

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université A. MIRA - Béjaia**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Microbiologie

Spécialité Microbiologie appliqué



Réf : .....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

***Activité antimicrobienne de trois  
huiles essentielles***

Présenté par :

**BOUCHEROU Zahia**

**HARADJ Nafissa**

Soutenu le : 02 juillet 2025  
Devant le jury composé de :

- |                     |     |              |
|---------------------|-----|--------------|
| ➤ Mme FARADJI. S    | PR  | Présidente   |
| ➤ Mr ADJEBLI. A     | MCB | Encadrant    |
| ➤ Mme BENSIDHOUM. L | MCB | Examinatrice |

**Année universitaire : 2024/ 2025**

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions **Allah** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur, Mr **ADJEBLI**, pour avoir accepté de nous encadrer avec bienveillance. Nous le remercions sincèrement de nous avoir accordé la liberté nécessaire pour mener à bien notre travail, tout en nous accompagnant avec un regard critique, rigoureux et éclairé. Sa rigueur scientifique, la pertinence de ses conseils ainsi que sa sympathie ont grandement enrichi notre expérience. Nous lui sommes également reconnaissantes de la confiance qu'il nous a témoignée en nous responsabilisant tout au long de ce projet.

Un grand et respectueux remerciement à Mme **FARADJI** et Mme **BENSIDHOUM** de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail. Veuillez accepter l'expression de notre profond respect.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mme **BENSIDHOUM**, Mme **SAIDANI**, Mme **BELHAMICHE**, Mme **BENACHOUR** et Mr **CHIKHOUNE** pour leur soutien, leur aide précieuse et leurs encouragements tout au long de notre parcours.

## *DÉDICACE*

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, pour leur patience et leurs encouragements. Que Dieu les protège et les garde. À mon grand-père, que Dieu lui fasse miséricorde.*

*A mes très chères sœurs, qui m'ont toujours soutenu, encouragé et poussé à donner le meilleur de moi-même et mes neveux hamza et ayoub.*

*A tous mes chers amis chaima amrane, souhila yanar ,rayane khalad ,sara messaoudi et surtout hana rekhila . Pour leur soutien et leur amitié aussi mes camarades ouazib tassadit , goumache céline, zerouki sara , lidya , cylvia ighammar, katia bouchaabah pour leur aide et l'ambiance Chaleureuse qui nous a réuni durant ce travail.*

*Je remercie également mon amie mebarki dounia pour son aide et son encouragement.*

*A ma chère binôme haradj nafissa qui a partagé avec moi les moments difficiles tout au long de ce travail.*

*Je dédie mon travail aussi à :*

*Mr Adjebli Ahmed pour son soutien et son encouragement aussi bien pour sa patience jusqu'à la fin de ce modeste travail et un grand merci pour Mme saidani karima et pour Mme bensidhoum pour leurs conseils et leurs aides.*

*Zahwa*

## **DÉDICACE**

Je remercie profondément Dieu, source de ma force et de mon inspiration.

À mes chers parents, merci pour votre amour, vos sacrifices et votre soutien indéfectible tout au long de mon parcours. Grâce à votre patience, vos encouragements et vos valeurs que j'ai pu arriver jusqu'ici.

A mes adorables frères Bilal et Ayoub pour leur encouragement permanent, et leur soutien moral.

A ma petite adorable sœur Ikram à qui je souhaite tout le bonheur du monde.

A ma grande mère Ouardia pour ses douas et tous les membres de la famille HARADJ cousins et cousines et la famille AOUMER merci d'être avec moi et de votre soutien.

A mon fiancé Hicham, pour son soutien indéfectible.

A tous mes amis, a mes copines Amel et Amina et toutes les personnes qui me sont chères.

A ma binôme Zahia.

A mes amis de laboratoire Cylia et Katia.

A toutes les personnes qui m'ont encouragé ou aidé tout au long de mes études.

À tous les gens que j'aime sans exception.

*Nafissa*

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Groupe de plantes <i>Lamiaceae</i> .....	5
<b>Figure 2</b> : <i>Thymus vulgaris L.</i> ....	6
<b>Figure 3</b> : <i>Lavandula</i> .....	9
<b>Figure 4</b> : <i>Rosmarinus officinalis L.</i> .....	13
<b>Figure 5</b> : Schéma d'un montage de macération .....	17
<b>Figure 6</b> : Schéma d'extraction par hydro-distillation .....	18
<b>Figure 7</b> : Schéma du principe d'extraction assistée par ultrasons-micro-ondes .....	19
<b>Figure 8</b> : Mécanismes d'action des HEs contre le cancer.....	21
<b>Figure 9</b> : Mécanisme d'action des huiles essentielles sur les bactéries. ....	21
<b>Figure 10</b> : mécanisme d'action des HE contre les virus .....	22
<b>Figure 11</b> : Mécanisme d'action des huiles essentielles sur les antifongiques.....	23
<b>Figure 12</b> : Illustration des huiles essentielles étudiées.....	25
<b>Figure 13</b> : préparation de la suspension bactérienne. ....	27
<b>Figure 14</b> : repiquage et préparation des suspensions fongiques. ....	28
<b>Figure 15</b> : les étapes de la méthode de diffusion en gélose avec test des puits. ....	29
<b>Figure 16</b> : Résultats de l'activité antibactérienne de la différente concentration de l'extrait de Thym envers les quatre souches bactériennes.....	31
<b>Figure 17</b> : Résultats de l'activité antibactérienne de la différente concentration de l'extrait de la Lavande envers les quatre souches bactériennes.....	33
<b>Figure 18</b> : Résultats de l'activité antibactérienne de la différente concentration de l'extrait du Romarin envers les quatre souches bactériennes. ....	35
<b>Figure 19</b> : Résultats de l'activité antifongique de HE de Thym sur les souches fongiques. .	37
<b>Figure 20</b> : Activité antifongique de l'extrait de la Lavande sur les souches fongique.....	38
<b>Figure 21</b> : Activité antifongique de l'extrait du Romarin sur les souches fongique. ....	40

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : classification botanique du Thym.....	7
<b>Tableau II</b> : Principaux composés bioactif du Thym.....	8
<b>Tableau III</b> : classification botanique de la Lavande.....	10
<b>Tableau IV</b> : Principaux composés bioactif de la Lavande .....	11
<b>Tableau V</b> : classification botanique du Romarin.....	13
<b>Tableau VI</b> : les compositions bioactifs du Romarin.....	14
<b>Tableau VII</b> : Souches bactériennes testées.....	25
<b>Tableau VIII</b> : les concentrations des HEs utilisées.....	26
<b>Tableau IX</b> : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition. ....	30

## Liste des abréviations

**HE** : Huile essentiel.

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde.

**DO**: Densité Optique.

**M-H**: Muller Hinton.

**PDA**: Potato Dextrose Agar.

**BN** : Bouillon nutritif.

**UFC**: Unité Formant Colonie.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
------------------------------	----------

## Synthèse bibliographique

<b>PARTIE I : LES PLANTES MEDICINALES</b>	<b>3</b>
---	----------

<b>I.1. GENERALITE</b>	<b>3</b>
<b>I.2. HISTORIQUE</b>	<b>3</b>
<b>I.3. DEFINITION</b>	<b>4</b>
<b>I.4. LES PLANTES MEDICINALES EN ALGERIE</b>	<b>4</b>
<b>I.5. LA FAMILLE DES LAMIACEES</b>	<b>4</b>
<i>I.5.1. Le Thym</i>	<i>5</i>
<i>I.5.2. La lavande</i>	<i>8</i>
<i>I.5.3. Le Romarin</i>	<i>12</i>

<b>PARTIE II : EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES</b>	<b>15</b>
---	-----------

<b>II.1. DEFINITION</b>	<b>16</b>
<b>II.2. METHODES D'EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES</b>	<b>16</b>
<i>II.2.1. Méthode de macération</i>	<i>17</i>
<i>II.2.2. Méthode de Hydro-distillation</i>	<i>17</i>
<i>II.2.3. Méthode d'extraction assistée par microondes</i>	<i>18</i>

<b>PARTIE III : APPLICATION DES HUILES ESSENTIELLES</b>	<b>19</b>
---	-----------

<b>III.1. DOMAINE MEDICALE</b>	<b>19</b>
<i>III.1.1. Propriétés anti-inflammatoires</i>	<i>20</i>
<i>III.1.2. Propriétés anticancéreuses</i>	<i>20</i>
<i>III.1.3. Propriétés antibactériennes</i>	<i>21</i>
<i>III.1.4. Propriété antivirales</i>	<i>22</i>
<b>III.1.5. Propriété antifongiques</b>	<b>22</b>
<b>III.2. DOMAINE AGRO-ALIMENTAIRE</b>	<b>24</b>

## MATERIEL ET METHODES

<b>I. MATERIEL</b>	<b>25</b>
--------------------	-----------

<b>I.1. MATERIEL VEGETAL</b>	<b>25</b>
<b>I.2. MATERIEL BIOLOGIQUE</b>	<b>25</b>
<i>I.2.1. Souches microbiennes</i>	<i>25</i>

<b>II. METHODES</b>	<b>26</b>
---------------------	-----------

<b>II.1. EXTRACTION DES HE</b>	<b>26</b>
--------------------------------	-----------

<b>II.2.</b>	<b>PREPARATION DES DILUTIONS DE L'EXTRAIT</b>	26
<b>II.3.</b>	<b>ACTIVITES ANTIBACTERIENNE</b>	26
<b>II.3.1.</b>	<i>Préparation de la suspension bactérienne</i>	26
<b>II.3.2.</b>	<i>Évaluation de l'activité antibactérienne</i>	27
<b>II.4.</b>	<b>ACTIVITES ANTIFONGIQUE</b>	28
<b>II.4.1.</b>	<i>Réalisation d'un repiquage des souches fongiques</i>	28
<b>II.4.2.</b>	<i>Préparation de la suspension sporale</i>	28
<b>II.4.3.</b>	<i>Évaluation de l'activité antifongique</i>	28
<b>II.5.</b>	<b>ANALYSE STATISTIQUE</b>	29

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>I.</b>	<b>RESULTATS DES ACTIVITES ANTIBACTERIENNES</b>	30
<b>I.1.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DE THYM</b>	30
<b>I.2.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITEANTIBACTERIENNE DE LA LAVANDE</b>	31
<b>I.3.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DU ROMARIN</b>	35
		35
<b>II.</b>	<b>ACTIVITE ANTIFONGIQUE</b>	36
<b>II.1.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE L'HE DE THYM</b>	37
		37
<b>II.2.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE L'HE DE LA LAVANDE</b>	38
<b>II.3.</b>	<b>RESULTATS DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE L'HE DU ROMARIN</b>	38
	<b>CONCLUSION</b>	<b>41</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>42</b>
	<b>RESUME</b>	<b>56</b>





### Introduction générale

Depuis l'Antiquité, l'homme a eu recours aux plantes médicinales et aromatiques.

De plus en plus, leur usage connaît un développement important. Ces plantes représentent une source majeure de principes actifs, avec environ 35 000 espèces exploitées à travers le monde (Mouas et al., 2017).

L'Algérie, grâce à la diversité de ses climats, de ses sols, à sa position géographique et à la richesse de ses reliefs, abrite une flore comprenant 3 510 espèces, dont 450 sont recensées dans les hauts plateaux et le Grand Sud (Mouas et al., 2017). Les connaissances sur les espèces indigènes des régions arides constitue une limite et un grand handicap pour l'utilisation et la et la valorisation de ces ressources phytogénétiques (Ait Abderrahim et al., 2019).

Les huiles essentielles extraites des plantes sont largement utilisées en aromathérapie, en pharmacie, en parfumerie, en cosmétique ainsi que dans la préservation des denrées alimentaires. Leur emploi repose sur la diversité de leurs propriétés biologiques bien établies (Amarti et al., 2010), qui occupent une place importante, en particulier leurs propriétés thérapeutiques reconnues. Par ailleurs, face à l'émergence croissante de bactéries pathogènes résistantes à de multiples antibiotiques, il devient essentiel de réorienter les recherches vers les composés bioactifs des plantes médicinales, qui ont historiquement constitué une source précieuse pour le développement de nouveaux traitements (Maidi et al., 2014).

L'utilisation massive d'antibiotiques a entraîné l'émergence de résistances à ces antibiotiques, ce qui constitue un problème de santé publique. *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, *Enterococcus sp* et *Escherichia coli* comptent parmi les principales bactéries multirésistantes et sont incluses dans la catégorie des agents pathogènes acquis dans la communauté et à l'hôpital. Cela a entraîné une forte demande de nouveaux antibiotiques par les consommateurs contre les agents pathogènes et un intérêt a été développé par la communauté scientifique pour l'utilisation de médicaments à base de plantes aux propriétés antimicrobiennes (Chouhan et al., 2017).

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de cette étude qui consiste à l'étude de l'effet antimicrobien des huiles essentielles de trois plantes locales à savoir le Thym, le Romarin et la Lavande vis-à-vis de quatre souches bactériennes pathogènes (*S. aureus*, *E.*

## Introduction générale

*coli*, *Bacillus subtilis* et *B. ceureus*), et deux souches fongiques à savoir *Aspergillus* sp et *Penicillium* sp et une levure *candida* sp.

Le document a été structuré comme suit :

La partie 1 : une synthèse bibliographique qui consiste à donner un aperçu général sur les trois plantes, la méthode d'extraction des huiles essentielles et leur différentes applications de ces huiles essentielles,

La partie 2 : La partie expérimentale dans laquelle la méthodologie de travail a été entreprise ainsi que les différents protocoles utilisés pour les tests antimicrobiens.

La partie 3 : Cette dernière partie a été consacrée à l'interprétation, comparaison par une analyse statistique et la discussion des différents résultats obtenus.

Une conclusion générale et achèvera notre manuscrit.

# *Partie Bibliographique*

# ***Chapitre I :***

*Les plantes médicinales et leurs  
substances antimicrobiennes*

## Partie I : Les plantes médicinales

### I.1. Généralité

Depuis l'Antiquité, les plantes médicinales sont utilisées pour soulager et traiter les maladies humaines. Leurs propriétés thérapeutiques proviennent de la présence de centaines, voire de milliers de composés naturels bioactifs, appelés métabolites secondaires. Ces composés sont ensuite accumulés dans divers organes de la plante, parfois même dans des cellules spécialisées (**Boudjouref., 2011**).

La grande majorité des habitants de cette planète dépendent encore de leur matière médicale traditionnelle (plantes médicinales et autres matériaux) pour leurs besoins quotidiens en matière de soins de santé (**ameenah., 2006**). En effet sur les 300.000 espèces végétales recensées sur la planète, plus de 200.000 espèces vivent dans les pays tropicaux d'Afrique et ont des vertus médicinales (**Salhi et al., 2010**). C'est également un fait qu'un quart de toutes les prescriptions médicales sont des formulations à base de substances dérivées de plantes ou d'analogues synthétiques dérivés de plantes (**ameenah., 2006**).

Les plantes médicinales demeurent encore une source de soins médicaux dans les pays en voie de développement en l'absence d'un système médicamenteux moderne (**Salhi et al., 2010**). Selon l'OMS en (2003), environ 65-80 % de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaires, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (**guemache et al., 2022**).

### I.2. Historique

L'usage des plantes médicinales remonte à la préhistoire, comme en témoignent des découvertes archéologiques datant de 35 000 ans. Les chasseurs-cueilleurs utilisaient déjà les plantes pour se soigner, et pas seulement pour se nourrir (**Benzaoui et al., 2021**).

L'histoire des plantes médicinales est profondément ancrée dans les civilisations anciennes. Des écrits en Chine, en Mésopotamie, en Égypte et en Inde témoignent de leur utilisation millénaire. Une découverte majeure est une tablette cunéiforme de la fin du troisième millénaire avant notre ère, à Nippour en Mésopotamie, qui mentionne plusieurs remèdes à base de plantes, dont le pavot, une plante aux multiples usages (**ameenah., 2006**).

Le Moyen Âge a été une période rapide pour l'herboristerie arabe, marquée par une transmission et un enrichissement des connaissances thérapeutiques. Les Arabes, lors de leurs

conquêtes, ont intégré à leur propre savoir l'héritage des civilisations grecque, latine, assyrienne, hébraïque et perse, constituant ainsi une synthèse unique de la médecine antique **(Benzaoui et al, 2021)**.

### **I.3. Définition**

Une plante médicinale est une plante qui contient des substances pouvant être utilisées pour traiter ou prévenir des maladies. Ces plantes peuvent généralement être consommées sans danger à des doses normales **(Debuigne et al., 2009)**.

La médecine traditionnelle fait appel aux plantes médicinales pour leurs bienfaits sur la santé **(Dutertre., 2011)**. Ces plantes sont préparées selon diverses méthodes, telles que la décoction, la macération et l'infusion, et peuvent être utilisées dans leur intégralité (racines, feuilles, fleurs, etc...) **(Dutertre, 2011)**.

