

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عنمار تليجي الأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme Master LMD

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

THÈME :

**Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles des
deux plantes aromatiques médicinales *Eucalyptus globulus* et
*Laurus nobilis***

Présenté par :

M^{elle}. BOUKHOURDJ Khadidja

M^{elle}. DERBALI Fatna

Soutenu le 25/Juin/ 2023 devant le jury composé de :

Présidente	Mme ALLAL Farida,	MCA, Université Laghouat,
Examinatrice	Mme NIA Samira	MCA, Université Laghouat,
Encadrante	Mme BENCHIKH Imen	MCA, Université Laghouat,
Co-encadrant	Mr KOUADRI Youcef	MCB, Université Laghouat,

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah de nous avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de nous avoir donné la force, la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

*Nous tenons à exprimer nos infinis remerciements à **Dr. BENCHIKH Imen** pour son soutien, ses conseils précieux, et son dévouement tout au long de ce travail.*

*Nous remercions **Dr. KOUADRI Youcef** pour leur précieuse contribution en tant que co-encadrant de ce projet.*

*Nous remercions les membres du jury **Dr. ALLAL Farida** Nous sommes honorés d'avoir eu l'opportunité de bénéficier de vos connaissances et de votre expertise en tant que présidente de notre mémoire de master.*

*Nous remercions aussi **Dr. NIA Samira** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail. Nous sommes reconnaissants de sa disponibilité et de son engagement à évaluer notre travail.*

Finalement, nous adressons nos chaleureux remerciements à nos familles chacun par son nom.

*Et principalement **nos pères et nos mères** qui nous ont fait arriver à cette étape précieuse de notre vie.*

À nos amies, et à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mon très cher père

Mr. ABDELKADER

*J'ai vécu dans l'admiration de ta grande personnalité et de ta bonté.
Puisse Dieu, le tout puissant, te protège et t'accorde meilleure santé et
longue vie afin que je puisse*

Te rendre un minimum de ce que je te dois.

A ma très chère mère

Mme. ELHADJA

*Je ne trouve pas les mots pour traduire tout ce que je ressens envers une mère
exceptionnelle dont*

J'ai la fierté d'être La fille.

*Et que Dieu tout puissant, préserve ton sourire et t'assure une bonne
santé et une longue vie afin que je puisse te combler à mon amour.*

*À mes souers: **Aicha** et **Fatima**.*

*À mon frère : **Ibrahim Mustapha**.*

A toute la famille,

*Pour votre présence, votre soutien et votre affection depuis tout ce parcours.
Vous avez rendu possible la réalisation de ces années d'études en biochimie
appliquée et de cette mémoire.*

*A ma collègue et binôme **Fatna D** merci pour ta compréhension, Je te
souhaite une vie remplie de succès. Que Dieu le Tout-Puissant te protège et te
donne la santé.*

À mes amis(es) et collègues,

*À tous les moments qu'on a passé ensemble, à tous nos souvenirs !
Je vous souhaite à tous longue vie pleine de bonheur et de prospérité.
Je vous dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance et de mon
respect.*

Merci pour tous les moments formidables qu'on a partagés.

À tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

À tous personnes que n'aurions nommées ici et tous que connue moi.

*** KHADIDJA ***

Dédicace

Je dédie ce monument avec gratitude et profonde reconnaissance :
À mes chers parents, **mon père Amar et ma mère Zainab**, qui ont été des exemples pour moi et m'ont soutenu tout au long de ce voyage. Leur éducation, leur présence constante et leur confiance ont été essentiels à ma réussite.

À mes frères et sœurs bien-aimés, **Kheira, Massaouda, Khadidja, Ahlam, Batoul, Aridj**, ainsi qu'à mon frère **Achraf**, et à ma famille élargie, pour leur soutien inconditionnel et leur amour inconditionnel.

À mes **grands-parents**, que Dieu les ait en sa miséricorde, ainsi qu'à ma tante **Halima et son mari**, pour leur soutien.

À mes amies proches, **Asma B1 et Asmaa Bn**, pour leur soutien et leur encouragement constants tout au long de ces cinq années.

À mes camarades d'études, **Kenza et Iman**, qui m'ont soutenu dans ce parcours académique.

À mes voisins et amies, **Zahra S et Kheira F**, ainsi qu'à ma partenaire et amie **Khadidja B**.

Et à chaque personne que j'ai rencontrée dans ma vie, qui m'a apporté des enseignements précieux.

Enfin, je dédie cette thèse à quiconque la lira, avec l'espoir qu'elle puisse être une source d'inspiration et de connaissance pour tous.

