin d'atteindre des densités optiques correspondantes pour chaque test.

- **Ensemencement :**

Des boîtes de Muller Hinton (MH) coulées et séchées pendant 24heures ont été ensemencées par écouvillonnage avec la suspension bactérienne.



**Figure 17 :** Préparation des boîtes du milieu de culture MH.



**Figure 18 :** Etape d'ensemencement.

- **Préparation et dépôt des disques :**

Le papier filtre Wattman N°3 a été découpé en disques de 6mm de diamètre et stérilisé avant leur utilisation. Chacun des disques de papier Wattman stérile est imprégné par 20  $\mu$ l de chaque extrait de plante à une concentration de 50 g /L et placé à la surface du milieu de la boîte de pétri en présence des disques imbibés par une solution aqueuse (témoins négatifs : eau physiologique stérile). Des disques d'antibiotique commercialisés sont utilisés comme témoins positifs : le ceftiofur pour *Escherichia coli* ; la vancomycine pour *Staphylococcus aureus* et la colistine pour *Pseudomonas aeruginosa*. Les disques imprégnés ont été déposés à l'aide d'une pince fine stérilisée à la flamme du bec Bunsen.



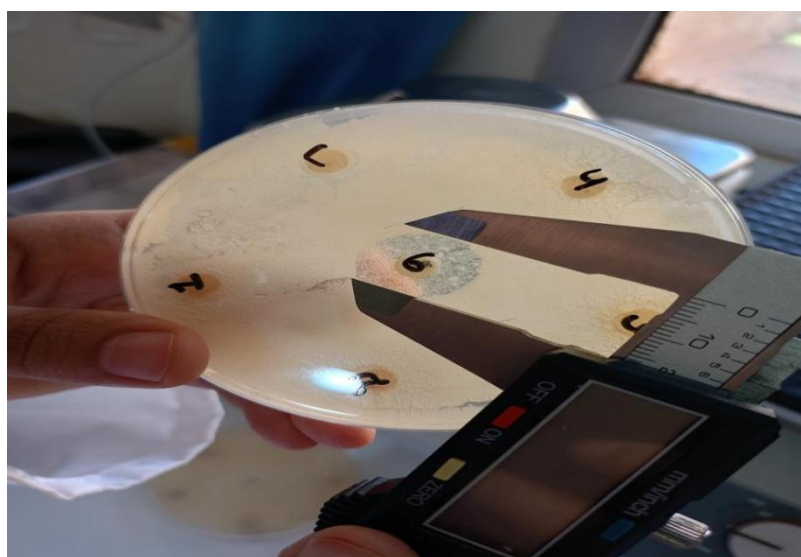
**Figure 19 :** Dépôt des disques.

- **Incubation:**

Les boîtes ont été ensuite incubées **2h à 4°C** puis à **37°C pendant 24 h**.

- **Lecture des résultats :**

La lecture s'effectue en mesurant le diamètre des zones d'inhibitions induites par les extraits testés et les antibiotiques de référence de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse (les extraits qui ont montré un effet antibactérien sur les trois souches ont été choisis pour la préparation des sirops).



**Figure 20:** Mesure des zones d'inhibition

### 3.4. Préparation des sirops

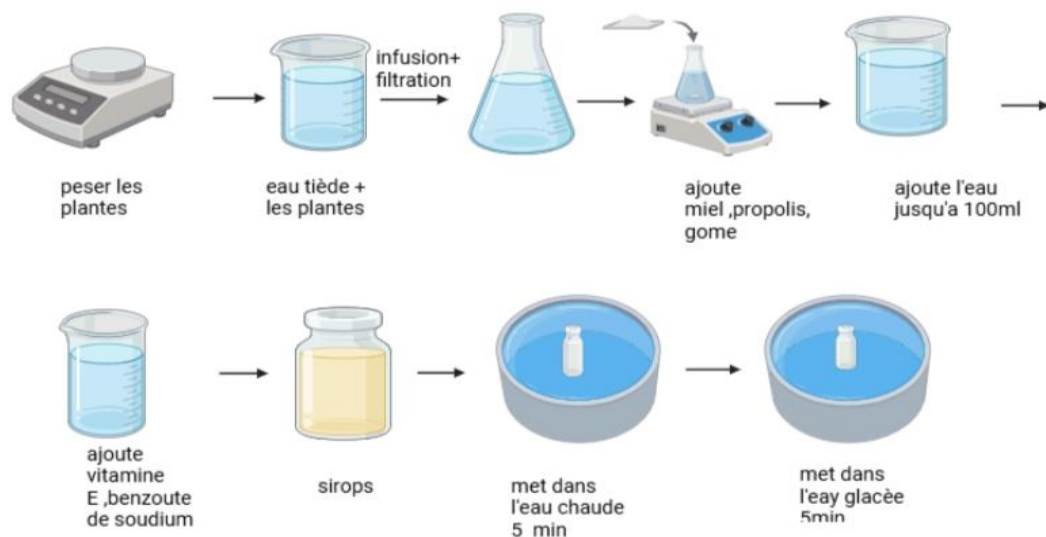
Les plantes ont été incorporées dans de l'eau minérale tiède, le mélange a été laissée 48 heures à la température ambiante afin de favoriser l'extraction des principes actifs ; puis le mélange a été filtré et l'extrait a été récupéré.

10g de miel floral , 0.4g de la gomme et 1g de propolis ont été ajoutés à l'extrait, après agitation l'aide d'un agitateur, le volume a été complété avec de l'eau minéral jusqu'à 100 ml. 0.2g de vitamine E et 0.2g de Benzoate de sodium ont été ajoutés puis les sirops ont été mis dans des flacons stériles.

Enfin, les flacons des sirops ont été placés dans un grand b cher qui contient de l'eau chaude pendant 5 minutes puis dans l'eau glacée, et ainsi le sirop devient prêt.

Nous avons formulé quatre sortes de sirops naturels qui se diff rent l'un de l'autre par la nature des plantes médicinales incorporées :

- **Sirop 01** : 5g de Basilic + 3g d'origan + 3g d'écorces de grenade + 5g d'haloxylon.
- **Sirop 02** : 2g de Jaida + 2g de Moringa + 3g d'écorces de grenade + 5g de Basilic.
- **Sirop 03** : 3g de la sauge + 3g de Jaida + 3g d'origan + 3g de Moringa
- **Sirop 04** : 2g de Jaida + 2g des feuilles d'olivier + 2g de la garance + 10g de caroube.