Bien que la médecine moderne ait connue des avancées considérables, environ 35 000 espèces de plantes continuent d'être utilisées pour leurs propriétés thérapeutiques. Elles représentent une source importante de soins, en particulier dans les régions où l'accès aux services de santé est limité **(Iserin., 2001)**.

### **I.4. Les plantes médicinales en Algérie**

L'Algérie possède une variété impressionnante de plantes aux propriétés médicinales et aromatiques. Cette richesse est due à la diversité des climats et des terroirs présents, allant du littoral méditerranéen jusqu'au Sahara **(FAO., 2012)**, comptant près de 4300 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires **(Dobignard et al ; 2010-2013)**.

### **I.5. La famille des Lamiacées**

La famille des *Lamiacées*, également connue sous le nom de Labiées, est une famille de plantes qui comprend des espèces herbacées, qu'elles soient vivaces ou annuelles. Certaines espèces de cette famille peuvent également être des arbustes ligneux ou des sous-arbustes **(Britannica., 2021)**. Elles comprennent environ 250 genres et plus de 7 000 espèces, représentent l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs. La plupart des plantes appartenant à cette famille sont à la fois aromatiques et odorantes, ce qui en fait une source importante d'huiles essentielles **(Napoli., 2020)**.

Les *Lamiacées* sont largement présentes à l'échelle mondiale, Cette famille de plantes est l'une des plus utilisées pour la production d'épices et d'extraits possédant de fortes propriétés

bioactifs (antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydants) (Gherman et al., 2000 ; Hilan et al., 2006).

Elles sont employées couramment comme herbes culinaires et elles occupent également une place importante dans la pharmacopée traditionnelle de nombreux peuples Dans la région méditerranéenne des plantes telles que l'origan, la sauge, le Romarin, le Thym et la Lavande se distinguent par leur vaste distribution géographique et leurs multiples usages (Napoli., 2020).



**Figure 1 :** Groupe de plantes *Lamiaceae* (Diab et al., 2022).

(A): *Salvia officinalis* L., (B): *Salvia hispanica* L., (C): *Thymbra capitata* (L.) Cav., (D): *Thymus saturejoides* Coss., (E): *Rosmarinus officinalis* L., (F): *Mentha spicata* L., (G): *Melissa officinalis* L., (H): *Leonurus sibiricus* L., (I): *Thymbra spicata* L., (J): *Orthosiphon aristatus* (Blume)Miq., (K): *Lycopus lucidus* Turcz. ex Benth., (L): *Scutellaria baicalensis* Georgi., (M): *Ocimum species*, (N): *Mesona chinensis* Benth., (O): *Leonotis leonurus*.

### 1.5.1. Le Thym

Il doit son nom au grec "thymon", qui signifie "parfum". Cette appellation fait référence à l'odeur agréable et caractéristique que dégage la plante, particulièrement marquée lorsqu'on chauffe ou brûle le thym (Zeghib., 2013). Parmi ceux-ci, le genre *Thymus* se distingue comme l'un des huit genres les plus importants en termes de nombre d'espèces (Ramon., 2002).

Le genre *Thymus L.* comprend de nombreuses espèces, dont une grande partie est répartie dans la région méditerranéenne. En Algérie, on distingue 12 espèces de thym (**Khadir et al., 2013**). Ce terme est désigné par plusieurs appellations : en Amazigh, il est appelé Azukni et Tazuknite, tandis qu'en Arabe, il est connu sous le nom de Zaatar (**belmalha et al., 2015**).

Parmi ces espèces, *Thymus vulgaris L.*, plus connu sous le nom de thym, est particulièrement importante. Son utilisation est répandue dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. De nombreuses études ont mis en évidence ses effets antimicrobiens, notamment antibactériens, dans des conditions *in vitro* (**Nabavi et al., 2015**).

### ➤ Description botanique

Il s'agit d'une plante aromatique vivace, ligneuse et très variable, mesurant entre 10 et 40 cm de hauteur. Elle possède de nombreuses branches ligneuses, dressées, compactes, de couleur brunâtre ou blanc velouté. Les feuilles, qui sont linéaires et oblongues, ont une taille variant de 3 à 8 mm (**Nieto., 2020**).

Les feuilles possèdent un pétiole et des marges ciliées, avec des poils blancs sur la face inférieure. Les fleurs, axillaires, sont regroupées à l'extrémité des branches, formant un nœud terminal. Cette espèce présente une grande variabilité, tant au niveau de sa phénologie que de la composition chimique de son huile essentielle (**Nieto, 2020**).



**Figure 2 :** *Thymus vulgaris L* (**Honarmand et al, 2021**).

## ➤ Classification botanique

La classification du Thym est décrite dans le tableau 1.

**Tableau I** : classification botanique du Thym (Quezel and Santa., 1963).

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	<i>Spermaphytes</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnolipsida</i>
<b>Ordre</b>	<i>Tubiflorales</i>
<b>Famille</b>	<i>Lamiacées</i>
<b>Genre</b>	<i>Thymus</i>

## ➤ Localisation et répartition géographique

### ✓ Dans le monde

Le *Thymus* comprend environ 350 espèces, principalement présent en Europe, en Asie occidentale et en Méditerranée (Dob et al., 2006). Cette plante est particulièrement courante dans le nord-ouest de l'Afrique (Maroc, Tunisie, Algérie, Libye), ainsi que dans les montagnes d'Éthiopie, d'Arabie du Sud-Ouest et de la péninsule du Sinaï en Égypte. Il s'étend même jusqu'en Sibérie et dans l'Himalaya (Mebarki., 2010), ainsi que dans d'autres parties du monde telles que l'Amérique du Sud et l'Australie (Nabavi et al., 2015).

### ✓ En Algérie

Le genre *Thymus* regroupe plusieurs espèces botaniques qui se trouvent non seulement sur tout le littoral, mais aussi dans les régions intérieures (Hammaz et Nafa., 2017), Quezel et Santa, (1963) décrivent recensent 12 espèces de *Thymus*, dont huit sont endémiques à l'Algérie ou à l'Afrique du Nord. Parmi ces espèces uniques, le *Thymus algeriensis* Boiss, aussi appelé *Thymus zattarellus*, une plante annuelle parfumée connue localement sous le nom de "Djertil" (Dob et al., 2006 ).

### ✓ Composition bioactifs

Le *Thymus* est une espèce médicinale réputée pour sa richesse en principes actifs, notamment ses huiles essentielles, qui constituent les composés majeurs de la plante. Ces huiles essentielles présentent une composition chimique complexe et variée (Bilek et al.,

2021). De plus, le *Thymus* contient des acides phénoliques (Nieto., 2020), les flavonoïdes (Niculae et al., 2019), la naringenin, aussi les alcaloïdes et les tannins (Nieto., 2020).

**Tableau II** : Principaux composés bioactif du Thym.

Classe de composés	Composés
<b>Huiles essentielles</b>	Terpènes, composés aliphatiques non terpénoïdes, dérivés benzéniques, phénylpropanoïdes, carvacrol, thymol (Bilek et al., 2021).
<b>Acides phénoliques</b>	Acide p-coumarique, acide caféique, acide rosmarinique, acide cinnamique, acide férulique (Nieto, 2020).
<b>Flavonoïdes</b>	Utéoline, quercétine, apigénine, naringénine (Niculae et al., 2019).
<b>Autres</b>	Alcaloïdes, tanins (Nieto, 2020).

### ✓ Activités biologique

Le Thym est une plante largement reconnue dans la pharmacopée traditionnelle, où il est utilisé comme épice et extrait pour ses puissantes propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires (El Ouali Lalami et al., 2013), et autre effets biologiques tels que des propriétés antioxydantes, antispasmodiques et antifongiques (Labiad et al., 2017).

En effet, le Thym "Zaatar" est très utilisé en médecine traditionnelle pour guérir les maux de tête, hypertension et gastrites, en usage externe comme cicatrisants. Elle est très antiseptique et utilisée à ce titre pour soigner les infections pulmonaires. Son action antiseptique s'exerce également sur le système digestif et notamment en cas de diarrhée et il est aussi vermifuge (El Ouali Lalami et al. 2013 ; Labiad et al., 2017).

Il présente diverses activités pharmacologiques, notamment gérontologiques (retardant le vieillissement des mammifères), bactéricides et a récemment été étudié pour son potentiel anticancéreux (Ghasemi et al., 2015).

### **I.5.2. La lavande**

Le genre *Lavandula*, appartenant à la famille des *Lamiacées*, est extrêmement diversifié, comprenant environ 39 espèces sauvages et 400 variétés cultivées à travers le monde. Ces plantes sont hautement prisées en médecine et en cosmétique, principalement en raison de la qualité exceptionnelle de leurs huiles essentielles (Kayiran et al, 2025).

Le nom de la Lavande est dérivé du latin « lavare », qui signifie laver (**Chu et Kemper., 2001**), ou « nettoyer » (**Batiha et al., 2023**). Le genre *lavandula* est désigné sous les noms de "khouzama" en arabe et "amezzir" en kabyle (**Ouhaddad., 2016**).

Les Lavandes, appartenant au genre *Lavandula*, sont des plantes aromatiques emblématiques de la région méditerranéenne. Elles s'épanouissent principalement dans les zones montagneuses et les milieux ouverts tels que les savanes, Leur aire de répartition s'étend du Moyen-Orient au sud-ouest de l'Asie, jusqu'au sud-est de l'Inde (**Batiha et al., 2023**), sous des climats tropicaux et subtropicaux. Le genre *Lavandula* regroupe entre 25 et 30 espèces distinctes, chacune possédant ses propres caractéristiques et usages (**Martins et al., 2019**).

La Lavande est couramment employée dans de nombreux domaines tel que l'aromathérapie, l'alimentation, les cosmétiques, les parfums et la phytothérapie (**Batiha et al., 2023**).



**Figure 3 : *Lavandula* (Djoudi et al., 2021).**

### ➤ Description botanique

On recense entre 25 et 30 variétés différentes de lavande au sein du genre *Lavandula* (**martins et al., 2019**), La lavande est un arbrisseau qui forme des touffes denses et homogènes, atteignant généralement une hauteur de 40 à 60 cm. Sa base est ligneuse, tandis que la partie supérieure présente des tiges vertes et feuillues (**batiha et al., 2023**).

Les feuilles de la Lavande sont persistantes, linéaires ou lancéolées, avec des bords ondulés. Son système racinaire est fibreux et très ramifié, ce qui lui permet de bien s'ancrer

dans le sol. La Lavande est reconnaissable à ses fleurs bleutées regroupées en épis terminaux, à sa tige ligneuse à la base, à ses feuilles opposées et à ses bords légèrement dentés. Ces caractéristiques visuelles permettent de l'identifier facilement (**batiha et al., 2023**).

### ✓ Classification botanique

La classification du *lavandula* est détaillée dans le tableau III.

**Tableau III** : Classification botanique de la lavande (**Linné., 1753**).

<b>Règne</b>	Plantes
<b>Embranchement</b>	<i>Spermaphytes</i>
<b>Classe</b>	<i>Dicotylédones</i>
<b>Ordre</b>	<i>Lamiales (labiales)</i>
<b>Famille</b>	<i>Lamiaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Lavandula</i>

### ➤ Répartitions géographique

#### ✓ Dans le monde

Ce genre comprend environ 39 espèces sauvages et 400 variétés cultivées à travers le monde, est originaire d'une vaste zone géographique (**Kayiran et al., 2025**), Cap-Vert, les îles Canaries, de l'Europe, de l'Afrique du Nord et de l'Afrique de l'Est, ainsi que de la région méditerranéenne, de l'Asie du Sud-Ouest et du Sud-Est de l'Inde (**Bagri et al., 2019**).

La majorité des espèces sont cultivées dans des climats frais en raison de leur valeur ornementale, pour le jardinage, la couverture des sols ou comme herbes aromatiques, principalement pour la production d'huile (**Bagri et al., 2019**).

#### ✓ En Algérie

L'Algérie se distingue par une flore particulièrement riche et diversifiée, en raison de sa situation géographique et de la grande variété de ses conditions climatiques et topographiques (**Djahafi et al., 2021**).

La flore algérienne se démarque par la présence de cinq espèces de Lavande, parmi lesquelles trois sont endémiques (**Dob et al., 2006**), telle que *Lavandula saharica* et *Lavandula antineae* Maire (**Upsson et al., 2004**).

### ➤ Composés bioactifs

La Lavande est une plante médicinale largement reconnue pour la diversité et la richesse de ses composés bioactifs, en particulier ses huiles essentielles, qui représentent les constituants majeurs de la plante. Ces huiles présentent une composition chimique complexe, responsables de ses principales propriétés biologiques (**Lis-Balchin, 2002 ; Cavanagh & Wilkinson, 2002**). En plus de ses huiles essentielles, *Lavandula* contient également une variété de flavonoïdes (**Upson et al., 2000**). Elle est aussi riche en acides phénoliques (**Lis-Balchin, 2002**). Par ailleurs, des triterpènes (**Lis-Balchin, 2002**).

**Tableau IV : Principaux composés bioactif de la Lavande (Lis-Balchin., 2002).**

Classe de composés	Composés
<b>Huile essentiel</b>	Linalool (10–50%), Linalyl acétate (12–54%) , Camphre (0–0.2%), 1,8-cinéole (2.1–3.0%), Borneol (1.0–4.0%), Lavandulol (0.1–14%), $\alpha/\beta$ -pinène(0.02–0.3%), Limonene (0.2–0.4%), Myrcene (0.4–1.3%) ( <b>Cavanagh et Wilkinson., 2002; Lis-Balchin., 2002</b> ).
<b>Flavonoïdes</b>	6-Hydroxyflavone glycosides, Flavone C-glycosides, 8-Hydroxyflavone 7-glycosides, Apigenin, Genkwanin , Xanthomicrol , Salvigenin ( <b>Lis-Balchin., 2002; Upson et al,2000</b> ).
<b>Acides phénoliques</b>	Acide caféïque, férulique, chlorogénique, coumarique, rosmarinique ( <b>Lis-Balchin., 2002</b> ).
<b>Triterpènes</b>	Acide ursolique, acide oleanolique ( <b>Lis-Balchin., 2002</b> ).

### ➤ Activités biologique

Plusieurs espèces de lavande sont employées depuis longtemps comme herbes culinaires et leurs huiles essentielles servent à aromatiser les aliments, boissons, confiseries, savons et parfums (**Zuzarte et al 2013**).

La Lavande possède une longue tradition d'utilisation médicinale, étant utilisée comme expectorante, antispasmodique, carminative, pour la désinfection des plaies, ainsi que dans le traitement des affections dermatologiques, telles que le psoriasis (**mohammedi et al., 2012**).

Les activités biologiques les plus connues de *Lavandula sp* sont les suivantes : antioxydant, anti-inflammatoire, antibactérien, antifongique, antiseptique, antispasmodique, anxiolytique, sédatif, analgésique, inhibiteur de la hyaluronidase et de la lipoxygénase (**salehi et al, 2018**).

### **I.5.3. Le Romarin**

Le Romarin est l'une des familles de plantes à fleurs plus grandes et les plus distinguées, comprenant environ 236 genres et 6900 à 7200 espèces à travers le monde (**Raja., 2012**).

Le genre *Rosmarinus* (communément appelé Romarin) est une plante aromatique de la famille des Lamiacées (**Imane et al., 2021**), Il pousse à l'état sauvage principalement autour du bassin méditerranéen, notamment dans les garrigues sèches et rocailleuses, sur des sols calcaires (**Jean., 2008**). Le nom du Romarin provient du latin *ros marinus*, où "ros" signifie rosée et "marinus" fait référence à la mer (**Bacon et al., 2013**).

Le *Rosmarinus officinalis L* (Romarin) est l'une des espèces du genre *Rosmarinus* nommées par Carl Linnaeus et originaire des pays tempérés de la région méditerranéenne, comme le Portugal (**Joana et al., 2018**).

Ce terme est désigné par plusieurs appellations : en Berbère, il est appelé Azir, iazirou ou yiazir (**Bellakhdar., 2006**), tandis qu'en Arabe, il est connu sous le nom Iklil el jabal (**Ducros., 1930**). En Français, appelé Herbe aux couronnes, romarin des troubadours, rose marine, encensier (**Anton et Lobstein., 2005 ; Garnier et al., 1961**), en anglais, appelé Rosemary (**El Rhaffari., 2008**).

Le Romarin, avec sa phytomasse, son taux d'huiles essentielles et sa composition chimique de ses constituants, suscite un intérêt particulier auprès des utilisateurs d'huiles essentielles, tant au niveau national qu'international (**Driss Alami et al., 2018**).