-Fatna-

ملخص

أجرينا دراسة على نباتين يستخدمهما السكان المحليون على نطاق واسع، الغار والأوكالبتوس، هذه الدراسة هي جزء من بحث يهدف إلى دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للنباتات العطرية والطبية في الجزائر تم استخلاص الزيوت العطرية باستخدام تقنية التقطير المائي، وتبلغ نسبة المرودية 0.58% لزيت الغار و 0.56% لزيت الأوكالبتوس. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها فعالية الزيوت العطرية المستخلصة من نبات الأوكالبتوس والغار، وأيضاً من خليطهما، في تثبيط نمو السلالات البكتيرية التي تمت دراستها، وخاصةً الإشريكية القولونية والمكورات العنقودية. المناطق التنبيط تشير إلى فعالية مهمة في مكافحة الميكروبات، حيث تتراوح من 12.29 إلى 17.37 ملم. باختصار، تشير هذه النتائج إلى أن السلالات البكتيرية المختلفة تظهر حساسيات متفاوتة للزيوت العطرية التي تمت دراستها، وهذا أمر مهم في اختيار العلاج المناسب لعدوى بكتيرية محددة.

الكلمات المفتاحية: زيوت أساسية، ورق غار، الأوكالبتوس، نشاط مضاد بكتيريا.

Abstract:

This study is part of a research project investigating the antibacterial activity of aromatic and medicinal plants in Algeria. We focused on two commonly used plants, namely bay leaf and eucalyptus. The essential oils were extracted using the hydrodistillation technique, yielding 0.58% for bay leaf and 0.56% for *Eucalyptus globulus*.

The obtained results demonstrate the effectiveness of the essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Laurus nobilis*, as well as their combination, in inhibiting the growth of the tested bacterial strains, particularly *Escherichia coli* and *Staphylococcus*. The observed zones of inhibition indicate significant antimicrobial activity important. These findings suggest that Gram-positive bacteria are more susceptible to the tested essential oils compared to Gram-negative bacteria. Furthermore, the essential oils exhibited zones of inhibition ranging from 12.29 to 17.37 mm. In conclusion, these results highlight the varying sensitivities of different bacterial strains to the tested essential oils, which is crucial for selecting appropriate treatments for specific bacterial infections.

Keywords: Essential oils, bay, *Eucalyptus* , antibacterial activity.

Résumé

Cette étude fait partie d'une recherche sur l'activité antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales en Algérie. Nous avons mené une étude sur deux plantes largement utilisées par la population locale, à savoir le *laurier* et *l'eucalyptus*. Les huiles essentielles ont été extraites par la technique d'hydrodistillation, avec un rendement de 0,58 % pour le *laurier* et 0,56 % pour *l'Eucalyptus globulus*. .

Les résultats obtenus montrent l'efficacité des huiles essentielles *d'Eucalyptus globulus* et de *Laurus nobilis*, ainsi que de leur mélange, dans la suppression de la croissance des souches bactériennes étudiées, notamment *Escherichia coli* et *Staphylococcus*. Les zones d'inhibition observées d'un pouvoir antibactérien très important.

Ces résultats indiquent que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles aux huiles essentielles testées par rapport aux bactéries à Gram négatif. Les huiles essentielles ont également montré des zones d'inhibition allant de 12,29 à 17,37 mm.

En résumé, ces résultats suggèrent que différentes souches bactériennes ont des sensibilités variables aux huiles essentielles testées, ce qui est important pour choisir le traitement approprié pour une infection bactérienne spécifique.

Mots-clés : Huiles essentielles, *laurier*, *Eucalyptus globulus*, activité antibactérienne,

SOMMAIRE

	Page
Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction.....	1

Chapitre I : Etude Bibliographique

1.Eucalyptus	03
1.1. Synonymes et Nomenclature	03
1.2. Description botanique d'Eucalyptus globulus	03
1.2.1. Feuilles	03
1.2.2. Fleurs	03
1.2.3. Fruits	04
1.2.4. Ecorce.....	04
1.2.5. Racines	05
1.3. Classification dans la systématique botanique	05
1.4. Composition chimiques	05
1.5. Utilisation des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus	06
1.6. Propriétés médicinales	07
2.Laurus nobilis	07
2.1. Description botanique	07
2.1.1. Feuilles.....	08
2.1.2. Fleurs.....	08
2.1.3. Fruits.....	08
2.2. Classification botanique de Laurus nobilis.....	09
2.3. Composition chimique de l'huile essentielle de L. nobilis.....	10
2.4. Utilisation de plante Laurus nobilis	11
2.5. Propriétés thérapeutique	12
3. Huiles essentielles.....	12
3.1. Définitions.....	12
3.2. Propriété physico-chimique	13
3.3. Répartition et localisation	13