**Figure 21:** Préparation des sirops.

### 3.5. Contrôle de qualité microbiologique des sirops

- **Milieux de culture utilisés**

**Tableau 06 :** Milieux de culture utilisés pour la recherche des microorganismes pathogènes et d'altérations.

Milieu de culture	Microorganisme recherché
Mac Conkey	E. Coli et Coliforme
Sabouraud	Levures et moisissures
Salmonella- Shigella Agar (S.S.A)	Salmonella spp
Mannitol Salt Agar (M.S.A)	Staphylococcus aureus
Plate count Agar (PCA)	Bactérie aérobies totale

- **Ensemencement**

Les milieux ont été coulés dans des boîtes Pétri stériles dans les conditions d'asepsie à coté de bec benzène. Les boites ont été laissées au moins 30 minutes pour la solidification des milieux. Un ensemencement en surface a été réalisé en versant 1ml du sirop à la surface de chaque milieu de culture. Un écouvillon stérile a été utilisé pour l'étalement du sirop.

- **Incubation**

- Milieu Sabouraud : 25-30°C pendant 3-5 jours.
- Milieu Mac conkey : 30-35°C pendant 18 à 72 heures.
- Milieu S.S.A : 37°C pendant 24-48 heures.
- Milieu M.S.A : 37°C pendant 24-48 heures.
- Milieu P.C.A : 37°C pendant 24 heures.

### 3.6. Mise en évidence de l'activité antibactérienne des sirops préparés à base de plantes médicinales

Les souches ont été revivifiées et la turbidité a été ajusté à 0,5 McFarland, ce qui correspond à  $1-2 \times 10^8$  UFC/ml (D.O = 0,08 à 0,1/ $\lambda$  = 625 nm. Nous avons utilisé la technique de diffusion sur milieu solide. C'est une méthode similaire à celle de l'antibiogramme qui consiste à déterminer la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un ou de plusieurs produits.

De ce fait, chacun des disques de papier Wattman stérile N° 3 et de diamètre 6 mm est imprégné par 20 µl de chaque sirops préparé à base de plantes médicinales choisies et placé à la surface du milieu de la boîte de pétri en présence des disques imbibés par une solution aqueuse (témoins négatifs). Des disques antibiotiques commercialisés sont utilisés comme témoins positifs. Les boîtes sont ensuite incubées 2h à 4°C puis à 37°C pendant 24 h.

La lecture s'effectue en mesurant le diamètre des zones d'inhibitions induites par les sirops testés et les antibiotiques de référence de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse

***Chapitre III :***  
***Résultats et Discussion***

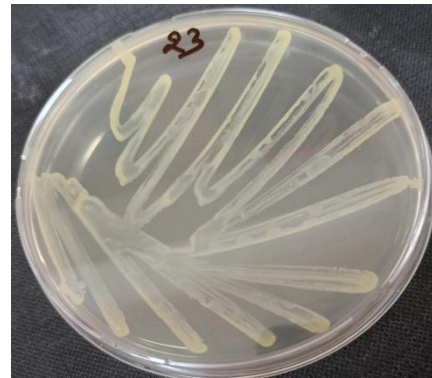
## Résultats et discussion

### 1. Confirmation de pureté des souches bactériennes

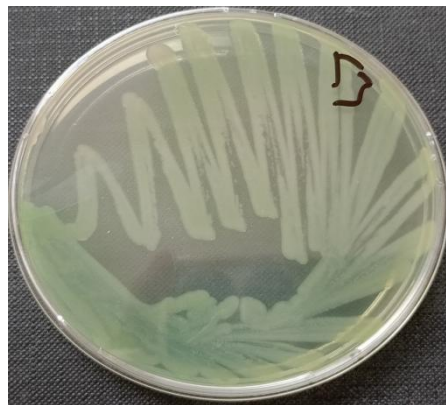
Les aspects macroscopiques des colonies ont permis de confirmer la pureté des souches de référence utilisées dans ce travail (**Figure 22**).



*E.coli*



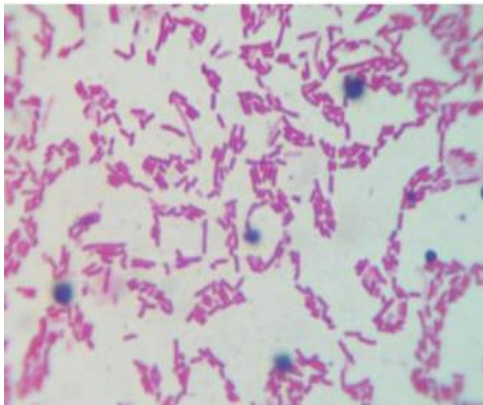
*S.aureus*



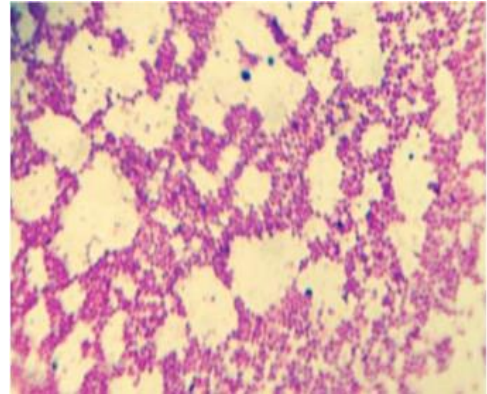
*P. aeroginsa*

**Figure 22** : Aspect macroscopique des colonies de bactéries utilisées.

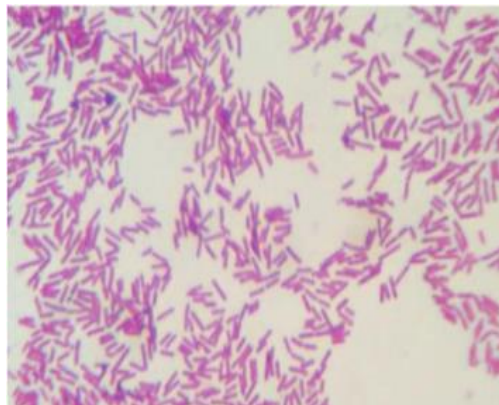
Les caractères microscopiques des bactéries utilisées ont été également recherchés après une coloration de Gram afin de confirmer leur pureté. Les résultats obtenus montrent que les souches conservées sont toujours pures (**Figure 23**).