**Figure 4 :** *Rosmarinus officinalis L.*

### ➤ Description botanique

Le Romarin est un arbuste touffu et ramifié, toujours vert, qui peut atteindre environ un mètre de hauteur (Asia et al., 2019), il se distingue par ses fleurs bleu-blanc et ses feuilles persistantes, coriaces et aromatiques. Ses feuilles mesurent entre 1 et 4 cm de long et 2 à 4 mm de large, sont sessiles, coriaces, de forme linéaire à linéaire-lancéolée, avec des bords courbés. Leur face supérieure est d'un vert foncé, tandis que la face inférieure, plus claire, présente une texture granuleuse et tomenteuse, avec une nervure centrale bien marquée. L'ensemble de la plante dégage un parfum caractéristique et puissant (MRAI-Sereit et al., 1999).

### ➤ Classification botanique

La classification de Romarin est détaillée dans le tableau V.

**Tableau V :** classification botanique de Romarin (Cronquist., 1981).

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Spermaphytes</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Ordre</b>	<i>Lamiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Lamiaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Rosmarinus</i>

### ➤ Localisation et Réparation géographique

#### ✓ Dans le monde

Le Romarin est une plante se développe naturellement sur les rivages méditerranéens, tant au nord qu'au sud, ainsi que dans les contreforts de l'Himalaya. Sa culture, pratiquée depuis l'Antiquité, s'est étendue à des régions aussi diverses que l'Angleterre, l'Allemagne, la France, les pays scandinaves, l'Amérique centrale, le Venezuela et les Philippines (**Mrai-Sereiti et al., 1999**).

Le Romarin, plante typique du bassin méditerranéen, se rencontre également en Asie du Sud-Ouest. Il prospère sur les sols calcaires des collines et garrigues, notamment en Afrique du Nord (**Max et Dominique., 2015**).

#### ✓ En Algérie

L'Algérie dispose d'une flore à la fois riche et variée, renfermant un patrimoine précieux de plantes médicinales, dont le nombre est estimé à près de 1 000 espèces, parmi ces plantes on trouve romarin (**Fedjer et al., 2022**), le romarin couvre une superficie supérieure à 100 000 hectares (**Bensebia et al., 2009**). On les retrouve dans les jardins, les parcs d'entreprises, les écoles, ainsi que dans les zones agricoles à l'entrée (**Mostefai., 2012**), possède plusieurs appellations régionales comme Région de l'Est : Eklil et dans la Région de l'Ouest ils ont appelé Helhal, la Région du Centre : Yazir (**Fedjer et al., 2022**).

### ➤ Composés bioactifs

Le Romarin (*Rosmarinus officinalis L*) est une plante aromatique largement étudiée en raison de ses composés biologiquement actifs et de ses applications variées dans l'alimentation, la médecine et la parfumerie. De nombreux métabolites secondaires aux propriétés intéressantes ont été isolés à partir de cette plante, notamment l'huile essentielle, les terpénoïdes, les flavonoïdes et les acides phénoliques (**Sharifi-Rad et al., 2019**). Parmi les principaux constituants du Romarin on trouve :

**Tableau VI** : les compositions bioactifs du Romarin (**Begum et al., 2013**).

Classe de composés	Composés
<b>Huile essentiel</b>	camphre (5-31%), 1,8-cinéol (15-55%), pinène (9-26%), bornéol (1,5-5,0%), camphène (2,5-12,0%), pinène (2,0-9,0%), limonène (1,5-5,0%), verbénone (2,2-11,1%),

	caryophyllène (1,8-5,1%) et myrcène (0,9-4,5%).
<b>Flavonoïdes</b>	6-méthoxygènekwanine, apigénine, diosmétine, diosmine, genkwanine, hispiduline, lutéoline, sinensétine.
<b>Acides phénoliques</b>	les acides rosmarinique, chlororénique et caféique.
<b>Des diterpènes tricycliques</b>	l'acide carnosolique, picrosalvine, rosmariquinone, acide oléanolique, acide ursolique

### ➤ Activités biologiques

Le Romarin est une plante aromatique et médicinale, est reconnu pour ses nombreuses propriétés. Il possède des propriétés anti-inflammatoires et antispasmodiques, son action bénéfique sur le système nerveux ainsi que ses excellentes propriétés antioxydants et antimicrobiennes. Les récentes recherches en pharmaceutique et agroalimentaire confirment les multiples bienfaits du Romarin (**Mouas., 2017**).

Les feuilles de Romarin (*Rosmarinus officinalis*) sont employées en phytothérapie pour leurs effets antimicrobiens, leur capacité à soulager les troubles digestifs (carminatifs) et leurs propriétés analgésiques contre les douleurs musculaires et articulaires (**Akshay et al., 2019**).

Cette plante a été traditionnellement utilisée pour traiter diverses affections telles que les rhumatismes, le ballonnement, les coupures mineurs, la fièvre, l'indigestion et les rénaux. l'huile essentielle et les extraits de feuilles et de fleurs sont reconnus pour leurs propriétés expectorantes, diurétiques et antispasmodique (**Theyyathel et al., 2025**).

## Partie II : Extraction des huiles essentielles

De nombreuses études ont été réalisées sur les plantes médicinales afin d'analyser leur composition chimique, ainsi que leurs effets antioxydants et antimicrobiens liés à leur huile essentielle (**Azmir et al., 2013**).

Les études qualitatives et quantitatives des composés bioactifs à partir de matières végétales reposent principalement sur la sélection d'une méthode d'extraction appropriée, l'extraction est la première étape de toute étude sur les plantes médicinales et joue un rôle important et crucial sur le résultat final. (**Azmir et al., 2013**).

Compte tenu de la grande diversité des composés bioactifs et du grand nombre d'espèces végétales, il est nécessaire d'élaborer une approche standardisée et intégrée pour sélectionner les composés bénéfiques pour la santé humaine. (Azmir et al, 2013) il est possible de procéder à une séparation, une identification et une caractérisation plus poussées des composés bioactifs, suivies d'un processus d'extraction approprié. Différentes techniques d'extraction doivent être mises en œuvre selon les conditions afin de mieux comprendre la sélectivité de l'extraction à partir de diverses sources naturelles. Nombre de ces méthodes, d'ailleurs, sont restées quasiment inchangées depuis des siècles (Smith, 2003).

L'extraction des polyphénols de plantes médicinales est l'une des principales étapes de nombreuses études biologiques et thérapeutiques. Le rendement de cette extraction est également affecté significativement par plusieurs paramètres, tels que la température et le temps d'extraction (Lehout et al., 2015).

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (par exemple, les flavonoïdes, les HE, les tanins), le rendement en huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées. Quel que soit le type d'extraction utilisé, les étapes de l'extraction des HEs d'origine végétale restent identiques. Il est nécessaire dans un premier temps d'extraire de la matière végétale les molécules aromatiques constituant l'HE, puis dans un second temps de séparer ces molécules du milieu par distillation (Lucchesi, 2005).

### **II.1. Définition**

L'extraction est l'étape la plus importante pour isoler différents types de composés bioactifs des fruits et légumes. La méthode d'extraction idéale doit être quantitative, non destructive et rapide. Il existe différentes méthodes d'extraction. Récemment, l'utilisation de technologies vertes comme l'extraction assistée par ultrasons ou l'extraction assistée par haute pression a été signalée pour une extraction efficace des composés bioactifs (yang et al., 2010).

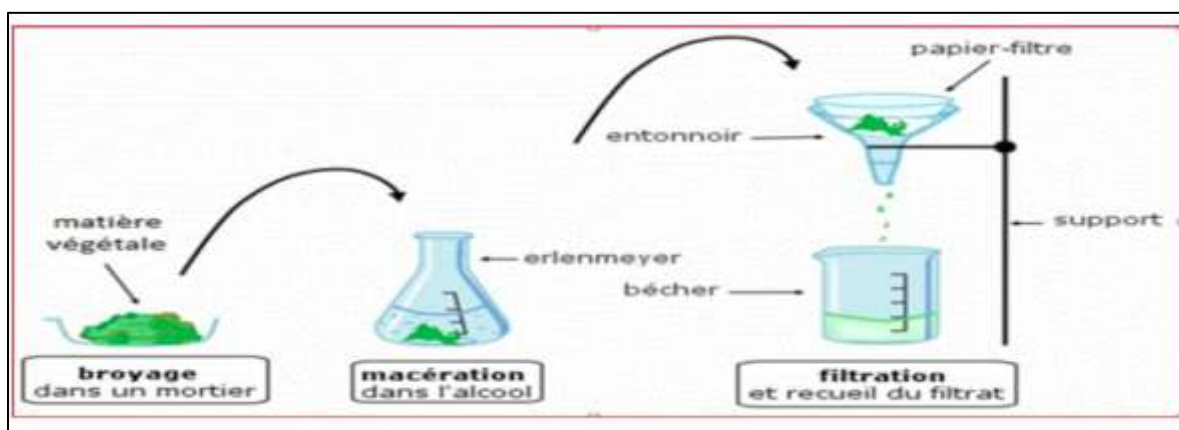
### **II.2. Méthodes d'extraction des huiles essentielles**

Pour pouvoir isoler, identifier et caractériser les composés bioactifs, il est indispensable de passer par une étape d'extraction adéquate. Selon la nature de la source naturelle et les

objectifs de l'étude, différentes méthodes d'extraction doivent être mises en œuvre afin d'évaluer leur sélectivité. Bien que certaines de ces techniques soient anciennes et peu modifiées au fil du temps, elles restent efficaces pour l'extraction de ces molécules d'intérêt (Azmir et al, 2013).

### II.2.1. Méthode de macération

La macération est utilisée depuis longtemps dans la préparation artisanale de toniques. Elle est devenue un moyen populaire et peu coûteux d'obtention des huiles essentielles et des composés bioactifs. Pour une extraction à petite échelle, la macération comprend généralement plusieurs étapes. Une agitation occasionnelle pendant la macération facilite l'extraction de deux manières: (a) en augmentant la diffusion, (b) en éliminant la solution concentrée de la surface de l'échantillon pour apporter un nouveau solvant au menstruum afin d'augmenter le rendement d'extraction (Azmir et al., 2013).



**Figure 5** : Schéma d'un montage de macération (Ricardo et al., 2012 ; Ait khelifa et al., 2019).

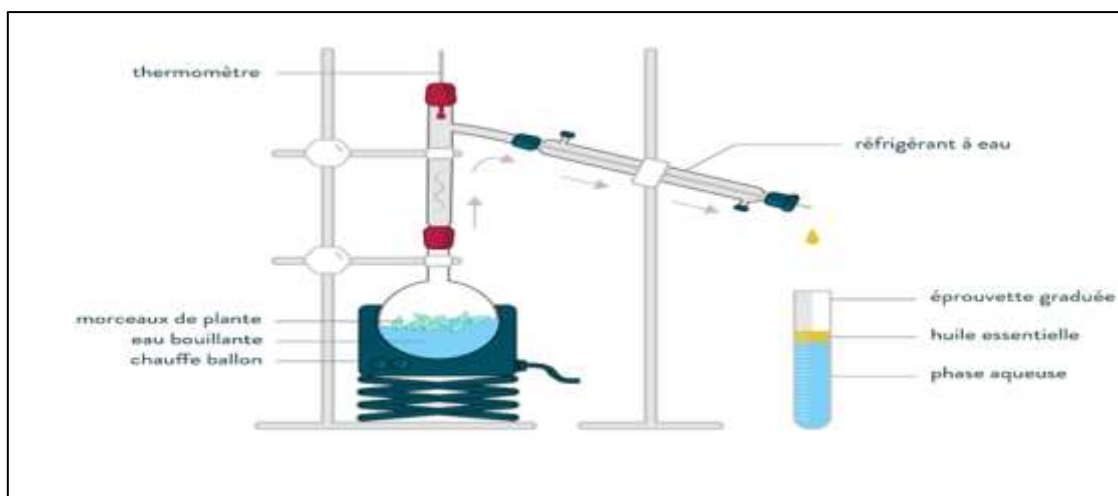
### II.2.2. Méthode de Hydro-distillation

L'hydro-distillation est une méthode traditionnelle d'extraction des composés bioactifs et des huiles essentielles des plantes. Elle n'utilise pas de solvants organiques et peut être réalisée avant la déshydratation des matières végétales (Vankar, 2004).

Il existe trois types d'hydro-distillation (la distillation à l'eau, la distillation à l'eau et à la vapeur et la distillation directe à la vapeur) (Vankar, 2004). L'eau chaude et la vapeur sont les principaux facteurs influençant la libération des composés bioactifs des tissus végétaux. Le

refroidissement indirect par l'eau condense le mélange de vapeur d'eau et d'huile (Silva et al., 2005).

Le mélange condensé s'écoule du condenseur vers un séparateur, où l'huile et les composés bioactifs se séparent automatiquement de l'eau (Silva et al., 2005). L'hydro-distillation implique trois processus physicochimiques principaux : l'hydro-distillation, l'hydrolyse et la décomposition par la chaleur. À une température d'extraction élevée, certains composants volatils peuvent être perdus. Cet inconvénient limite son utilisation pour l'extraction de composés thermolabiles (Azmir et al., 2013).



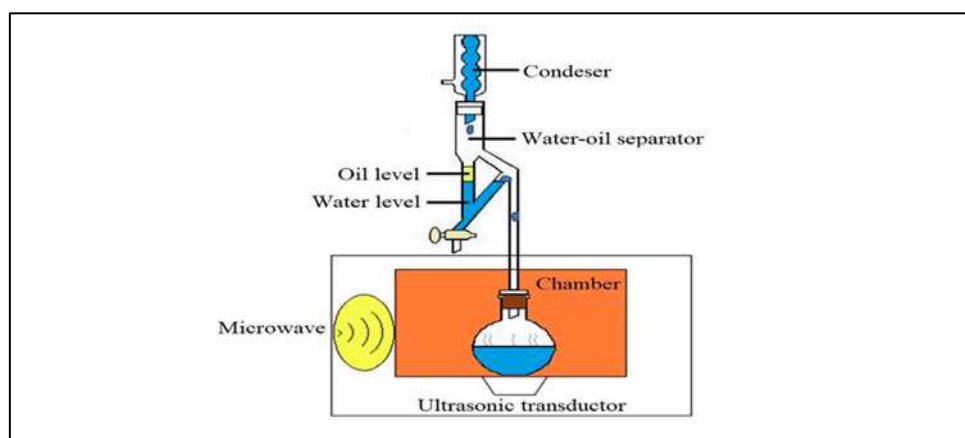
**Figure 6** : Schéma d'extraction par hydro-distillation (Lucchesi, 2005).

### II.2.3. Méthode d'extraction assistée par microondes

Les techniques d'extraction assistée par micro-ondes (EAM) utilisent des champs magnétiques et électriques qui oscillent entre 0,3 et 300 GHz, considérés comme des ondes non ionisantes qui circulent perpendiculairement entre elles (Calderón-Oliver et al., 2021).

La distribution des ondes dans le matériau ou sur la surface dépend des propriétés diélectriques données, de la polarité des molécules et des interfaces entre les matériaux et les espaces dans lesquels ils se trouvent. Lorsque les ondes interagissent avec les composés polaires, elles peuvent générer de la chaleur qui est transmise par voie ionique ou par rotation dipolaire. La chaleur induit la rupture des liaisons hydrogène et la migration des ions, augmentant ainsi la pénétration du solvant dans l'échantillon (Calderón-Oliver et al., 2021).

Cette action facilite l'extraction et réduit le temps et la quantité de solvant nécessaires, augmentant ainsi le rendement et la qualité de l'échantillon. de solvant nécessaire, ce qui permet d'augmenter le rendement et d'économiser de l'énergie (Calderón-Oliver et al., 2021).



**Figure 7 :** Schéma du principe d'extraction assistée par ultrasons-micro-ondes (Ouled taarabt, 2019).

### Partie III : Application des huiles essentielles

Les extraits de plantes et les huiles essentielles possèdent des propriétés antifongiques, antibactériennes et antivirales et ont été examinés à l'échelle mondiale comme sources potentielles de nouveaux composés antimicrobiens (Chouhan et al., 2017).

Les antimicrobiens sont utilisés à diverses fins, notamment à des fins médicales en tant qu'agents antiviraux et antibiotiques. Ils sont également utilisés comme conservateurs alimentaires en raison de leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydantes, qui aident à lutter contre les infections, en plus de prévenir la détérioration des aliments, sont utilisés pour combattre les micro-organismes pouvant être transmis par la nourriture (Pezantes-Orellana et al., 2024).

#### III.1. Domaine médicale

Depuis plus de vingt ans, l'usage des huiles essentielles s'est largement développé, au point de représenter une alternative sérieuse aux antibiotiques dans le traitement des infections. Cette évolution s'explique notamment par la montée en puissance des résistances bactériennes aux antibiotiques à large spectre disponibles en pharmacie. Il devient donc essentiel d'explorer de nouvelles options thérapeutiques capables de prendre le relais dans la lutte contre les infections. (Chebaibi et al, 2016 ; Yeh et al., 2008).