3.3.1. Répartition.....	13
3.3.2. Localisation.....	14
3.4. Composition chimique	14
3.4.1. Composés terpéniques	14
3.4.2. Composés aromatiques	15
3.4.3. Composés d'origines diverses.....	15
3.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles	15
3.5.1. Hydrodistillation	16
3.5.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau	16
3.5.3. Extraction par micro-ondes	17
3.6. Préservation des huiles essentielles	17
4. Activités biologiques.....	17
4.1. Activités antioxydant	18
4.1.1. Antioxydants	18
4.1.2. Antioxydants naturels	19
4.2. Activité antibactérienne des huiles essentielles	20
4.2.1. Mode d'action des huiles essentielles sur les bactéries	20
4.2.2. Activité antibactérienne d'E globulus	21
4.2.3. Activité antibactérienne de L nobilis	21
4.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne	22
4.3.1. Méthode diffusion sur disque dans le milieu solide	22
4.3.2. Méthode de dilution sur milieu solide	22
4.3.3. Méthode de dilution en milieu liquide	22
4.4. Description des microorganismes étudiés	23

Chapitre II [Matériel et méthode]

1. Matériels et méthodes.....	24
1.1. Lieu d'étude	24
1.2. But du travail.....	24
1.3. Matériel végétal	25
1.4. Préparation des plantes étudiées d'Eucalyptus Globulus et Laurier nobilis ...	26
2. Extraction des huiles essentielles.....	27
2.1. Mode opératoire	27
2.2. Conservation de deux huiles essentielles obtenues.....	28

2.3. Détermination du rendement en huile essentielle	28
3. Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	29
3.1. Microorganismes testés	29
3.2. Conservation des souches	29
3.3. Milieu de culture utilisé	30
3.4. Préparation de milieu de culture	31
3.5. Antibiogramme protocole 01	32
3.5.1. Préparation des suspensions bactériennes	32
3.5.2. Préparation des boîtes de gélose	33
3.5.3. Ensemencement et dépôt des disques	37
3.6. Antibiogramme Protocole 02	39
3.6.1. Préparation des dilutions des HEs (Méthode 02).....	39
3.6.2. Ensemencement et dépôt des disques	41
3.7. Expression des résultats.....	41
Chapitre III [résultat et discussion]	
1. Extraction et détermination des rendements des huiles essentielles.....	42
1.1. Activité antibactérienne	42
1.1.1. Résultats des tests de sensibilité aux huiles essentielles	43
1.1.2. Interprétation des résultats	45
2. Discussion générale	52
Conclusion et perspectives	53
Références	

Liste des figures

Titre	Page
Figure01 : Photographie d' <i>Eucalyptus globulus</i>	03
Figure02 : Fleur d' <i>Eucalyptus globulus</i>	04
Figure03 : Ecorce d' <i>Eucalyptus globulus</i>	04
Figure04 : Aspect morphologique de <i>Laurus nobilis</i>	08
Figure05 : Photographies de <i>L. nobilis</i> ; (a): feuilles, (b): fleures, (c): fruits.....	09
Figure06 : Structure des composés présents dans l'huile essentielle de laurier.....	10
Figure07 : Biosynthèse des terpènes.....	15
Figure08 : Technique d'hydrodistillation.....	16
Figure09 : Technique de distillation à la vapeur d'eau.....	16
Figure10 : Extraction par micro-ondes.....	17
Figure11 : Radicaux libres et anti-radicaux libre.....	18
Figure12 : Réaction de test DPPH (2,2 Diphényle-1-picryl-Hydrazyle).....	19
Figure13 : Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule Bactérienne....	21
Figure 14 : Etapes générales de la partie pratique.....	25
Figure15 : Deux plantes étudiées (l'eucalyptus et <i>L. nobilis</i>).....	26
Figure16 : Feuilles d' <i>Eucalyptus</i> après séchage et broyage.....	26
Figure17 : Feuilles de laurier après séchage et broyage.....	27
Figure18 : Montage d'extraction d'huile essentielle.....	28
Figure19 : Préparation de milieu de culture.....	32
Figure20 : Préparation de l'inoculum.....	32
Figure21 : Stérilisation des disques.....	33
Figure22 : Boites pétries coulé par gélose.....	33
Figure 23 : 01 ^{er} Méthode de dilutions del' HE_1	35
Figure 24 : 01 ^{er} Méthode de dilutions de mélange (HE_1+HE_2).....	36
Figure 25 : Dilutions d' HE_s	36
Figure 26 : Protocole du test de l'activité anti-microbienne.....	38
Figure 27 : 2 ^{eme} Méthode de dilutions del' HE_1	40
Figure 28 : 2 ^{eme} Méthode de dilutions de mélange.....	40