*E.coli*



*S. aureus*



*P. aeruginosa*

**Figure 23 :** Observations microscopiques G×100 des bactéries utilisées après coloration de Gram.

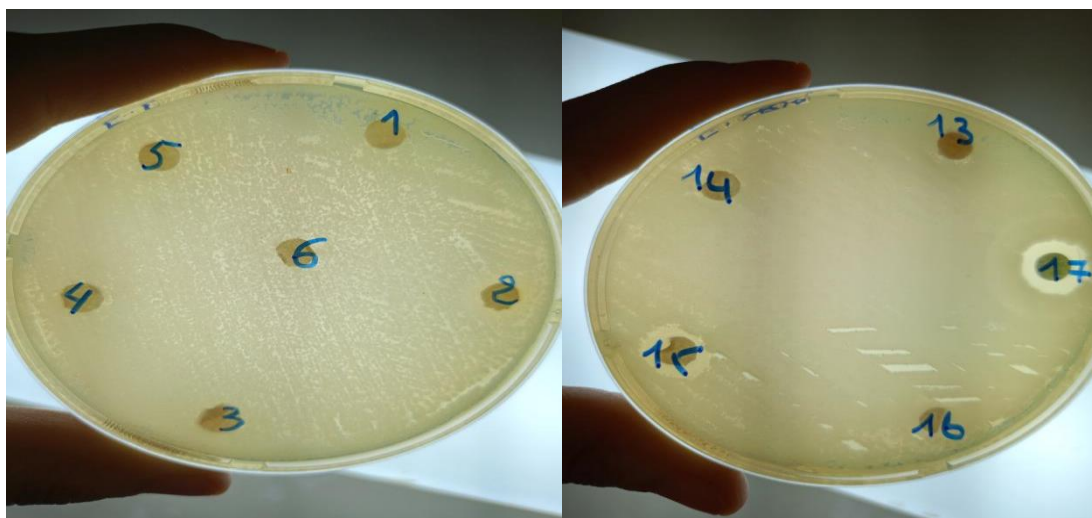
Les caractères macroscopiques et microscopiques des différentes souches sont résumés dans le **tableau 07**.

**Tableau 07** : Caractères macroscopiques et microscopiques des bactéries utilisées.

Bactérie	Gram	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
<i>E.coli</i>	Négatif	Colonie de 2mm de diamètre, ronde bombée à contours réguliers, surface lisse.	Bacille de forme cylindrique, se présente seul ou groupé en diplobacilles et rarement en Amas.
<i>S.aureus</i>	Positif	Colonies jaunes dorées de 1mm de diamètre, rondes, lisses, bombées.	Coques groupés en amas ou en grappes de raisin.
<i>P.aeruginosa</i>	Négatif	Colonies jaune vertes, larges de 2 à 3 mm de diamètre à bords réguliers, surface lisse, plates sur les bords et un peu bombées au centre.	Bacille fin, droit, isolé ou groupé en diplobacilles.

## 2. L'activité antibactérienne des extraits des plantes

Les résultats du test préliminaire de l'activité antibactérienne des extraits de plantes sur les trois souches bactériennes sont représentés dans les **figures 24, 25 et 26**.