### III.1.1. Propriétés anti-inflammatoires

Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la gestion des inflammations. Parmi les plus réputées, la Gaulthérie odorante se distingue par son efficacité à apaiser les douleurs musculaires, les tendinites et d'autres troubles similaires (**Vangelder., 2017**).

Au-delà de leur action antioxydante en neutralisant les radicaux libres, les huiles essentielles ont également démontré une efficacité notable dans le traitement de diverses affections inflammatoires telles que les allergies, le rhumatisme ou encore l'arthrite (**Sharmeen et al., 2020**).

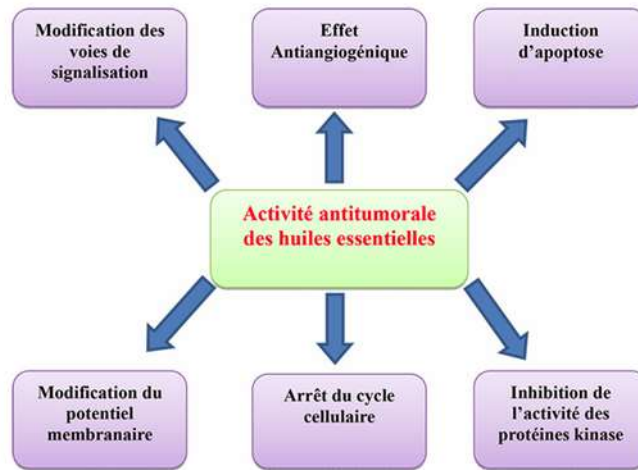
### III.1.2. Propriétés anticancéreuses

Les huiles essentielles suscitent un intérêt croissant dans la recherche sur le cancer, où elles sont explorées pour leur potentiel thérapeutique (**Patharakorn et al., 2017**). Leur application dans le cadre du traitement du cancer s'inscrit dans une approche de médecine alternative. Certaines huiles extraites de différentes espèces végétales ont d'ailleurs révélé des propriétés anticancéreuses prometteuses (**Sharma et al., 2023**).

**Elbe et al., (2020)** ont démontré que le thymol a un impact sur les cellules cancéreuses de la prostate, du sein et du poumon. L'activité antiproliférative des cellules cancéreuses varie en fonction de la dose et de la durée d'exposition. Le thymol induit également significativement l'apoptose dans tous les groupes, l'intensité de la réponse variant selon la dose administrée (**Pezantes-Orellana et al., 2024**).

#### ➤ Mécanisme d'action

Les huiles essentielles exercent leurs effets anticancéreux en ciblant diverses voies moléculaires impliquées dans la prolifération des cellules tumorales. Elles sont capables de déclencher l'apoptose, soit en activant directement les protéines pro-apoptotiques, soit en modulant les voies de signalisation correspondantes. Elles peuvent également induire un arrêt du cycle cellulaire, notamment par l'inhibition des protéines kinases. En outre, elles altèrent le potentiel membranaire des cellules cancéreuses, ce qui perturbe leur fonctionnement. Grâce à leur richesse en composés bioactifs variés, les huiles essentielles peuvent combiner plusieurs de ces mécanismes, renforçant ainsi leur effet anticancéreux global (**Bouyahya et al., 2018**).



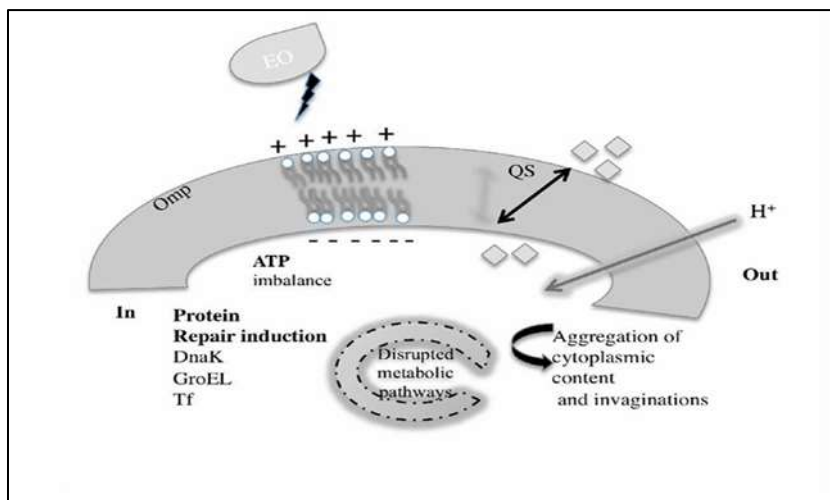
**Figure 8 :** Mécanismes d'action des HEs contre le cancer (**Bouyahya et al., 2018**).

### III.1.3. Propriétés antibactériennes

Les huiles essentielles peuvent affecter les bactéries différemment, selon leurs composants chimiques. Certaines huiles peuvent tuer les bactéries (action bactéricide), tandis que d'autres ne peuvent que ralentir leur croissance (action bactériostatique) (**Pezantes-Orellana et al., 2024**).

#### ➤ Mécanisme d'action

Les HE présentent un potentiel antimicrobien contre un grand nombre de bactéries à Gram négatif et à Gram positif. Il a été observé que le mode d'action des huiles essentielles est basé sur leur capacité à perturber la paroi cellulaire et la membrane cytoplasmique, conduisant à la lyse et à la fuite des composés intracellulaires (**Lopez-Romero et al., 2015**).



- **Omp** (Outer membrane protein),
- **QS** (quorum sensing)
- EO treated cells are more permeable to protons, experience an

**Figure 9 :** Mécanisme d'action des huiles essentielles sur les bactéries (**Faleiro., 2011**).

### III.1.4. Propriété antivirales

Les huiles essentielles ont été suggérées comme une médecine alternative prometteuse pour le traitement de la COVID-19, Ceci est confirmé par des recherches antérieures indiquant que plusieurs huiles essentielles sont efficaces contre d'autres virus causant des maladies chez l'homme, notamment le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et le SRAS-CoV (wani et al., 2021).

#### ➤ Mécanisme d'action

Les mécanismes antiviraux des huiles essentielles sont étudiés à l'aide de tests de temps d'ajout. Lorsque les cellules receptrice sont prétraitées avant l'infection, un résultat négatif suggère que les huiles essentielles n'agissent pas sur la fixation virale. En revanche, si les virus sont traités avant leur contact avec les cellules et que l'infection est inhibée, cela indique que les huiles essentielles perturbent les virions libres, notamment en altérant leur enveloppe ou en masquant les protéines virales nécessaires à l'entrée dans la cellule (Ma et Yao., 2020).

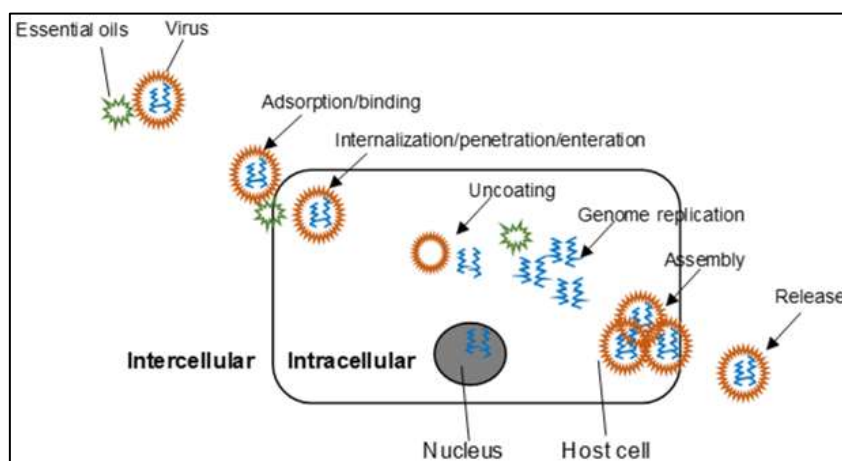


Figure 10 : Mécanisme d'action des HE contre les virus (Ma et Yao, 2020).

### III.1.5. Propriétés antifongiques

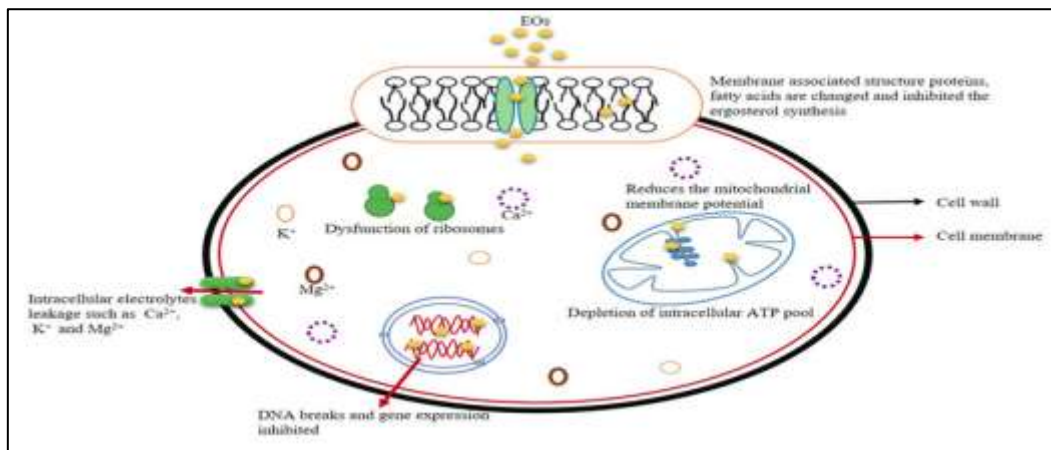
Les huiles essentielles et leurs composants présentent également une activité contre les champignons, activité qui est de mieux en mieux décrite. Il a été démontré *in vitro* que les huiles essentielles inhibent et/ou tuent un large éventail de champignons pathogènes pour l'homme, l'animal et l'agriculture, ce qui renforce l'intérêt pour leur application thérapeutique ou industrielle. Parmi les agents pathogènes humains et animaux, les levures du genre *Candida sp* et les dermatophytes Epidermophyton, Microsporum et Trichophyton ont suscité

le plus grand intérêt, peut-être parce que la portée et l'efficacité limitées des agents antifongiques conventionnels alimentent la recherche de nouvelles thérapies (Thormar., 2010).

### ➤ Mécanisme d'action antifongique

Des recherches récentes portant sur l'activité des métabolites secondaires notamment les huiles essentielles et les extraits végétaux obtenus par solvants organiques ont identifié six modes d'action distincts expliquant leurs effets antifongiques (Raveau et al., 2020).

- Inhibition de la formation de la paroi cellulaire des champignons ;
- Désorganisation de la membrane cellulaire par inhibition de la synthèse de l'ergostérol;
- Affectation des mitochondries fongiques par inhibition du transport d'électrons mitochondrial;
- Inhibition de la division cellulaire;
- Interférence avec la synthèse de l'ARN ou de l'ADN et/ou inhibition de la synthèse des protéines;
- Inhibition des pompes d'eaux.



**Figure 11** : Mécanisme d'action des huiles essentielles sur les champignons (Maurya et al., 2021).

### III.2. Domaine agro-alimentaire

Les maladies d'origine alimentaire constituent un problème de santé publique croissant dans le monde entier. Pour lutter efficacement contre les agents pathogènes dans les aliments, plusieurs techniques de conservation sont nécessaires. La demande croissante des consommateurs pour des produits moins salés et sucrés réduit la durée de conservation naturelle des aliments, augmentant ainsi le besoin de conservateurs efficaces. Face à la méfiance envers les additifs synthétiques, l'intérêt pour des alternatives naturelles s'est renforcé. Parmi elles, les huiles essentielles, initialement utilisées pour leur arôme, se révèlent intéressantes en raison de leurs propriétés antimicrobiennes (**Hyldgaard et al., 2012**).

L'activité antimicrobiennes des agents naturels, telles que les huiles essentielles, ont été reconnue et utilisée depuis des siècles (**burt., 2004**), comme méthode alternative de conservation dans les aliments, et pour prévenir (contrôler) la croissance des microorganismes, y compris les micro-organismes pathogènes comme *E. coli*, *Salmonella spp* et *Listeria monocytogenes* ont raison de la sécurité alimentaire, L'application d'extraits et d'HE d'antimicrobiens d'origine végétale, pourrait constituer une alternative aux conservateurs synthétiques (**Tajkarimi et al., 2010**). Les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de l'huile essentielle de citron peuvent être utilisées comme conservateur dans l'industrie agroalimentaire (**Ben Hsouna et al., 2017**).

*Partie*  
*expérimentale*

# *Chapitre II*

## *Matériel & Méthodes*

**Matériel et Méthodes**

Cette étude a porté sur l'évaluation des propriétés antimicrobiennes d'huiles essentielles extraites de trois plantes médicinales largement utilisées en phytothérapie. Les travaux ont été réalisés au Laboratoire de science de la nature et de la vie de Béjaïa, durant la période allant du 15 avril au 25 mai 2025.

**I. Matériel**

**I.1. Matériel végétal**

Dans ce travail, nous avons utilisé trois huiles essentielles des trois plantes citées ci-dessus récoltées dans la région de Bejaia.

Ces huiles essentielles sont fournies par le Pr CHIKHOUNE.

Nom de la plante	Méthode d'extraction	Partie de la plante extraite	Année d'extraction
Thym	Hydro-distillation	Parties aériennes (feuilles et fleurs)	2024
Lavande	Hydro-distillation	Fleurs	2025
Romarin	Hydro-distillation	Parties aériennes (feuilles et sommités fleuries)	2025

**Figure 12 :** Illustration des huiles essentielles étudiées.

**I.2. Matériel biologique**

**I.2.1. Souches microbiennes**

Les souches bactériennes utilisées proviennent de la collection de Mme. Benachour du laboratoire de microbiologie appliquée de l'université de Bejaia, elles sont entretenues par repiquage sur gélose nutritive favorable à leur croissance pendant 24 h à l'obscurité à 37 °C (**Tableau VII**).

**Tableau VII :** Souches bactériennes testées

Souche	Gram
<i>Escherichia coli</i>	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+
<i>Bacillus subtilis</i>	+

<i>Bacillus cereus</i>	+
------------------------	---

Afin d'évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles, deux champignons phytopathogènes ainsi qu'une levure ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Ces souches fongiques servent à tester *in vitro* l'efficacité antimicrobienne de certaines huiles essentielles.

- *Penicillium* sp,
- *Aspergillus* sp,
- *Candida* sp.

## II. Méthodes

### II.1. Extraction des HE

Bien que l'extraction des huiles essentielles (HE) n'ait pas été réalisée directement dans le cadre de notre mémoire, nous avons assisté à ce procédé lors d'une séance encadrée par Mr. CHIKHOUNE au niveau de laboratoire 5 bloc 12. Cette étape nous a permis de mieux comprendre la méthode d'hydro distillation utilisée pour extraire les huiles essentielles à partir de matériel végétal (Annexe II).

### II.2. Préparation des dilutions de l'extrait

Pour la poursuite des tests *in vitro*, et en s'appuyant sur les études antérieures, les concentrations sélectionnées ont été de 5 %, 10 %, 50 % et 100 %, en utilisant le diméthylsulfoxyde (DMSO) comme solvant organique selon le **tableau VIII** suivant:

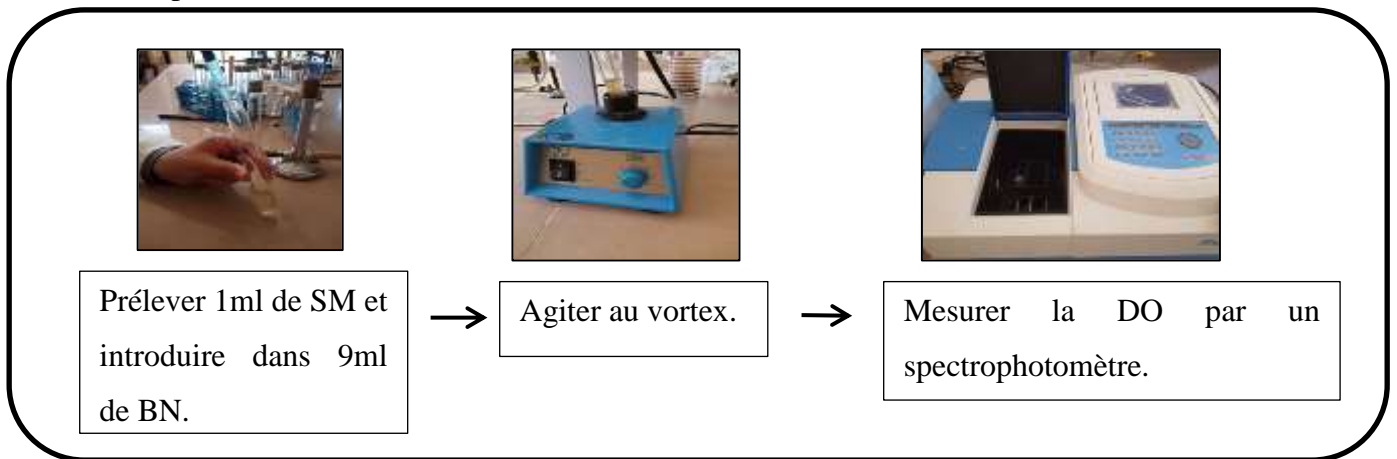
**Tableau VIII** : Les concentrations des HES utilisées.