**Figure 24** : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis *E.coli*

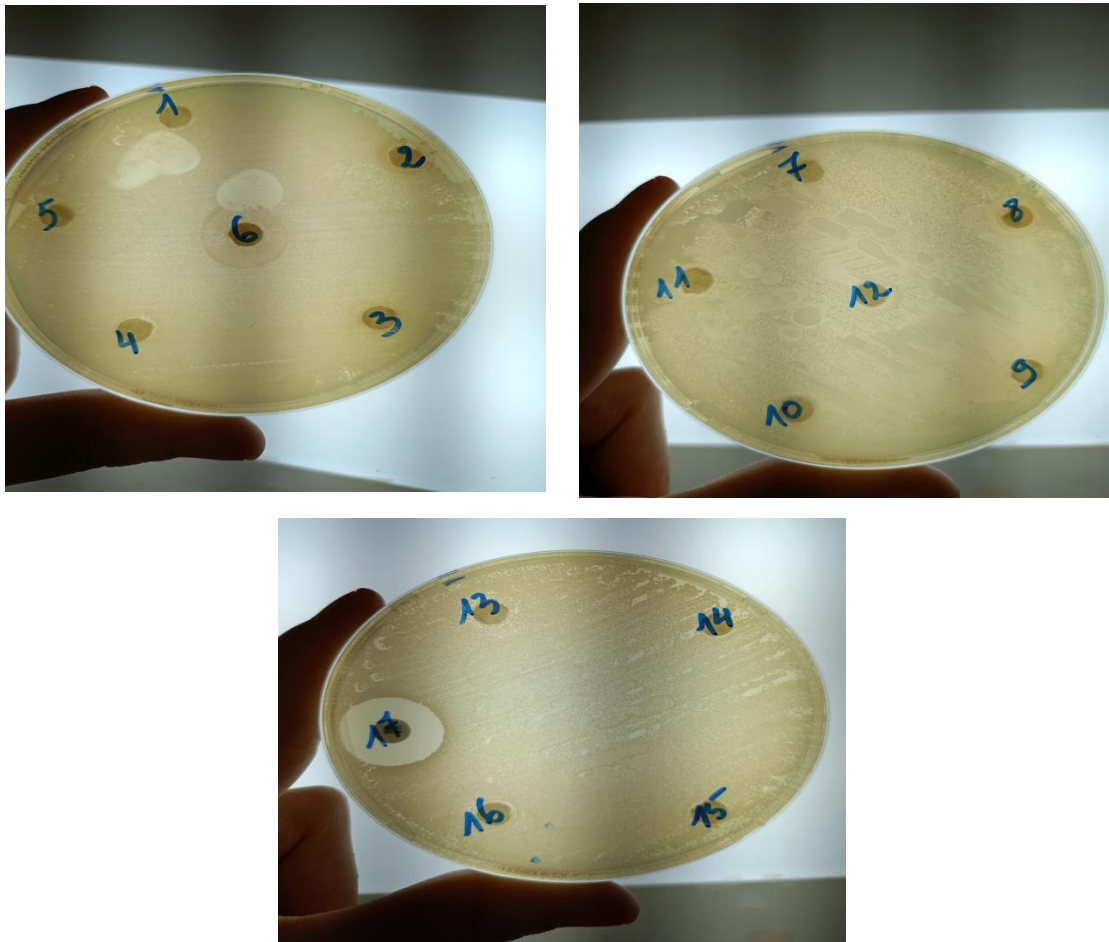


Figure 25 : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis *S.aureus*

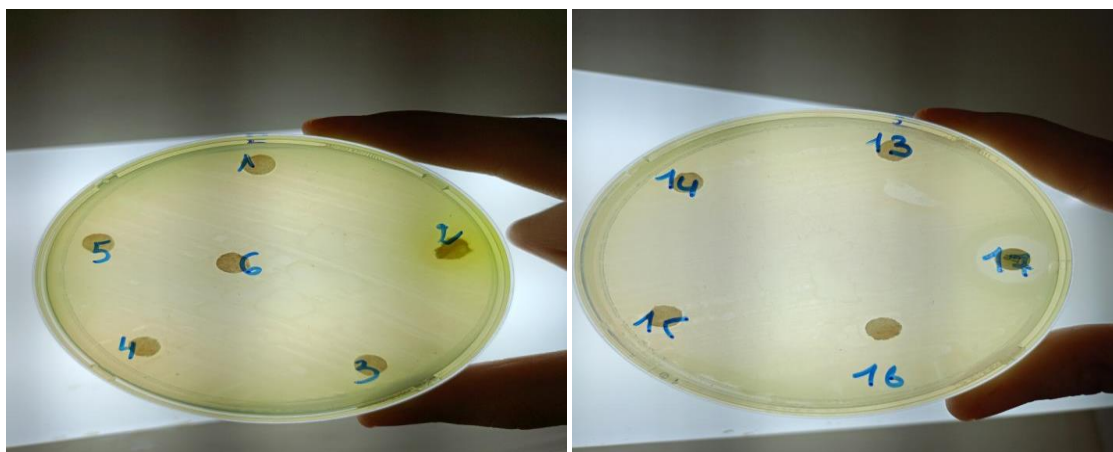


Figure 26 : Résultats du test de l'activité antibactérienne des extraits vis-à-vis *P.aeruginosa*.

Le **tableau 08** présente les diamètres d'inhibition (en mm) induites par les différents extraits de plantes testés contre les trois souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*.

**Tableau 08:** Diamètres d'inhibition de la croissance des souches bactériennes induite par les extraits des plantes.

	Diamètre d'inhibition (mm)						
	Ecorces de grenade	Basilic	Moringa	Les clous de girofle	Haloxylon	Jaida	ATB
<i>E. coli</i>	10	9	6	9.5	9.5	–	12
<i>P. aeruginosa</i>	8	6	–	10.5	–	–	11.5
<i>S. aureus</i>	11	8	5.5	–	–	9	12

Les résultats montrent que l'activité antibactérienne varie selon la plante utilisée et la souche bactérienne ciblée.

Concernant *E. coli*, les extraits les plus efficaces sont l'écorce de grenade (10 mm) ; suivis par les clous de girofle et le Haloxylon, avec un diamètre d'inhibition de 9,5mm,. Le basilic et le moringa présentent une activité modérée avec des diamètres respectifs de 9 mm et 6 mm. Aucun effet antibactérien n'a été induit par l'extrait de Jaida.

Pour *P. aeruginosa*, seule une activité significative est observée avec les clous de girofle (10,5mm), tandis que les autres extraits végétaux présentent soit une faible activité (écorce de grenade : 8 mm ; basilic : 6 mm), soit aucune inhibition détectable (moringa, Haloxylon, Jaida).

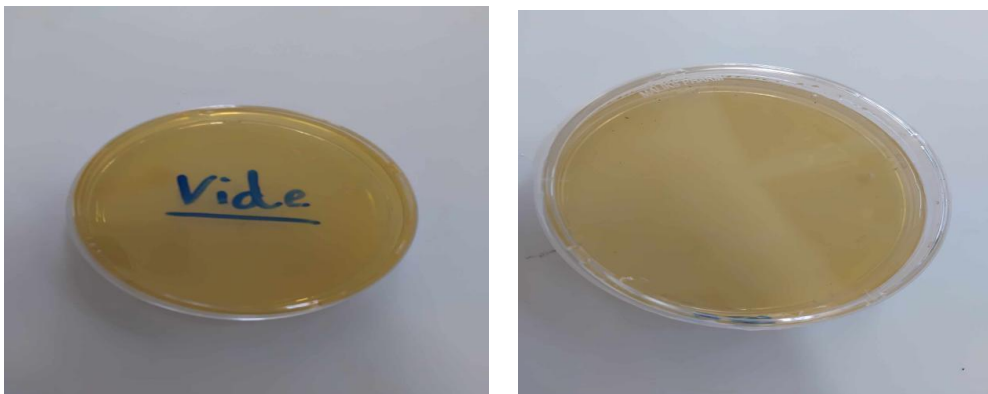
Quant à *S. aureus*, l'écorce de grenade montre la plus forte activité inhibitrice (11mm), suivie par le basilic (8 mm) et le moringa (5,5 mm). L'extrait de Jaida a montré une inhibition modérée (9 mm), alors que les autres plantes n'ont montré aucune activité.

Comparativement au témoin positif (antibiotique ATB), dont les diamètres d'inhibition varient entre 11,5 mm et 12 mm pour les différentes souches, certains extraits végétaux notamment les clous de girofle et l'écorce de grenade montrent une activité antibactérienne relativement proche, ce qui suggère un potentiel antimicrobien intéressant.

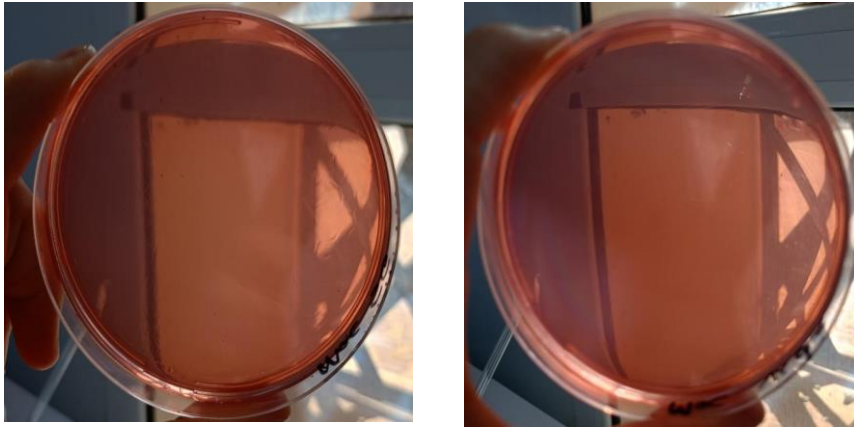
### 3. Qualité microbiologique des sirops

Un contrôle de qualité microbiologique a été effectué sur les sirops préparés en cherchant des germes d'altérations et pathogènes. Après incubation, aucune croissance microbienne n'a été observée dans les boîtes, le milieu reste clair et sans turbidité ni apparition des colonies ce qui nous a confirmé que les sirops ne sont pas contaminés par des microorganismes. Cette stérilité peut être due à plusieurs facteurs, notamment le respect des bonnes conditions d'hygiène lors de la préparation des extraits et des sirops, la concentration élevée en sucre qui inhibe la croissance microbienne, ou encore l'addition éventuelle de conservateurs. Donc, le sirop analysé ne constitue aucun risque sur la santé du consommateur.

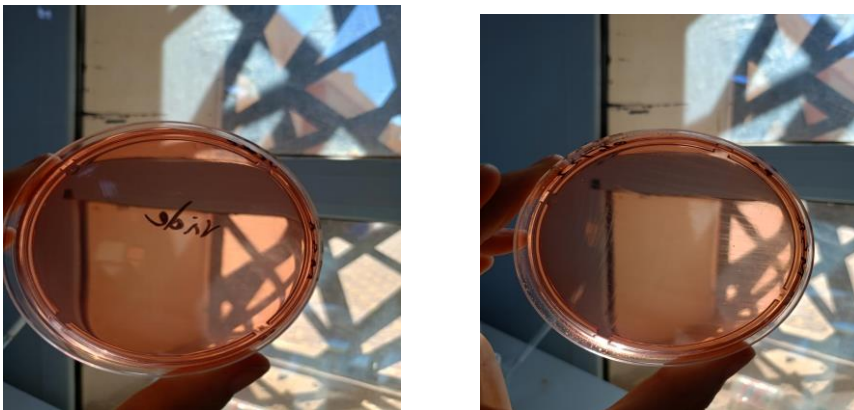
Les résultats obtenus sont présentés dans les **figures de 27 à 31**.



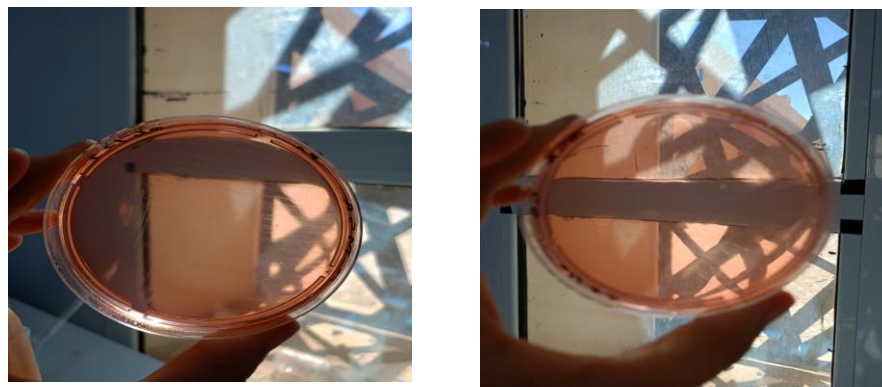
**Figure 27:** Résultats des analyses microbiologiques sur milieu Sabouraud.



**Figure 28:** Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu Mac Conkey



**Figure 29:** Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu S.S.A



**Figure 30 :** Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu, M.S.A

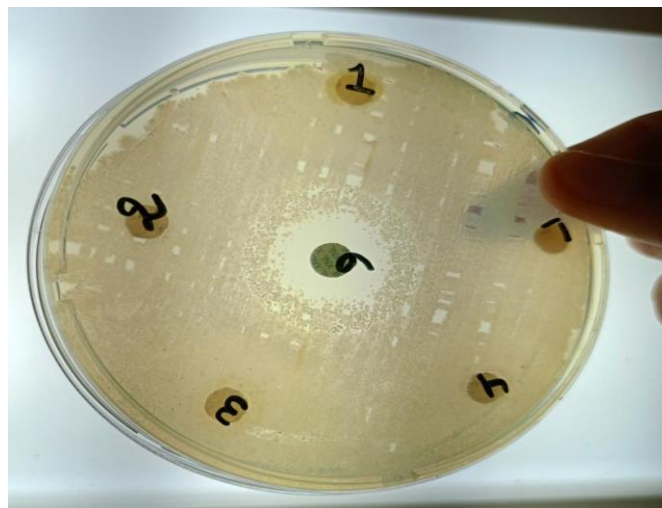


**Figure 31:** Résultats des analyses microbiologiques sur le milieu P.C.A

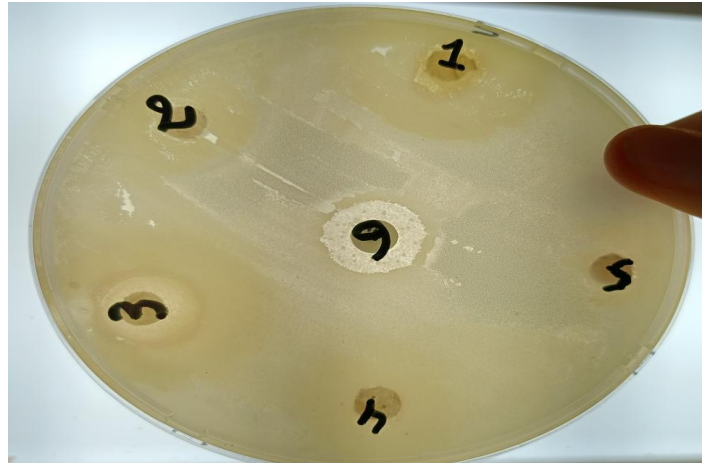
#### 4. L'activité antibactérienne des sirops à base des plantes médicinales

Les extraits des plantes médicinales qui ont montré une bonne activité antibactérienne ont été sélectionnés pour préparer des sirops naturels, ces derniers ont été testés pour leur effet antibactérien.