Dilutions	Huile essentiel	DMSO
<b>5%</b>	50 µL	950 µL
<b>10%</b>	100 µL	900 µL
<b>50%</b>	500 µL	500 µL
<b>100%</b>	1000 µL	0 µL
<b>Témoin</b>	0 µL	1000 µL

### II.3. Activités antibactérienne

#### II.3.1. Préparation de la suspension bactérienne

La suspension bactérienne ( $10^8$ ufc/ml) a été préparée dans un bouillon nutritif, à partir d'une suspension bactérienne de 18h, La suspension bactérienne est homogénéisée à l'aide d'un vortex, puis sa densité optique est mesurée et ajustée afin d'obtenir une concentration équivalente à 0,5 sur l'échelle de McFarland, correspondant à environ  $10^8$  UFC/ml et mesuré avec un spectrophotomètre. Ces standards correspondent à une densité optique comprise entre 0,13 et 0,19 à une longueur d'onde de 600 nm. Ci-dessous, une figure illustrant les étapes de la préparation de la suspension bactérienne.



**Figure 13 :** Les étapes de la préparation de la suspension bactérienne.

### II.3.2. Évaluation de l'activité antibactérienne

Les tests d'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles ont été réalisés avec la Méthode de diffusion en milieu solide (Maidi et al., 2022). A partir d'une suspension bactérienne jeunes de 18 à 24 Heures et ajustée à 0,5 McFarland puis diluée afin d'obtenir une suspension de  $10^8$  UFC /ml, Nous avons ensemencé par un écouvillonnage sur la gélose Mueller-Hinton.

Puis nous avons réalisé des puits (6 mm de diamètre) dans la gélose MH à l'aide d'un embout stérile. Nous avons ajouté environ de 10 à 15 $\mu$ l de la gélose blanche dans chaque puits afin d'empêcher l'huile essentielle de se diffuser en dessous de la gélose et ainsi de fausser les résultats. Nous avons ajouté dans chaque puits un volume fixe de 50  $\mu$ l de différentes concentrations 5 %, 10 %, 50%,100% de chaque huile essentielle. L'opération a été répétée trois fois pour chaque dilution (trois puits de la même dilution par boîte). Des témoins négatifs ont été réalisés : des puits rempli par le DMSO.

Pour avoir une bonne diffusion des HEs, une pré-diffusion a été faite à 4°C pendant 2 heures, puis les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 h.

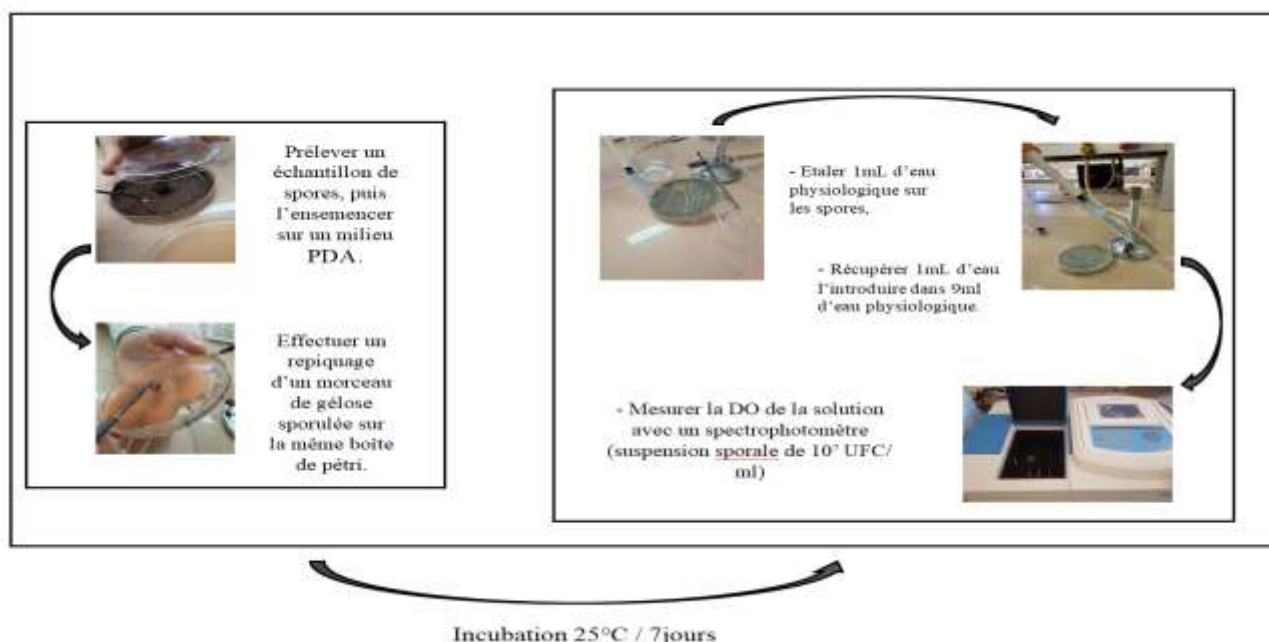
## II.4. Activités antifongique

### II.4.1. Réalisation d'un repiquage des souches fongiques

Nous avons procédé à un prélèvement d'un fragment de mycélium à partir d'une boîte de Petri contenant une culture fongique (moins d'une semaine), puis transférer dans une nouvelle boîte de Petri contenant de gélose PDA (Potato dextrose agar) incubé à 25 °C.

### II.4.2. Préparation de la suspension sporale

La suspension sporale ( $10^7$  spore/ml) a été préparée dans l'eau physiologique, à partir d'une culture fongique de 7 jours. **La figure 12** illustre les étapes de la préparation de repiquage et la préparation de la suspension sporale des champignons testés.



**Figure 14 :** Repiquage et préparation des suspensions fongiques.

### II.4.3. Évaluation de l'activité antifongique

Les tests d'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles ont été réalisés avec la Méthode de diffusion en milieu solide (test des puits).

A partir de suspension fongique Nous avons ensemencé par un râteau stérile sur la gélose PDA une quantité de 100  $\mu$ L. Des boîtes de Pétri contenant le milieu déjà solidifié et inoculé de la souche testée. A la surface de chaque boîte nous avons réalisé des puits de 6mm de diamètre) à l'aide d'un embout stérile versé 50  $\mu$ L de différentes dilutions d'extraits supplémentée (5%, 10%, 50%,100%). Pour avoir une bonne diffusion des HEs, une pré-

diffusion a été faite à 4°C pendant 2 heures. L'incubation a été réalisée entre 48 heures et 7 jours à 25°C.

Des témoins négatifs ont été réalisés : des puits imprégnés par le DMSO.



**Figure 15** : Les étapes de la méthode de diffusion en gélose avec test des puits.

### II.5. Analyse statistique

Les résultats ont été présentés sous forme de moyenne  $\pm$  erreur standard des diamètres des zones d'inhibitions. L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica 5.0. L'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs a été effectuée pour comparer l'effet des huiles essentielles sur la croissance des bactéries et champignons sélectionnés. Le test post-hoc de Tukey HSD a été appliqué afin de déterminer les différences entre les microorganismes et entre les huiles essentielles testées. Le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05$  avec un intervalle de confiance de 95 %.

# *Chapitre III*

## *Résultat & Discussion*

### Résultats et discussion

L'activité antimicrobienne des trois huiles essentielles testées (Thym, Lavande et Romarin) a été évaluée sur sept souches microbiennes, comprenant à la fois quatre bactéries, deux champignons et une levure. L'évaluation a été réalisée par la méthode de l'aromatogramme par diffusion, également appelée test des puits en gélose, une technique simple et efficace permettant de mesurer l'effet inhibiteur d'une substance sur la croissance microbienne. L'échelle d'évaluation de l'activité antimicrobienne est présentée par **Mouas et al. (2017) (Tableau X)**. Les résultats de l'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles sur les souches bactériennes ont été détaillés dans l'**annexe III**.

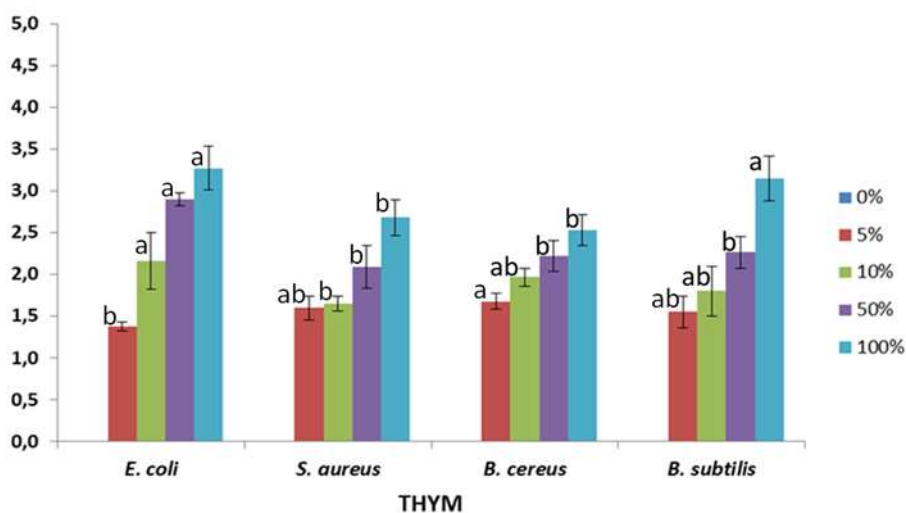
**Tableau IX** : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition.

Sensibilité	Zone d'inhibition
Non sensible ou résistante (-)	Diamètre < 8mm
Sensible (+)	Diamètre compris entre 9 à 14 mm
Très sensible (++)	Diamètre compris entre 15 à 19 mm
Extrêmement sensible (++++)	Diamètre > 20 mm

Le test statistique de comparaisons multiples de Tukey a été choisi, avec un niveau de confiance de 95 %, a permis de mettre en évidence des différences significatives entre les moyennes de diamètre mesurées de chaque concentration d'huile essentielle testée pour les différentes bactéries.

#### I. Résultats des activités antibactériennes

##### I.1. Résultats de l'activité antibactérienne de Thym



**Figure 16 :** Résultats de l'activité antibactérienne des différentes concentrations de l'extrait de Thym envers les quatre souches bactériennes. Les différentes lettres montrent une différence significative ( $P < 0.05$ ) selon le test HSD de Tukey.

Les zones d'inhibition obtenues avec l'huile essentielle de Thym a été particulièrement larges, traduisant ainsi un potentiel antibactérien. L'huile essentielle pur a révélé une activité très marquée contre des quatre souches testées. A la concentration de 5 %, nous avons observé l'apparition des zones d'inhibitions avec des diamètres allant de 1,4 cm à 1,7 cm.

Cette activité augmente avec l'augmentation de la concentration de l'HE. Nous avons noté qu'à 10 %, *E. coli* et *B. cereus* ont présentés des zones d'inhibitions les plus élevées avec 2,2 cm, 2 cm respectivement. Nous avons enregistré que *S. aureus* a été le moins affecté par le HE du Thym à 10% avec 1,7 cm de zone d'inhibition. À 50 % et à 100 %, l'extrait a présenté une action nettement marquée, en particulier sur *E. coli* avec un diamètre de 3,3 cm et *B. subtilis* 3,2 cm, qui montrent la plus forte sensibilité. Ces résultats révèlent une corrélation positive entre la concentration de l'HE et la zone d'inhibition (**Figure 16**).

L'analyse statistique établit par le test de Tukey révèle qu'à 5% *B. cereus* présente le diamètre d'inhibition le plus élevé (1,67cm), indiquant une sensibilité élevée à l'huile essentielle avec une différence significative comparée autres souches testées ( $P < 0.05$ ) (**Figure 16**).

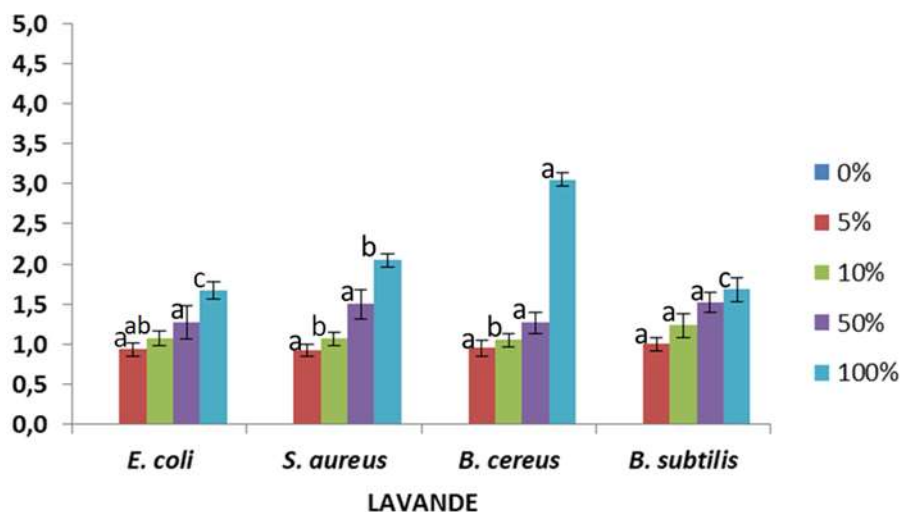
À 10 %, c'est *E. coli* qui se distingue, avec un diamètre moyen d'inhibition de 2,167 cm, indiquant également une sensibilité élevée. Cette tendance se confirme à 50 %, où *E. coli* enregistre à nouveau le diamètre le plus important (2,9 cm). Enfin, à la concentration de 100 %, l'huile essentielle de Thym exerce une activité antibactérienne très prononcée, en particulier

contre *E. coli* et *B. subtilis*, qui présentent les diamètres moyens d'inhibition les plus élevés, respectivement 3,27 cm et 3,15 cm. Ces valeurs traduisent une efficacité maximale du traitement, avec des différences statistiquement significatives comparées aux autres souches ( $P < 0,05$ ) (**Figure 16**).

Les résultats de notre étude confirment l'efficacité antibactérienne marquée de l'huile essentielle (HE) de Thym. Ce résultat est en cohérence avec de nombreuses recherches antérieures (**Meena et Sethi 1994 ; Béliia Belkheir et al., 2012**). (**Mohamed Nadjib et al. 2014**), à travers des tests par diffusion sur disque, ils ont montré que l'HE de thym possède une activité antimicrobienne significative contre des souches bactériennes pathogènes un total de 23 souches microbiennes ont été utilisées (7 bactéries à Gram + comme *S. aureus* (2,3 cm), *B. subtilis* (3,2 cm), *Enterococcus sp* (2,7cm) et 16 à Gram - comme *E. coli* (2,7 cm), *Klebsiella pneumoniae* (2,9 cm), *Salmonella typhi* (3 cm)).

L'effet inhibiteur de cette HE pourrait s'expliquer par la présence de composés bioactifs tels que le carvacrol et le terpinène, connus pour leur propriété bactéricide. Selon les travaux de **Dorman et Deans (2000)**, le thymol est un des constituants majeurs du thym et présente le spectre d'activité antibactérienne le plus large, avec une efficacité démontrée contre 25 genres bactériens. Ils soulignent également qu'il n'existe pas de corrélation directe entre le type de paroi cellulaire (Gram+ ou Gram-) et la sensibilité des souches, suggérant ainsi un mécanisme d'action indépendant de la seule structure membranaire. En parallèle, des recherches menées par **l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1999)** ont confirmé la forte activité antibactérienne du thymol contre de nombreuses espèces, y compris celles étudiées dans notre travail. Cela montre que les composés volatils majeurs, en particulier les phénols, jouent un rôle essentiel dans l'efficacité antimicrobienne du Thym.

## I.2. Résultats de l'activité antibactérienne de la Lavande



**Figure 17 :** Résultats de l'activité antibactérienne des différentes concentrations de l'extrait de la Lavande envers les quatre souches bactériennes. Les différentes lettres montrent une différence significatives ( $P < 0.05$ ) selon le test HSD de Tukey.

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait de Lavande à différentes concentrations a permis d'observer une réponse croissante selon la concentration. A 5 %, de faibles zones d'inhibition ont été observées entre 0,9 cm et 1 cm. À 10 %, les diamètres des zones d'inhibitions varient entre 1,1 cm et 1,2 cm. À la concentration de 100 %, l'efficacité atteint son maximum, avec *B. cereus* qui se distingue nettement 3,1 cm (**Figure 17**).

À une concentration de 5 %, les résultats du test de Tukey ne montrent aucune différence significative entre les effets de l'huile essentielle de Lavande sur les différentes souches bactériennes testées. En effet, toutes les bactéries *B. subtilis* (1 cm), *S. aureus* (0,95 cm), *B. cereus* (0,92 cm) et *E. coli* (0,74 cm) appartiennent au même groupe A, ce qui indique que les variations de leurs moyennes ne sont pas statistiquement significatives (**Figure 17**).

À 10 %, l'huile essentielle de Lavande exerce une activité antibactérienne modérée, avec des variations selon les souches. *B. subtilis* montre la sensibilité la plus élevée, avec un diamètre moyen d'inhibition de 1,2 cm, et appartient exclusivement au groupe A. La concentration de 50 %, l'huile essentielle de Lavande démontre une activité antibactérienne globalement homogène sur l'ensemble des souches testées. Les diamètres moyens d'inhibition varient peu entre les bactéries, allant de 1,4 cm pour *B. subtilis* à 1,2 cm pour *B. cereus*. Toutes les souches *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* et *B. cereus* appartiennent au même groupe statistique A. Cela signifie qu'aucune

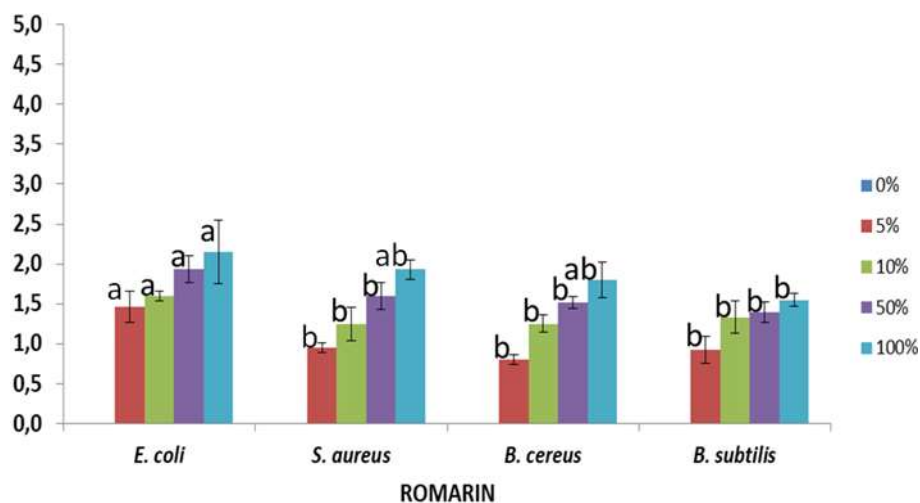
différence significative n'a été observée entre les effets de l'huile essentielle sur ces bactéries (**Figure 17**).

À la concentration maximale de 100 %, l'huile essentielle de Lavande montre que *B. cereus* présente la plus grande zone d'inhibition avec une moyenne de 3,05 cm, indiquant une sensibilité significativement plus élevée que toutes les autres souches bactériennes ( $P < 0,05$ ) (**Figure 17**).

Dans notre étude, les bactéries à Gram positif (*S. aureus*, *B. subtilis* et *B. cereus*) se sont révélées plus sensibles à l'huile essentielle (HE) de lavande que la bactérie à Gram négatif *E. coli*. Cette différence de sensibilité est fréquemment attribuée à la structure particulière de la membrane externe des bactéries à Gram négatif, qui limite la pénétration des composés hydrophobes tels que les huiles essentielles. **Deans et al. (1995)** ont montré que la nature de la paroi cellulaire influence l'intensité de l'activité antibactérienne observée, la plupart des HE étant plus efficaces contre les bactéries Gram positif.

Les résultats obtenus s'accordent avec ceux rapportés par **Djenane et al.,(2012)**, l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* a également été évaluée contre *E. coli* et *S. aureus*. Les résultats obtenus ont révélé une efficacité, avec des diamètres d'inhibition de 1,1 cm pour *E. coli* et 1,9 cm pour *S. aureus* (à partir 10%). De même, **Chebaibi et al. (2015)** ont été observé une bonne activité antibactérienne de l'HE de lavande sur ces deux souches. D'autres études confirment également l'efficacité de l'HE de lavande contre un large spectre bactérien, incluant *S. aureus*, *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* (**Roller et al., 2009 ; Elharas et al., 2013**). Plus récemment, **Hosseini et al. (2025)** ont rapporté une inhibition significative de la croissance d'*E. coli* et *B. subtilis* à des concentrations allant de 50 % à 100 % d'HE de lavande. Ces résultats confirment donc l'efficacité antibactérienne potentielle de l'HE de lavande, notamment à l'encontre des bactéries à Gram positif.

### I.3. Résultats de l'activité antibactérienne du Romarin



**Figure 18** : Résultats de l'activité antibactérienne des différentes concentrations de l'extrait du Romarin envers les quatre souches bactériennes. Les différentes lettres montrent une différence significative ( $P < 0.05$ ) selon le test HSD de Tukey.

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait de Romarin à différentes concentrations a mis en évidence une augmentation progressive de l'effet inhibiteur avec l'élévation des concentrations testées. Dès 5 %, une faible inhibition apparaît, plus marquée chez *E. coli* (1,5 cm), tandis que les autres souches présentent des réponses plus modestes. À 50 %, les zones d'inhibition continuent de croître, atteignant 1,9 cm pour *E. coli* et environ 1,4 à 1,6 cm pour les autres bactéries. Enfin, à 100 %, l'extrait de Romarin démontre son efficacité maximale, *E. coli* étant la souche la plus sensible (2,2 cm). Ces résultats mettent en évidence un effet antibactérien croissant avec la concentration, bien que variable selon la souche bactérienne, *E. coli* étant la plus réceptive au Romarin (**Figure 18**).

Les résultats du test de Tukey indiquent qu'à une concentration de 5 %, l'huile essentielle de Romarin exerce une activité antibactérienne relativement faible, avec des différences significatives entre les souches testées. *E. coli* présente la plus grande moyenne de diamètre d'inhibition (1,46 cm), ce qui indique une sensibilité significativement plus élevée par rapport aux autres souches testé (**Figure 18**).

À la concentration 10 %, *E. coli* présente une sensibilité significativement plus élevée à l'huile essentielle de Romarin, avec un diamètre moyen d'inhibition de 1,6 cm. À 50 %, l'huile essentielle de Romarin affiche une activité antibactérienne différenciée, avec une efficacité notable contre *E. coli*. Cette dernière présente le plus grand diamètre moyen d'inhibition (1,9 cm),

indiquant qu'elle est significativement plus sensible que les autres souches testées. La concentration maximale de 100 %, l'huile essentielle de Romarin démontre une activité antibactérienne renforcée, bien que des différences significatives persistent entre certaines souches. *E. coli* présente la plus grande moyenne de diamètre d'inhibition (2,1 cm) ce qui indique que les variations de leurs moyennes ne sont pas statistiquement significatives ( $P < 0,05$ ) (**Figure 18**).

L'huile essentielle (HE) de Romarin est largement étudiée pour ses propriétés antimicrobiennes. Plusieurs travaux ont démontré qu'elle possède une activité inhibitrice contre une variété de micro-organismes pathogènes, aussi bien à Gram positif qu'à Gram négatif. Cette activité est généralement attribuée à ses composants majeurs, notamment le 1,8-cinéole, le camphre, et l' $\alpha$ -pinène, reconnus pour leurs effets perturbateurs sur les membranes bactériennes (**Bakkali et al., 2008 ; Angioni et al., 2004**).

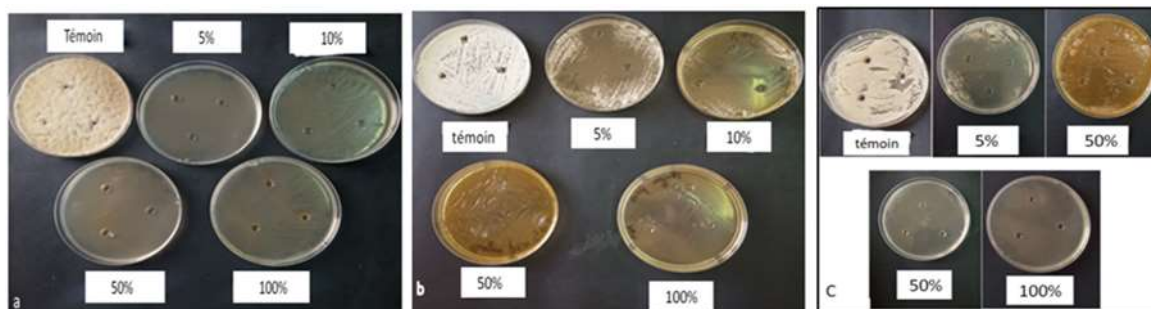
Selon **Bozin et al., (2006) et Nikaido,(2003)** , l'huile essentielle de Romarin est capable de réduire significativement la croissance de bactéries telles que *S. aureus* à 100% avec 3,2 cm , *B. subtilis*, et celle de *E. coli* avec une zone d'inhibition de 2,5 cm. En particulier, *E. coli* peut être sensible à certaines huiles riches en cinéole, malgré sa membrane externe typique des bactéries à Gram négatif, qui agit souvent comme barrière.

L'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles dépend de leur concentration. Les résultats des travaux de **Soković et al. (2009)**, ont montré que, plus la concentration augmente, plus les composés actifs atteignent des niveaux suffisants pour perturber les structures cellulaires et inhiber la croissance bactérienne.

Par ailleurs, d'autres études ont démontré que les huiles essentielles agissent en altérant la perméabilité membranaire, provoquant des fuites intracellulaires qui aboutissent à la mort cellulaire. Cette action est valable sur une large gamme de bactéries, mais avec des sensibilités variables selon les espèces et la structure de leur paroi cellulaire (**Burt, 2004 ; Helander et al. 1998**).

## II. Activité antifongique

## II.1. Résultats de l'activité antifongique de l'HE de Thym



**Figure 19** : Résultats de l'activité antifongique de HE du Thym sur les souches fongiques  
(a : *Aspergillus* sp, b : *Penicillium* sp, c : *Candida* sp).

L'effet antifongique de l'huile essentielle du Thym a été évalué sur la croissance du champignon *Aspergillus* sp. Cultivé sur milieu gélosé. La boîte témoin, ne contenant aucun traitement, montre une croissance fongique abondante et uniforme, indiquant le développement normal du champignon en absence d'agent inhibiteur. En revanche, les boîtes traitées avec l'huile essentielle à différentes concentrations (5 %, 10 %, 50 %, et 100 %) présentent une inhibition totale de la croissance fongique (**Figure 19**).

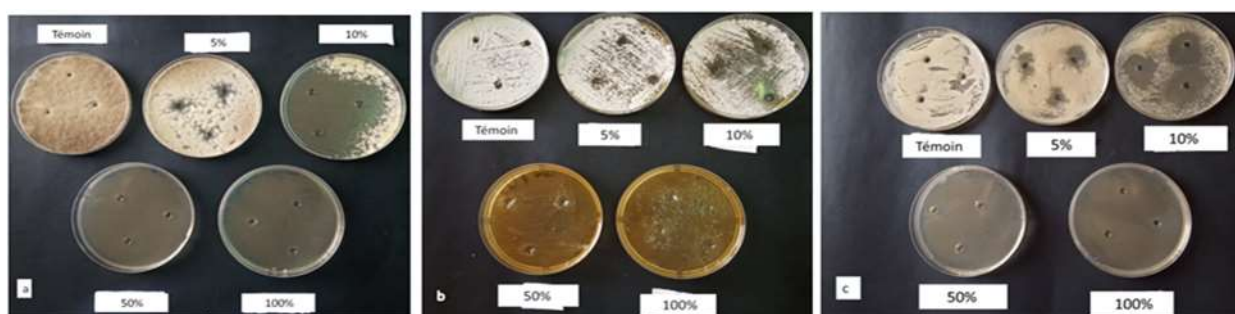
La souche *Penicillium* sp présente une sensibilité à l'huile essentielle du Thym en fonction des concentrations testées. Aux concentrations de 5 % et 10 %, une légère altération de la croissance mycélienne est observée, sans pour autant induire une inhibition significative. À une concentration de 50 %, l'huile essentielle de Thym présente une activité antifongique marquée par une inhibition significative du développement mycélien. Cette action devient plus prononcée à 100 %, où nous avons observé une suppression quasi totale de la croissance fongique, traduisant un effet létal sur la souche fongique et une efficacité maximale de l'huile essentielle à cette concentration (**Figure 19**).

L'application de l'extrait du Thym a clairement induit des zones d'inhibition de la croissance de *Candida* sp. À des concentrations faibles, telles que 5% et 10%, des zones d'inhibition apparaissent autour des puits. Ces zones sont perceptibles, mais de taille relativement modeste, l'augmentation de la concentration de l'extrait à 50% et 100% révèle une efficacité antifongique nettement supérieure. Les boîtes de Pétri traitées avec l'extrait à 50% présentaient une zone d'inhibition visiblement plus large et plus nette que celles observées à 5% et 10%. À la

concentration de 100%, l'activité a été maximale, avec une absence totale de la croissance (**Figure 19**).

Les résultats de notre étude mettent en évidence l'effet antifongique croissant de l'huile essentielle (HE) de Thym. L'inhibition fongique observée confirme le potentiel de cette HE comme agent antifongique naturel. Selon **Soković et al. (2010)**, l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est largement reconnue pour sa forte activité antifongique, notamment grâce à la présence de composés phénoliques comme le thymol et le carvacrol. Ces molécules agissent en perturbant la membrane cellulaire des champignons, entraînant des fuites cytoplasmiques et la mort cellulaire. D'autres études, comme celle de **Pinto et al. (2009)**, montrent également que cette huile essentielle est efficace contre *Candida albicans*, *Aspergillus* sp et *Penicillium* sp, avec des zones d'inhibition qui augmentent avec l'augmentation de la concentration. Les auteurs précisent que l'efficacité dépend aussi de la nature de la paroi fongique, certaines souches étant plus résistantes que d'autres. **Kocić-Tanackov et al. (2012)** soulignent que *Penicillium* sp et *Aspergillus* sp sont des moisissures particulièrement résistantes à certains agents antifongiques, mais que les huiles essentielles riches en monoterpènes oxygénés (comme celle du Thym) montrent une efficacité importante même contre ces genres. Enfin, **Bakkali et al. (2008)** rappellent que les huiles essentielles, en plus d'être naturelles, peuvent offrir une alternative prometteuse aux antifongiques chimiques, en raison de leur spectre d'activité large, leur faible toxicité environnementale, et leur potentiel à limiter l'émergence de résistances.

### II.2. Résultats de l'activité antifongique de l'HE de la Lavande



**Figure 20** : Activité antifongique de l'extrait de la Lavande sur les souches fongique.

(a : *Aspergillus* sp. b : *penicillium* sp, c : *candida* sp).

L'effet de l'extrait de la Lavande sur la croissance du champignon *Aspergillus* sp à différentes concentrations, La boîte témoin, non traitée, montre une croissance fongique abondante, homogène et couvrant presque toute la surface du milieu, traduisant l'absence d'inhibition. A la concentration de 5 %, la croissance diminue légèrement, bien que le champignon

reste visible avec des zones centrales plus claires. À 10 %, nous avons observé une réduction plus marquée de la croissance, surtout en périphérie, indiquant un début d'effet inhibiteur plus significatif. Les concentrations de 50 % et 100 % entraînent une inhibition quasi totale de la croissance, avec une absence apparente de colonies fongiques (**Figure 20**).

Étude de l'activité antifongique de l'extrait de Lavande sur la croissance mycélienne de *penicillium* sp à diverses concentrations. À 5 % et 10 %, une légère diminution de la croissance est visible, bien que le champignon continue à se développer sur une grande partie de la boîte. En revanche, à 50 %, la croissance est fortement réduite, ce qui témoigne d'un effet antifongique important. À 100 %, aucune croissance n'est observée, indiquant une inhibition complète du développement fongique (**Figure 20**).