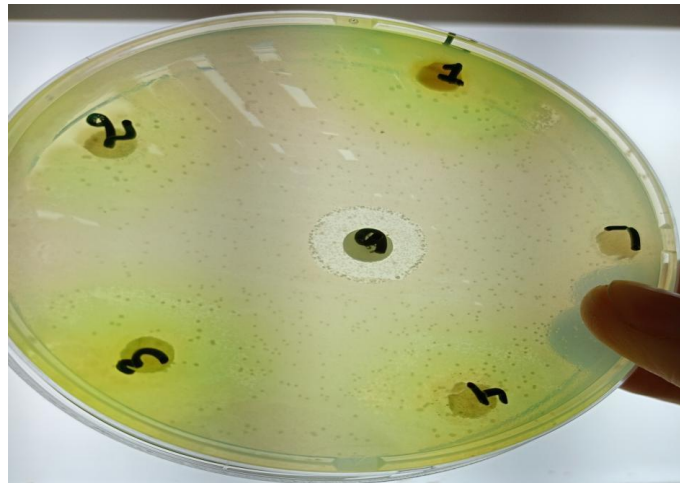
Les résultats de la recherche de l'activité antibactérienne des sirops à base des plantes sur les trois souches bactériennes sont représentés dans les **figures 32, 33 et 34**.



**Figure 32:** Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis *E.coli*



**Figure 33:** Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis *S.aureus*



**Figure 34:** Résultats du test de l'activité antibactérienne des sirops vis-à-vis *P.aeruginosa*

Le **tableau 09** illustre l'effet inhibiteur des sirops formulés selon différents protocoles contre les mêmes souches bactériennes (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*). Les diamètres d'inhibition sont comparés à un témoin positif (antibiotique) ainsi qu'à un témoin négatif (eau physiologique).

Pour *E. coli*, seul le Protocole 1 a montré une activité antibactérienne notable avec un diamètre de 10,5 mm, ce qui est relativement proche de l'activité de l'antibiotique (19,5 mm), bien que moins puissante. Les autres protocoles, ainsi que l'eau physiologique, n'ont présenté aucune activité inhibitrice.

En ce qui concerne *P. aeruginosa*, les trois protocoles testés (1, 2 et 3) ont tous démontré une certaine efficacité, avec des diamètres de 8 mm, 10 mm et 9 mm respectivement. Le Protocole 4 a révélé la plus forte inhibition avec 11 mm, ce qui reste inférieur au témoin antibiotique (13,5 mm), mais néanmoins significatif. Aucune activité n'a été observée avec l'eau physiologique.

Pour *S.aureus*, les protocoles 1 et 2 ont montré une activité identique (9,5 mm), tandis que les autres protocoles n'ont donné aucun résultat.

**Tableau 09:** Diamètres d'inhibition de la croissance des souches bactériennes testées sur les sirops a base des plantes.

	Diamètre d'inhibition (mm)					
	Sirop 1	sirop 2	Sirop 3	sirop 4	Eau physiologique	ATB
<i>E.coli</i>	10.5	–	–	–	–	19.5
<i>P.aeruginosa</i>	8	10	9	11	–	13.5
<i>S.aureus</i>	9.5	9.5	–	–	–	14

## 5. Discussion générale

Le présent travail a permis d'explorer l'efficacité de plusieurs extraits de plantes et formulations sirop contre trois agents pathogènes majeurs : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, et *Pseudomonas aeruginosa*. Ces agents représentent un enjeu majeur en santé humaine et vétérinaire, notamment dans le contexte de l'antibiorésistance croissante (Who, 2014).

L'analyse morphologique et la coloration de Gram ont confirmé l'identité des souches testées. Ce type d'identification, bien que classique, reste essentiel pour assurer la fiabilité des tests microbiens (Prescott et al., 2002).

Les résultats ont été en accord avec la morphologie attendue : bacilles Gram négatif pour *E. coli* et *P. aeruginosa*, et cocci Gram positif associés en grappes pour *S.aureus*.

Les extraits de grenade et de clous de girofle ont montré une activité antimicrobienne significative. Ceci est attribuable à la présence de composés bioactifs comme l'acide ellagique, les tanins hydrolysables, et l'eugénol (Choi *et al.*, 2007 ; Reddy *et al.*, 2007). Les résultats concordent avec des travaux montrant que l'écorce de grenade exerce un effet inhibiteur sur *E. coli* et *S. aureus* (Al-Zoreky, 2009).

La faible activité des extraits contre *P. aeruginosa* s'explique par les mécanismes de résistance de cette bactérie, incluant des systèmes d'efflux, une perméabilité réduite et la production de biofilms (Poole, 2004).

L'activité antibactérienne de l'extrait d'une plante est due aux différents agents chimiques présents dans cet extrait y compris les flavonoïdes, les tannins et les tri terpènes principalement les saponosides. Des chercheurs ont montré que l'activité antibactérienne est due à la nature des bactéries de Gram- ou Gram+ qui est liée à la différenciation dans la structure membranaire de ces bactéries et aussi au mode d'extraction et la concentration du principe actif. L'apparition d'une zone d'inhibition autour du disque de papier imprégné d'extrait brut étudié traduit l'action bactériostatique. Le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et d'un extrait à un autre. Comme cela a été rapporté dans la littérature (Sagdiç, 2003).

Les sirops, bien que dilués, ont conservé une activité antibactérienne modérée. Cela confirme que les principes actifs ont bien été extraits et sont restés stables dans la matrice sucrée (Chirife *et al.*, 1983). Les meilleurs résultats ont été observés avec les sirops issus des protocoles 1 et 4, suggérant une synergie entre les composants actifs des plantes utilisées.

Aucune croissance microbienne n'a été détectée après incubation sur les différents milieux de culture utilisés pour le contrôle de la qualité microbiologique des sirops ; attestant d'une stérilité satisfaisante. Ce résultat est d'autant plus important qu'il démontre que les préparations sont sûres d'un point de vue microbiologique. La stérilité pourrait également être attribuée à l'effet conservateur de certains composés végétaux (Zaika, 1988).

Les extraits végétaux testés montrent un potentiel prometteur pour le développement de traitements alternatifs aux antibiotiques. L'intégration dans des formulations liquides comme les sirops est une voie intéressante, particulièrement dans les contextes pédiatriques ou pour les animaux.

# *Conclusion*

## Conclusion

Au terme de ce travail, il apparaît clairement que les plantes médicinales étudiées, telles que le clou de girofle, les écorces de grenade, le basilic, le teucrium, le tamaris et la moringa, représentent non seulement un patrimoine thérapeutique précieux, mais aussi une source prometteuse de composés bioactifs à fort potentiel. L'analyse bibliographique et les résultats expérimentaux ont démontré que les extraits de ces plantes possèdent une activité antibactérienne significative, ce qui ouvre de nouvelles perspectives face au problème croissant de la résistance bactérienne aux antibiotiques conventionnels.

L'effet antibactérien de ces plantes a été recherché sur *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* avant de les utiliser dans la formulation de sirops naturels.