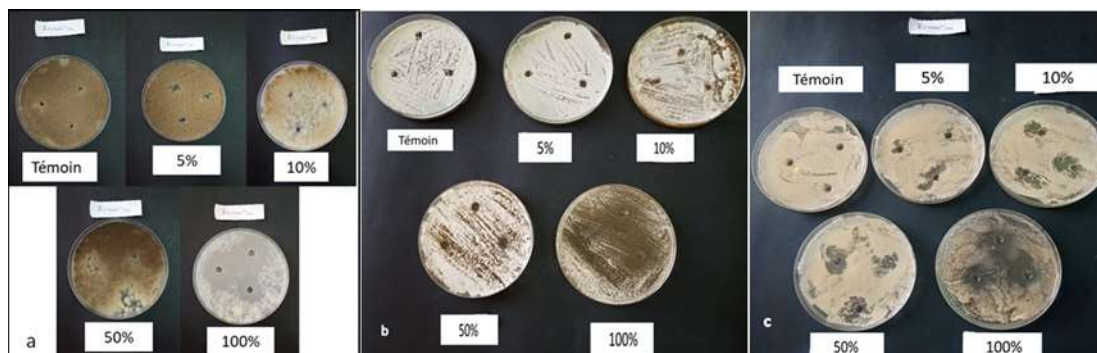
L'application de l'extrait de lavande a eu un effet perceptible sur la croissance de *Candida* sp. A des concentrations faibles tels que 5% et 10%, des zones d'inhibition apparaissent autour des puits. Ces zones sont visibles et suggèrent une activité antifongique de l'extrait même à de faibles dilutions. À des concentrations élevées, l'activité antifongique de l'extrait de Lavande devient significativement plus observée. Les boites traitées avec l'extrait à 50% montraient une zone d'inhibition plus grande, indiquant une capacité accrue à inhiber la croissance de *Candida* sp. L'effet le plus puissant a été observé avec l'extrait à 100% caractérisée par une Suppression complète de la croissance (**Figure 20**).

Les résultats obtenus démontrent que l'huile essentielle (HE) de Lavande exerce une activité antifongique notable sur les trois champignons testés, avec une efficacité croissante à mesure que la concentration augmente, et une inhibition significative à 100 %, notamment sur *Candida* sp.

Ces résultats sont soutenus par plusieurs études. D'après **Soković et al. (2007)**, l'HE de Lavande présente une activité antifongique marquée, attribuée à la présence de composés majeurs tels que le linalol et l'acétate de linalyle, qui perturbent les membranes cellulaires des champignons. **Bialoń et al. (2014)** ont montré que l'huile essentielle de Lavande inhibe efficacement la croissance de *C. albicans* et d'*Aspergillus* sp. En réduisant la formation de biofilms et en affectant l'intégrité membranaire fongique. Une autre étude a été menée par **Da Silva Bomfim et al. (2020)** confirme l'effet antifongique de cette huile sur *Penicillium expansum*, en lien avec la concentration en linalol, principal constituant actif reconnu pour son activité antimicrobienne. **L'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2002)** mentionne également

l'usage traditionnel des huiles essentielles de Lavande pour leurs propriétés antiseptiques et antifongiques, justifiant leur intérêt dans la lutte contre les pathogènes fongiques.

### II.3. Résultats de l'activité antifongique de l'HE du Romarin



**Figure 21** : Activité antifongique de l'extrait de Romarin sur les souches fongique.

(a : *Aspergillus* sp, b : *penicillium* sp, c : *candida* sp).

L'effet de différentes concentrations d'extrait du Romarin sur la croissance du champignon *Aspergillus* sp. Dans la boîte témoin (sans extrait), nous avons observé une croissance fongique abondante et uniforme, indiquant l'absence d'inhibition. Les boîtes 5% et 10% affichent une croissance d'*Aspergillus* sp qui reste très dense, suggérant un effet minime ou une absence d'activité inhibitrice significative à ces concentrations. À la concentration de 100 %, l'HE présente une efficacité antifongique maximale, mise en évidence par des zones d'inhibition étendues et nettement délimitées autour des puits. Ces zones sont dépourvues de croissance fongique, indiquant une forte capacité de l'extrait pur du Romarin à supprimer le développement d'*Aspergillus* sp (**Figure 21**).

L'effet inhibiteur du Romarin sur la croissance de *Penicillium* sp, en comparaison avec un témoin non traité. À des concentrations de 5 % et 10 %, la croissance de *Penicillium* sp reste largement présente, avec peu ou pas de zones claires visibles autour des puits, indiquant une faible efficacité antifongique du Romarin à ces concentrations. À 50 %, de légères zones d'inhibition apparaissent, traduisant une certaine activité antifongique. En revanche, à 100 %, la croissance fongique est nettement réduite autour des puits, suggérant une activité antifongique significative du Romarin à forte concentration (**Figure 21**).

À des concentrations de 5% et 10%, des zones d'inhibition de taille modérée apparaissent autour des puits. À la concentration de 50 %, l'activité antifongique se manifeste de manière plus prononcée, ce qui révèle une efficacité antifongique plus importante. Enfin, à 100 %, le Romarin

montre une activité antifongique optimale, traduite par des zones d'inhibition bien nettes et étendues, suggérant une forte inhibition de la croissance de *Candida* sp (**Figure 21**).

Les résultats de notre étude mettent en évidence une activité antifongique variable de l'huile essentielle (HE) de Romarin en fonction des concentrations testées et du type de champignon. En effet, nous avons observé une inhibition progressive de la croissance fongique chez *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp et *Candida* sp, particulièrement marquée à des concentrations élevées de l'HE (50 % et 100 %).

Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Santoro et al. (2007)**, qui ont montré que l'huile essentielle du Romarin possède une efficacité notable contre diverses espèces fongiques, notamment *Candida* sp et les champignons filamenteux. Cette activité est généralement attribuée à la présence de composés phénoliques tels que le 1,8-cinéole (eucalyptol), le camphre et l' $\alpha$ -pinène.

Par ailleurs, selon **Bakkali et al. (2008)**, l'action antifongique des huiles essentielles dépend non seulement de la concentration mais aussi de la nature chimique des composants actifs. Le Romarin, riche en monoterpènes, agit en perturbant la perméabilité membranaire des cellules fongiques, entraînant des fuites d'électrolytes et la désorganisation des structures intracellulaires. Dans une autre étude, **Pintore et al. (2002)** ont également signalé une efficacité antifongique remarquable de l'HE du Romarin contre des espèces d'*Aspergillus* et *Penicillium*, corroborant ainsi les observations obtenues dans notre étude.

Ainsi, nos résultats expérimentaux soutiennent l'idée que l'huile essentielle de Romarin constitue une alternative naturelle prometteuse dans la lutte contre les infections fongiques, en particulier face aux souches résistantes. Toutefois, des études complémentaires sont nécessaires pour élucider précisément les mécanismes d'action moléculaires et pour confirmer ces résultats dans des conditions cliniques ou industrielles.

# *Conclusion*

### Conclusion

Cette étude visait à évaluer l'activité antimicrobienne de trois huiles essentielles extraites par hydro-distillation à partir de plantes aromatiques : le Thym, le Romarin et la Lavande. Ces huiles ont été testées à différentes concentrations contre quatre souches bactériennes (*E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis* et *B. cereus*) deux souches fongiques (*Aspergillus sp*, *Penicillium sp*) et une souche de levure (*candida sp*). Ces trois huiles essentielles, connues pour leur richesse en composés bioactifs, notamment les phénols, les terpénoïdes et les flavonoïdes, ont montré une efficacité variable mais significative vis-à-vis de différentes souches microbiennes. Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de Thym se distingue par une activité antimicrobienne importante, tant sur les bactéries que sur les champignons testés, avec une efficacité croissante en fonction de la concentration. Celle de Lavande présente une activité modérée, notamment sur les bactéries à Gram positif. Enfin, l'huile essentielle de Romarin a révélé une action antibactérienne satisfaisante, surtout à haute concentration, avec une efficacité plus prononcée contre *E. coli*.

Les trois huiles essentielles ont exercé un effet inhibiteur intéressant, en particulier contre *Candida sp* et *Aspergillus sp*. L'huile essentielle de Thym a montré des zones d'inhibitions les plus élevées comparées aux deux autres huiles. Ces observations confirment la capacité de certaines huiles essentielles à inhiber efficacement la croissance de microorganismes pathogènes, ce qui soutient leur potentiel en tant qu'alternatives naturelles aux agents antimicrobiens conventionnels.

*Références*

*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

### A

**Ait khelifa H, Smail M. (2019).** Extraction et caractérisation des huiles essentielles du curcuma Mémoire de magister de biologie ; université A. MIRA- Béjaïa p19.

**Ameenah G.** Medicinal plants : Traditions of yesterday and drugs of tomorrow Molecular Aspects of Medicines. P 27.1-93.

**Bagri S, Bagri S, Savita S. (2019).** Medicinal uses of lavender oil (*Lavandula latifolia*) and its effect on human health. International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences, 19(2).

**Angioni A, Barra A, Coroneo V. (2004).** Chemical composition, seasonal variability and antifungal activity of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. growing wild in Sardinia. Journal of Essential Oil Research, 16(6) : 540–545.

**Akshay K, Swathi K, Bakshi V, Boggula N. (2019).** *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. J. Drug. Deli. Thera. 9: 323-330.

**Al-Sereiti M, Abu-Amer K, Sen P. (1999).** Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. Indian J. Exp. Biol. 37(2) : 124–130.

**Anton R, Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments, et huiles essentielles. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, p 522.

**Azmir J, Zaidul I, Rahman M, Sharif K, Mohamed A, Sahena F, Jahurul M , Ghafoor K, Norulaini N, Omar AKM. (2013).** Technique for extraction of bioactive compounds from plant materials : A review. Journal of food engineering p426-436.

### B

**Burt S. (2004).** "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review." International Journal of Food Microbiology, 94(3) : 223–253

**Bouyahya A, Abrini J, Bakri Y, Dakka N. (2018).** Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. Phytothérapie, 16(5) : 254–267.

**Boudjouref M. (2011).** Study of antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained from *Artemisia campestris* L. Thesis of magister, University of Setif, Alegria.

**Benzaoui N, Fadai R. (2021).** Inventaires des plantes médicinales spontanées de la région de d'Oued Souf. Université Mohamed Khider de Biskra.

**Batiha G, Teibo J, Wasef L, Shaheen H, Akomolafe A, TeiboT, Ali I, Al-Garbeeb Athanasios A, Papadakis M. (2023).** A review of the bioactive components and pharmacological properties of *Lavandula* species. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology, 877-900.

**Bensebia O, Barth D, Bensebia B, Dahmani A. (2009).** Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of rosemary: Effect of extraction parameters and modeling. *Journal of Supercritical Fluids*, 2(49) : 161–166.

**Bacon B, Clifton C, Connor D, Foster O, Grane J, Loyer J, Moorachian M, Rabb C, Sandall P, Santich S, Stybe K, Stybe R. (2013).** 500 plantes comestibles. Histoire, botanique, alimentation. Editeurs Delachaux et Nestlé. Paris. 360p.

**Begum A, Sandhya S, Shaffath Ali S, Vinod KR, Reddy S, Banji D. (2013).** An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis (Lamiaceae)*. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 12(1) : 61–73 (2013).

**Bellakhdar J. (2006).** Plantes médicinales au Maghreb et soins de base : précis de phytothérapie moderne. Le Fennec, 2<sup>ème</sup> éd., Casablanca, 385p.

**Bao y, Yueming J, John Sh, Feng Ch, Muhammad A. (2010).** Extraction and pharmacological properties of bioactive compound from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit – A review., 44(7) : 1837-1842.

**Bozin, Mimica-Dukic N, Simin N, Anackov G. (2006).** Characterization of the volatile composition of essential oils of some *Lamiaceae* spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5) : 1822–1828.

**Bélilia Belkheir M, Bertouche S, Sahraoui N, Hellal A, Boutekedjiret C. (2012).** Étude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus palleescens* extraite par un procédé assisté par micro-ondes. Communication présentée au 2<sup>e</sup> Congrès International "Microbial Biotechnology for Development (MICROBIOD 2)", Marrakech, Maroc.

**Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. (2008).** Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2) : 446–475.

**Białoń M, Krzyśko-Łupicka T, Pik A, Nowakowska-Bogdan E. (2014).** Antifungal activity of selected essential oils against *Candida albicans* and *Candida krusei* clinical isolates. *Med. Mycol.*, 52(6) : 618–624.

**Belmalha S, El Idrissi M, Amechrouq A, Echchgadda Gh. (2015).** Caractérisation chimique de certaines espèces de thym marocain du Moyen Atlas (région de Midelt) CHARACTERISATION CHIMIQUE DE CERTAINES ESPECES DE THYM MAROCAIN DU MOYEN ATLAS (REGION DE MIDELT) chemical characterization of some species of moroccan middle atlas thyme: *Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research* Vol.3, No.2, pp.43-52.

## C

**Chebaibi A, Marouf Z, Rhazi-Filali F, Fahim M, Ed-Dra A. (2016).** Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au Maroc. *Phytothérapie*. 14. p355-362.

**Chu, C.J. et Kemper, K.J. (2001).** *Lavender (Lavandula spp)*. The Longwood Herbal Task Force. Pp 2-3.

**Chouhan S., Sharma K. (2017).** Antimicrobial activity of some essential oils—present status and future perspectives [en ligne]. In : *Medicines.*, 4 (3) : p 1-21.

**Chebaibi A, Marouf Z, Rhazi-Filali F, Fahim M, Ed-Dra A. (2016).** Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au Maroc. *Phytothérapie*, 14(6) : 355-362.

## D

**Da Silva Bomfim N, Nakassugi L, Oliveira A, & Batista L. (2020).** Effect of essential oils on *Penicillium expansum* growth and patulin production. *J. Food Prot.*, 83(3) : 433–439.

**Ducros AH. (1930).** Essais sur le droguier populaire arabe de l'inspectorat des pharmacies du Caire, Institut Français d'Archéologie Orientale, 166p.

**Driss A, Soukaina B. (2018).** Les cooperatives de romarin : situation actuelle et perspectives dedéveloppement. *Moroccan Journal of Entrepreneurship, Innovation and Management (MJEIM)*.6(1).

**Djenane D, Aïder M, Yangüela J, Idir L, Gómez D and Roncalés P. (2012).** Antioxydant and antibacterial effects of *Lavandula* and *Mentha* essential oils in minced beef inoculated with *E. coli* O157: H7 and *S. aureus* during storage at abuse refrigeration temperature. *Meat sci.* 92(4): 667-674.

**Dorman HJD, Deans SG. (2000).** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils,” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88, no. 2, pp. 308-316.

**Dobignard A, Chatelain C. (2010–2013).** Index synonymique de la flore d’Afrique du Nord (Vols. 1–4). Genève : Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.

**Dutertre J. (2011).** Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l’île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ. Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences médicales, France, 33 p.

**Dob T, Dahmane D, Benabdelkader T, Chelghoum C. (2006).** Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis Boiss*, et Reut. *Int J Aromather* 16: 95–100.

**Djahafi A, Taïbi Kh, Ait Abderrahim L. (2021).** Aromatic and medicinal plants used in traditional medicine in the region of Tiaret, North West of Algeria., 42 p 1-26

**Djoudi Y, Rais D. (2021).** Contribution à l'étude de L'activité biologique d'huile essentielle de *Lavandula Stoechas*. Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra.

**Debuigne G, Couplan F. (2009).** petit Larousse des plantes médicinales, Larousse, éditeur de qualité depuis 1852. Edition Larousse PP :5-13.

## E

**Elbe E, Yigitturk G, Cavusoglu T, Uyanikgil Y. (2020).** Apoptotic effects of thymol, a novel monoterpene phenol, on different types of cancer. Bratislava Medical Journal, 121(2), 122–128.

**El oualilalami A, El-Akhal F, Ouedrhiri W, Ouazzani Chahdi F, Guemmouh R, Greche H. (2013).** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain: *Thymus vulagris* e *Thymus satureioïdis*. Les Technologies de Laboratoire. 8 (31): 27-3.

**Elharas K, Daagare A, Mesfioui A. (2013).** Activité antibac-térienne de l'huile essentielle des inflorescences de Laurus Nobi-lis et *Lavandula Angustifolia*. Afr Sci 09(2): 134–41.

**EL Rhaffari L. (2008).** Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, l'Organisation Non Gouvernementale Italienne : movimondo, Maroc, 14 p.

## F

**FAO. (2012).** Etat actuel des ressources génétiques forestières mondiales. Rapport national Algérie. Rome : 63 p.

**Faleiro M. (2011).** The mode of antibacterial action of essential oils. University of Algarve, Campus de Gambelas 8005-139 Faro, Portugal., p 1143-1151.

**Amarti F, Satrani B, Ghanmi M, Farah A, Aafi A, Aarab L, El Ajjouri M, Chaouch A. (2010).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth du Maroc. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14(1), 141-148.

**Fedjer Z, Mazari A, Blama A. (2022).** Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de Souk-Ahras cas du Romarin à Taoura et du figuier de Barbarie à Sidi Fredj. Rech. Agr., 20(1) : 43-60.

## G

**Gherman C, Culea M, Cozar O. (2000).** Comparative analysis of some active principles of herb plants by GC/MS. Talanta, 53(2), 253-262.

**Ghasemi Pirbalouti A, EmamiBistghani Z, Malekpoor F. (2015).** An overview on genus *Thymus*. Journal of Herbal Drugs. 6 (2): 93-100.

**Garnier G, Bezanger-Beauquesne L, Debraux G. (1961).** Ressources médicinales de la flore française. Vigot Frères, Paris, 682p.

## H

**Hsouna A, Halima N, Smaoui S, Hamdi N. (2017).** Huile essentielle de citron : composition chimique, activités antioxydante et antimicrobienne et son effet conservateur contre *Listeria monocytogenes* inoculée dans de la viande de bœuf hachée. *Lipids Health Dis.* 16:1–11.

**Hilan C, Sfeir R, Jawich D, Aitour S. (2006).** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae. *Journal Scientifique Libanais*, 7(1), 1322.

**Hyldgaard, M, Mygind T, Meyer R. (2012).** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3, 12.

**Hammaz F, Nafa S. (2017).** Contribution à l'essai de fabrication de pâté de volaille à base de conservateurs naturels. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

## I

**Iserin P. (2001).** Larousse des plantes médicinales (identification, préparation, soin), Ed.Larousse, Paris, P 10, 11, 16, 287.

**Imane O, Fatima B, Ouafae M, Souad A, Abdesselam T, Adyl O. (2021).** *Rosmarinus officinalis* from Morocco, Italy and France: Insight into chemical compositions and biological properties. *morocco.*, 45(8) : 7706-7710

## J

**Joana M, Catarina G, Diogo L, Catarina P, Patricia R. (2018).** *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. Portugal.

## K

**Kocić-Tanackov S. (2012).** Antifungal activities of essential oils in *Aspergillus spp.* *J. Food Prot.*, 75(5) : 924–931.

## L

**Lopez-Romero J, González-Ríos H, Borges A, Simões M. (2015).** Antibacterial Effects and Mode of Action of Selected Essential Oils Components against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.

**Labiad M, Harhar H, Ghanimi A, Tabyaoui M. (2017).** Phytochemical screening and antioxidant activity of Moroccan *Thymus satureioides* extracts. *Journal of Materials and Environmental Sciences.* 8 (6): 2132-2139.

**Lehout R, LAIB M. (2015).** Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso.

**Linné C. (1753).** *Species plantarum* : exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digesta. Biodiversity Heritage Library. Vol. 2. Holmiae: 561-1200.

## M

**Maurya A, Prasad J, Das S, Dwivedy A. (2021).** Essential oils and their application in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 653420.

**Mebarki N. (2010).** Extraction de l'huile essentielle de *thymus fontanisia* et application à la formulation à une forme médicamenteuse-antimicrobienne thèse de magister en technologie des hydrocarbures, université M'Hamed Bougara-Boumerdes.

**Mohammed Z, Atik F. (2012).** Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie*. p. 34-39.

**Martins R, Gomes R, Malpass A, Okura M. (2019).** Chemical characterization of *Lavandula dentata* L. essential oils grown in Uberaba-MG *Ciência Rural, Santa Maria* 49: 7 p.

**Maidi L, Dahia M. (2014).** Mise en évidence des activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de *ocimum basilicum* L. (*Lamiaceae*) de la région d'El Assafia (W. de Laghouat) Algérie. *Journal of Advanced Research in Science and Technology* Maidi et Dahia, *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 2022(2), 45–59.

**MRAI-S KM, Abu-A PS. (1999).** Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic. *Indian Journal of Experimental Biology*, pp. 124-130.

**Mouas Y, Benrebiha F Z, Chaouia Ch. (2017).** Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin *rosmarinus officinalis* L. *Revue Agrobiologia* 363-370.

**Max R, Dominique R. (2015).** Le dictionnaire des plantes médicinales. Ed.Alpen. Monaco. 730p.

**Meena MR, Sethi V. (1994).** Antimicrobial activity of the essential oils from spices, *Food Science and Technology*, Vol. 31 : 68-70.

**Mohamed Nadjib B, Ait Said L, Houari S. (2014).** Activité antibactérienne des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et *Rosmarinus officinalis* vis-à-vis de quelques souches bactériennes pathogènes. *Revue des Bioressources*, 4(1) : 45–54.

## N

**Napoli E, Siracusa L, Ruberto G. (2020).** New tricks for old guys: Recent developments in the chemistry, biochemistry, applications and exploitation of selected species from the *Lamiaceae* Family. *Chemistry & Biodiversity*, 17(3), e1900677.

**Nieto G. (2020).** A review on applications and uses of thymus in the food industry. *Plants*, 9(8), 961.

**Niculae M, Hanganu D, Oniga I, Benedec D, Ielciu I, Giupana R, Sandru C, Ciocârlan N, Spinu, M. (2019).** Phytochemical Profile and Antimicrobial Potential of Extracts Obtained from *Thymus marschallianus* Willd. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(17), 3101.

**Nabavi S, Marchese A, Izadi M, Curti V, Daglia M, Nabavi S F. (2015).** Plants belonging to the genus *Thymus* as antibacterial agents : From farm to pharmacy. Food chemistry, 173, 339-347.

**Nikaido H. (2003).** Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 67(4) : 593–656.

## O

**Ouled taarabt K. (2019).**Caractérisation des huiles essentielles de deux plantes médicinales et aromatiques du Maroc (*Laurus nobilis* et *Thymus satureioides*) : Essai de valorisation dans la conservation antimicrobienne d'une préparation pharmaceutique. Thèse de doctorat : Université Chouaib Doukkali. P 45.

**Ouhaddad M. (2016).** Lexique Des Plante /Français- Kabyle.

**Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (1999).** Monographs on selected medicinal plants. Geneva, Switzerland 1999-2001.

**Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2002).** Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle 2002–2005.

## P

**Patharakorn T, Arpornsuwan T, Wetprasit N, Promboon A, Ratanapo S. (2010).** Antibacterial activity and cytotoxicity of the leaf essential oil of *Morus rotundiloba* Koidz. Journal of medicinal plants research, 4(9) : 837-843.

**Pezantes-Orellana C, German Bermúdez F, Matías De la Cruz C, Montalvo J, Orellana-Manzano A. (2024).** Essential oils: a systematic review on revolutionizing health, nutrition, and omics for optimal well-being. In Frontiers in Medicine (Vol. 11). Frontiers Media SA.

**Pintore G, Usai M, Bradesi P, Juliano C, Boatto G, Tomi F, Casanova J. (2002).** Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica. Flavour and Fragrance Journal, 17(1) : 15–19.

**Pinto E. (2009).** Antifungal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris*. J. Med. Microbiol., 58(7) : 896–903.

## Q

**Quezel P, Santa S. (1963).** Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. Paris: CNRS.

## R

**Ricardo M, Casal S, Hugo L, Bento A. Pereira J. (2012).** Can tea extracts protect extra virgin olive oil from oxidation during microwave heating. Food Research International. 48, 148-154.

**Raveau R, Fontaine J, Hadj Sahraoui A. (2020).** Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds. *Foods*. 9(365) ,1-31p.

**Rehrah hassiba. (2015).** Evaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits de quelques plantes médicinales. Mémoire master université de bejaia.

**Rehrah hassiba. (2015).** Evaluation de l'activité anti-inflammatoire des extraits de quelques plantes médicinales. Mémoire master université de bejaia.

**Raja RR. (2012).** Medicinally potential plants of *Labiatae (Lamiaceae)* family: an overview. *Res. J. Med. Plant*. 6(3) : 203–213.

**Roller S, Ernest N, Buckle J. (2009).** The Antimicrobial Activity of High-Necrodane and Other Lavender Oils on Methicillin-Sensitive and –Resistant *Staphylococcus aureus* (MSSA and MRSA). *J Alternat Complement Med* 15(3): 275–9.

## S

**Silva LV, Nelson DL, Drummond MFB, Dufossé L, Gloria MBA. (2005).** Copararision of hydrodistillation methods for the deodorization of turmeric. *Food research international* 38(8-9) : 1087-1096.

**Smith RM. (2003).** Before the injection-modern methods of sample preparation for separation techniques. *journal of chromatography A* 1000 (1-2) : 3-27.

**Santoro GF, das Graças Cardoso M, Guimarães LG, Salgado AP, Menna-Barreto RF, & Soares M J. (2007).** Effect of oregano (*Origanum vulgare*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils on *Trypanosoma cruzi*. *Experimental Parasitology*, 116(4) : 283–290.

**Soković M, Vukojević J, Marin PD, van Griensven L J. (2007).** Chemical composition of essential oils of thymus and mentha species and their antifungal activities. *J. Agric. Food Chem.*, 55(19) : 7809–7815.

**Soković M. (2010).** Antibacterial and antifungal activity of essential oils and their components. *Curr. Med. Chem.*, 17(19) : 2566–2580.

**Soković M. (2009).** Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 21(2) : 119–123.

**SAADI F, ADJIR H. (2018).** Evaluation in vitro de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de deux plantes médicinales locales : *Thymus munbyanus* Bioss. Reut. et *Rosmarinus officinalis* L. mémoire master université de béjaia.

**Salhi S, Fadli M, Zidane L, Douira A. (2010).** Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Mediterranean Botany*, 31, 133.

**Sharma S, Thulasingam S, Nagarajan S. (2017).** Terpenoids as anti-colon cancer agents—A comprehensive review on its mechanistic perspectives. *European journal of pharmacology*, 795 : 169-178.

**Sharmeen F, Saikat M, Ahmed J, Islam M, Islam A. (2022).** Parent selection for hybridization in chilli (*Capsicum annuum L.*) using multivariate analysis and K-means clustering. *Fundamental and Applied Agriculture*, 7(4) : 327-335.

## U

**Upson T, Jury S. (2002).** A revision of native Moroccan species of *Lavandula L.* section *Pterostoechas* Ging. (*Lamiaceae*). *Taxon* 51(2): 309-327.

**Upson T, Grayer R, Greenham J, Williams C, Al-Ghamdi F, Chen F. (2000).** Leaf flavonoids assystematic characters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia*. *Biochem Syst Ecol*, 28: 991–1007.

## V

**Vangelder V. (2017).** L'aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineure chez l'adulte à l'Officine. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université de Lille 2. 145p.

## W

**Wani A, Yadav K, Khursheed A, Rather M. (2021).** An updated and comprehensive review of the antiviral potential of essential oils and their chemical constituents with special focus on their mechanism of action against various influenza and coronaviruses. *Microbial Pathogenesis*, 152 : 104620.

**Wollinger A, Perrin É, Chahboun J, Jeannot V, Touraud D, Kunz W. (2016).** Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis L.* leaves determined by DPPH assays. *Comptes Rendus Chimie*, 6(19): 754–765.

## Y

**Yeh R, Shiu Y, Ju J, Cheng S, Huang S, Lin J, Liu C. (2008).** Evaluation of the antibacterial activity of leaf and twig extracts of stout camphor tree, *Cinnamomum kanehirae*, and the effects on immunity and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 27(1) : 26-32.

## Z

**Zeghib A. (2013).** Etude phytochimique et activités anti-oxydante, anti-proliférative, antibactérienne et antivirale d'extraits et d'huiles essentielles de quatre espèces endémiques du genre *Thymus*. Thèse de doctorat, Université de Constantine.

# *Annexes*

## Annexe I : Composition des milieux de culture

### ➤ Muller-Hinton :

Infusion de viande de bœuf déshydraté.....	300g
Hydrolysate de caséine.....	17.5g
Amidon de maïs .....	5g
Agar-agar.....	13g
Eau distillée.....	1L
PH .....	7,3± 0,1

Autoclavage à 120°C pendant 20 min.

### ➤ Potato Dextrose Agar :

Pomme de terre.....	200g
Dextrose ou sucre blanc.....	15g
Agar-agar, gélose ou gélatine.....	20g
Eau distillée.....	1L
PH .....	5,8

Autoclavage à 120°C pendant 20 min.

### ➤ Bouillon nutritif (Liofilchemsrl)

Extraitdebœuf.....	1g
Extraitdelevure.....	2g
Peptone.....	5g
Chloritedesodium.....	5g
pH.....	6.8±0.2

Autoclavage à 120°C pendant 20 min.

## Annexe II : Protocole d'extraction

La matière végétale (200g). Est introduite dans un ballon de 2L rempli d'eau jusqu'au (2/3) de son volume. Ce dernier est ensuite mis à ébullition pendant 3 heures. Le ballon ainsi chauffé produit de la vapeur chargée de produits volatiles. Cette vapeur se condense au contact d'un réfrigérant. Le condensat est ensuite recueilli dans une ampoule à décanter lieu où s'effectue la séparation des deux phases non miscibles: phase aqueuse et phase organique. Cette dernière constitue l'HE qui sera récupérée et conservée à une température de 4°C dans un flacon en verre fumé, en vue de son analyse.

## Annexe III : Résultats de l'aromatogramme

**Tableau X :** Moyennes de diamètres des zones d'inhibitions (en cm) de l'huile essentielle de *Thymus* vis-à-vis des bactéries étudiées.

	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>
0%	0,0	0,0	0,0	0,0
5%	1,4	1,6	1,7	1,6
10%	2,2	1,7	2,0	1,8
50%	2,9	2,1	2,2	2,3
100%	3,3	2,7	2,5	3,2

**Tableau XI :** Moyennes de diamètres des zones d'inhibitions (en cm) de l'huile essentielle de *Rosmarinus* vis-à-vis des bactéries étudiées.

	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>
0%	0,0	0,0	0,0	0,0
5%	1,5	1,0	0,8	0,9
10%	1,6	1,3	1,3	1,3
50%	1,9	1,6	1,5	1,4
100%	2,2	1,9	1,8	1,6

**Tableau XII :** Moyennes de diamètres des zones d'inhibitions (en cm) de l'huile essentielle de *lavandula* vis-à-vis des bactéries étudiées.

	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>
0%	0,0	0,0	0,0	0,0
5%	0,9	0,9	1,0	1,0
10%	1,1	1,1	1,1	1,2
50%	1,3	1,5	1,3	1,5
100%	1,7	2,1	3,1	1,7

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche de solutions alternatives aux antimicrobiens de synthèse, face à l'émergence croissante des résistances microbiennes. Il a pour objectif d'évaluer les propriétés antimicrobiennes de trois huiles essentielles extraites de plantes médicinales : le Thym, la Lavande et le Romarin. L'activité biologique de ces extraits a été testée *in vitro* sur quatre souches bactériennes pathogènes (*E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis* et *B. cereus*), deux souches fongiques (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*) et une levure (*Candida sp.*). Les huiles essentielles ont été obtenues par hydro-distillation, puis testées à différentes concentrations (5 %, 10 %, 50 %, 100 %) selon la méthode de diffusion en gélose. Les résultats révèlent une activité antimicrobienne variable selon l'huile essentielle, avec une efficacité généralement croissante en fonction de la concentration. L'huile essentielle de thym a montré l'activité la plus marquée, aussi bien contre les bactéries que contre les champignons. Celle du Romarin a présenté une efficacité modérée à élever, contre *E. coli*, tandis que la lavande s'est révélée plus active contre les bactéries à Gram positif. Le test statistique de Tukey HSD a mis en évidence des différences significatives entre les effets des différentes huiles. Les huiles essentielles étudiées présentent un potentiel antimicrobien prometteur, ce qui justifie des recherches complémentaires en vue de leur valorisation dans les domaines médical, pharmaceutique et agroalimentaire.

**Mots clés :** Huiles essentielles, Activité antimicrobienne, Thym, Lavande, Romarin.

## Abstract

This study falls within the scope of the search for alternative solutions to synthetic antimicrobials, in light of the growing emergence of microbial resistance. It aims to evaluate the antimicrobial properties of three essential oils extracted from medicinal plants: thyme, lavender, and rosemary. The biological activity of these extracts was tested *in vitro* against four pathogenic bacterial strains (*E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis*, and *B. cereus*), two fungal strains (*Aspergillus sp.* and *Penicillium sp.*), and one yeast strain (*Candida sp.*). The essential oils were obtained by hydro-distillation and tested at various concentrations (5%, 10%, 50%, and 100%) using the agar well diffusion method. The results revealed varying degrees of antimicrobial activity depending on the essential oil, with a generally increasing efficacy correlated with concentration. Thyme essential oil exhibited the most pronounced activity against both bacteria and fungi. Rosemary showed moderate to high effectiveness, particularly against *E. coli*, while lavender was more active against Gram-positive bacteria. Tukey's HSD statistical test highlighted significant differences in the effects of the various oils. The essential oils studied demonstrated promising antimicrobial potential, supporting further research into their application in the medical, pharmaceutical, and agri-food sectors.

**Keywords:** Essential oils, Antimicrobial activity, Thyme, Lavender, Rosemary.