Les résultats obtenus confirment que les sirops préparés à base des extraits de ces plantes présentent une efficacité notable contre les différentes souches bactériennes, renforçant ainsi la possibilité de leur utilisation comme alternatives ou compléments aux traitements chimiques, notamment dans un contexte où la demande de solutions naturelles et sûres ne cesse d'augmenter.

En conclusion, ce travail met en évidence que les plantes médicinales étudiées disposent d'un réel potentiel thérapeutique, aussi bien comme agents antibactériens que comme ingrédients essentiels dans la formulation de sirops naturels. Il est donc recommandé de poursuivre les recherches expérimentales et cliniques sur ces espèces afin de valoriser leur utilisation en médecine moderne, tout en veillant à préserver l'équilibre écologique et à valoriser les savoirs traditionnels.

Toutefois, des études supplémentaires sont nécessaires pour :

- Identifier les principes actifs exacts, afin de déterminer les composés responsables de cette activité antibactérienne, et évaluer leur efficacité, leur innocuité et leur synergie potentielle ;
- Tester l'activité antibactérienne contre d'autres souches de bactéries pathogènes ;
- Réaliser des analyses physico-chimiques pour déterminer la composition précise, la stabilité et la durée de conservation du sirop ;
- Mettre en place d'essais biologiques *in-vivo* pour confirmer l'efficacité thérapeutique du sirop.

# *Références bibliographiques*

**Abeoub C.Ben belabbas S. 2021.** Étude de l'activité antioxydant et antibactérien des extraits aqueux et méthanoliques de la plante médicinale Glycyrrhiza glabra L de quatre régions. Mémoire de Mastère.Université de Biskra, Algérie.

**Ait Fella D .Ait Issad H. 2017.** Mémoire de master.Caractérisation et optimisation de la formulation d'un sirop pharmaceutique à base d'extrait de thym.Université de Tizi-Ouzou, Algérie.

**Al-Zoreky, N.S. (2009).** Antimicrobial activity of pomegranate peel against Salmonella and other bacteria. Food Control, 20(7), 655-660.

**Anne-Sophie Limonier., (2018).** La Phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie.Thèse de doctorat.Université de Marseille :99p.

**Anwar FS., Latif M., Ashraf et Gilani H .2007.** Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses. PhytotherapyResearch, 21: 7-25.

**ARIL JL, DABERNAT H, DENIS F, MONTEIL H. 1988.** La Bactériologie clinique 2ème édition section IV ; P : 149.

**Arnaud. 2021.**Guide d'utilisation des remèdes maison à base de plantes médicinales par voie orale.Soin et nature.

**AZEB ATHMANE S. AZZA O . 2022.** Mémoire fin d'étude .Screening chimique et évaluation de l'activité antibactérienne, anticancéreuse et anti hémolytique de quelques plantes médicinales. Université de El Oued, Algérie.

**BAKIRI M. BELKHELFA A.2020.**Détermination des concentrations minimales inhibitrices d'un antibiotique.Mémoire de Mastère.Université de Blida, Algérie.

**BEN AMMAR Mouna.2018.** Contribution à la connaissance du genre Tamarix dans la région de Ouargla. mémoire de master . UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA, Algérie.

**BENDJABALLAH S.BENMEGGOURA N. TAOUTAOU S.2021.** Anti inflammatoire et anti oxydantes propriétés des extraits des feuilles d'olivier récoltées de différentes régions .Mémoire de mastère .Université de Constantine, Algérie).

**BENELMILI S. SAHRAOUI Rofeida N.2020.** Etude du profil bactériologique et de la résistance aux antibiotiques de *Pseudomonas aeruginosa* au niveau du CHU de Constantine. mémoire de mastère . Université de Constantine ,Algérie.

**BEZZINA R. CHARAOUI Z.2017.** Étude des activités biologiques de l'huile essentielle de la sauge (*Salvia officinalis*).mémoire de mastère. Université de Blida ,Algérie .

**BOUFENGHOUR R.LAOUAR N.2022.** Étude phytochimique et évaluations des activités anti-diabétique et analgésique de L'espèce : *Moringa oleifera*.L. mémoire de master .université de Constantine ,Algérie.

**BOUHAKA A. BOUKESSIRA N. ZEGROUR F.2021.** Étude de l'activité antibactérienne des poly phénols de la propolis de l'Est Algérien. Mémoire de mastère. Université de Mila, Algérie .

**Bouziane OM HANI & Khenfer IBTISSAM. 2021.** Valorisation de l'huiles essentielles de basilic comme bio insecticide.mémoire de mastère. Université Ouargla ,Algérie.

**BRAHMI S. YAHIAOUI Y.2022.** Étude de l'effet antibactérien de l'huile essentielle de l'origan contre quelques bactéries isolées des prélèvements pathologiques. Mémoire de mastère. Université De Blida, Algérie.

**Chaachouay N., (2022).** Etude Floristique et Ethnomédicinale des Plantes Aromatiques et Médicinales dans le Rif (Nord du Maroc). Mémoire de Mastère. Université de Kénitra :245 p.

**CHALMERS RM, AIRD HOLTON, ET BOLTON FJ. 2000.** Waterborne *Escherichia coli* O 157. *Journal of applied Microbiology*; 88(supplement):124S-132S.

**CHEBALLAH N .MOKDEL I .ZEMIRLI Y.2022.** Prévalence et antibiorésistance de souches de *Staphylococcus aureus* d'origine hospitalière au CHU. mémoire de mastère. Université de Tizi-Ouzou,Algérie.

**CHIAL N.2020.** Le caroubier : utilisations et intérêt économique. Mémoire de mastère. Université de Constantine ,Algérie.

**Chirife, J. (1983).** The influence of water activity on microbial growth. *Journal of Food Protection*, 46(2), 132-135.

**Choi, C. W. (2007).** Antioxidant activities of the extracts from the herbs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55(4), 1058-1062.

**Das. 2010.** Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends.

**De Saint Sauveur et Broin, 2006.** L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* Lam. contre les carences alimentaires.

**Evreinoff, V. A. (1949).** Le grenadier (*Punica granatum* L.). *Fruits*, 4(5), Article 5.

**FLAUDROIS JP. 2004 .** Bactériologie /croissance bactérienne. Cours de Bactériologie Médicale DCEM1UFR Médecine Lyon Sud-Laboratoire de biométrie 2004.P :1-3-10.

**Foidl N., Makkar H.P.S, et Becker K, 2001.** Potentiel de *moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie.

**Fontanay. 2015.** Evaluation des activités antibactériennes des huiles essentielles et/ou de leurs composants majoritaires.

**Greatorex J .S.,Thorene G .M.,1994 .** Humoral immune responses to shiga-like toxins and *Escherichia coli* O157 lipopolysaccharide in hemolytic-uremic syndrome patients and healthy subjects .*J clin microbial* 2000; P 32:1172-1178.

**HADJ MOHAMED R.2014.** Identification et Antibiorésistance des Staphylocoques isolés de plusieurs prélèvements au niveau de l'Hôpital de Koléa (Tipaza) .mémoire de mastère .Université de Blida, Algérie.

**Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009).** Pomegranate : Botany, horticulture, breeding. *Horticultural reviews*, 35, 127-191.

**LAZOUNI H.CHAOUCHE T. 2024.** Généralités sur les plantes médicinales.Thèse de doctorat.Université de Tlemcen, Algérie.

**Le Loir, Y., Gantier, M. (2010).** «Monographie de la microbiologie: *Staphylococcus aureus*». Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

**Leone. 2016.** Nutritional characterisation of *Zambian Moringa oleifera*: acceptability and safety of short-term daily supplementation in a group of malnourished girls.

**LEVINE M. 1988.** *Escherichia coli* that cause diarrhea : entérotoxigénique , entéroinvasive, entérohémorragique , and entéroadhérent. *Journal of Infectious Diseases*; 155 : 377 -38.

**LOBRIL JR. 1988.** Réévaluation du modèle de croissance de Monod : effets des antibiotiques sur l'énergie de maintenance. Thèse de l'université de Lyon I France: 42-77.

**MAKHLOUFI Lamis, TABCHICHE Roukaya. 2024.** Évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de l'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). Université de Constantine, Algérie.)

**MEMDOUH S. REDDAF N. 2018.** Les infections à *Pseudomonas aeruginosa* au CHU de Constantine. mémoire de maîtrise . Université de Constantine, Algérie.

**Montet M., 2009.** Contamination des aliments par *Escherichia coli* producteurs de shigatoxines (stec) en France, et importance de l'acide-résistance de la souche. *This école pratique des hautes études*. p72.

**Olson, M., and Carlquist, S. (2001).** "Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae)." *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135(4), 315-348.

**Poole, K. (2004).** Efflux-mediated multiresistance in Gram-negative bacteria. *Clinical Microbiology and Infection*, 10(1), 12-26.

**Prescott, L.M., Harley, J.P., Klein, D.A. (2002).** *Microbiology*. 5th ed. McGraw-Hill.

**Reddy, M.K. (2007).** Antioxydant, antimicrobien et anti-inflammatoire activités de *Punica granatum*. *Journal of Ethnopharmacology*, 105(3), 535-540.

**Shaygannia, E., Bahmani, M., Zamanzad, B., & Rafieian-Kopaei, M. (2016).** A review study on *Punica granatum* L. *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*, 21(3), 221-227.

**Stewart. 2015.** Plos Biologiy February 2015.

**WHO. (2014).** Antimicrobial resistance: global report on surveillance.

**Yang LW, He BY, Huang PY, (2005)** Evaluation on ecological value of Tamarix spp. forest in Hotan Drainage basin. J. desert Res. 25, 268e274 (in Chinese).

**Zaika, L.L. (1988).** Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. Journal of Food Safety, 9(2), 97-118.

**Références électroniques :**

Le domaine de 1000 plantes.2024. Les sirops médicinaux (disponible sur: [ledomainedesmilleplantes.com](http://ledomainedesmilleplantes.com) ,consulté le 07/02/2024).

<https://www.futura-sciences.com>

# *Annexe*

## Annexe : Composition des milieux de culture.

Milieux	Composition
<b>Muller-Hinton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- infusion de viande de bœuf ..... 300,0 ml</li> <li>- peptone de caséine .....17,5 g</li> <li>- amidon de maïs .....1,5 g</li> <li>- agar .....17,0 g</li> <li>- Eau distillée.....1L</li> <li>- pH = 7,4</li> </ul>
<b>Sabouraud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peptone de caséine .....5 g</li> <li>- Peptone de viande .....5 g</li> <li>- Glucose monohydraté .....40 g</li> <li>- Chloramphénicol .....0,5 g</li> <li>- Agar .....15 g</li> <li>- Eau distillée.....1L</li> <li>- pH = 5.6 ± 0.2 à 25 °C</li> </ul>
<b>Mac Conkey</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peptone pancréatique de gélatine ..... 17 g</li> <li>- Tryptone ..... 1,5 g</li> <li>- Peptone pepsique de viande ..... 1,5 g</li> <li>- Lactose..... 10 g</li> <li>- Sels biliaires ..... 1,5 g</li> <li>- Chlorure de sodium..... 5 g</li> <li>- Rouge neutre ..... 30 mg</li> <li>- Cristal violet..... 1 mg</li> <li>- Agar ..... 13,5 g</li> <li>- Eau distillée.....1L</li> <li>- pH à 25 °C : 7.1 ± 0.2</li> </ul>

<b>M.S.S</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peptone (pancréatique de viande ou caséine) .....5 g</li> <li>-Lactose .....10 g</li> <li>-Bile ox (sels biliaires) .....8.5 g</li> <li>-Thiosulfate de sodium .....8.5 g</li> <li>-Citrate de sodium .....10 g</li> <li>-Ferric citrate (ou citrate ferrique) .....1 g</li> <li>-Rouge neutre (colorant pH) .....25 mg</li> <li>-Vert brillant (inhibiteur de la flore) ..... 0.33 mg</li> <li>-Agar .....13.5 g</li> <li>-Eau distillée .....1 L</li> <li>-pH =7.0 ± 0.2 à 25 °C</li> </ul>
<b>PCA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extrait de viande.....3 g</li> <li>- Peptone (caséine enzymo-hydrolysée).....5 g</li> <li>- Glucose (ou dextrose) .....1 g</li> <li>- Agar .....15 g</li> <li>- Eau distillée .....1 L</li> <li>- pH = 7 ± 0,2 à 25 °C</li> </ul>
<b>M.S.A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mannitol ..... 10 g</li> <li>- Extrait de viande ..... 1 g</li> <li>- Peptone ..... 5 g</li> <li>- Chlorure de sodium (NaCl) ..... 75 g</li> <li>- Rouge de phénol..... 0,025 g</li> <li>- Agar .....15 g</li> <li>- Eau distillée ..... 1L</li> <li>- pH =.7,4 ± 0,2 à 25 °C</li> </ul>