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 01 : <i>Classification d'Eucalyptus globulus</i>	05
Tableau02 : <i>Composition chimique des huiles essentielles d'Eucalyptus</i>	06
Tableau 03 : <i>Classification botanique de Laurus nobilis</i>	09
Tableau 04 : <i>Composition chimique d'Huile essentielle du L. nobilis</i>	11
Tableau 05 : <i>Instruments utilisés pour les essais biologiques</i>	24
Tableau 06 : <i>Composition chimique typique de ce milieu de culture</i>	30
Tableau 07 : <i>Dilutions des HES (méthode 01)</i>	34
Tableau 08 : <i>Dilutions des HES (méthode 02)</i>	39
Tableau 09 : <i>Rendement des deux plantes</i>	42
Tableau 10 : <i>Transcription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés</i>	43
Tableau 11 : <i>Diamètre d'inhibition en millimètres méthode01</i>	44
Tableau 12 : <i>Diamètre d'inhibition en millimètres méthode02</i>	45
Tableau13 : <i>Zones d'inhibition de chaque bactérie (méthode 01)</i>	47
Tableau14 : <i>Zones d'inhibition de chaque bactérie (méthode 02)</i>	49

Liste des abréviations

APG III:	Angiosperm Phylogeny Group III system
ATCC:	American Type Culture Collection
°C :	Degrés de Celsius
CG-SM:	Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse
DMSO:	Dimethyl sulfoxide
DPPH:	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
E.coli:	<i>Escherichia coli</i>
<i>E.globulus</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
g:	Gramme
H:	Heure
HE:	Huile essentielle.
HE₁:	Eucalyptus
HE₂:	<i>Laurier nobilis</i> .
L:	Litre
<i>L.nobilis</i> :	<i>Laurier nobilis</i>
Mélange:	<i>Laurier nobilis</i> + <i>Eucalyptus</i>
MHE:	Masse d'huile essentielle récupérée Milligramme
Mg:	Milligramme
mL:	Millilitre
Mm:	Millimètre
Mol :	Mole
Ms:	Prise d'essai du matériel végétal
NaSO₄:	Sulfate de sodium
pH:	Potentiel d'Hydrogène
Pseudo:	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
RHE:	Rendement de l'huile essentielle
Staph:	<i>Staphylococcus aureus</i>
μ :	Micro
UFC:	unité formatrice de colonie

Introduction

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'Antiquité pour traiter diverses maladies et affections. Malgré les avancées scientifiques et médicales modernes, ces plantes médicinales continuent de jouer un rôle important dans l'amélioration de la santé de la population, et l'intégration de techniques modernes permet d'évaluer de manière plus précise leur potentiel thérapeutique. Cependant, il est essentiel de mener des recherches approfondies pour garantir leur sécurité et leur efficacité avant de les utiliser comme médicaments (**Boukhatem et al., 2019**).

De nombreuses plantes médicinales ont fait l'objet de recherches scientifiques approfondies, ce qui a permis de mieux comprendre leurs propriétés médicinales et les mécanismes d'action de leurs composés actifs. Par exemple, on sait que certaines plantes ont des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, antimicrobiennes ou analgésiques. Toutes les plantes médicinales ne sont pas sans danger et leur utilisation doit être encadrée de manière appropriée. Certains produits à base de plantes peuvent interagir avec d'autres médicaments, provoquer des effets indésirables ou être contre-indiqués pour certaines personnes, comme les femmes enceintes ou les personnes atteintes de certaines affections médicales (**Damiani et al., 2013 ; Luis et al., 2016**).

Dans cette étude, nous avons exploré l'utilisation de deux plantes médicinales largement répandues dans le monde en raison de leurs riches compositions chimiques et de leurs effets thérapeutiques potentiels : *Eucalyptus globulus* et *Laurus nobilis*. Ces deux plantes sont parmi les plus utilisées dans le domaine médical (**Boukhatem et al., 2019**). En raison des nombreux composants chimiques bénéfiques qu'elles renferment. Leurs propriétés thérapeutiques sont diverses et peuvent être exploitées pour traiter différents troubles et affections (**Goudjil et al., 2015 ; Caputo et al., 2017**).

Ce mémoire est structuré en trois chapitres qui décrivent les étapes successives de cette étude.

-Le premier chapitre offre un rappel bibliographique concis sur les huiles essentielles, en mettant l'accent sur leurs propriétés biologiques, ainsi que sur les plantes aromatiques spécifiques étudiées, telles que *Eucalyptus globulus* et *Laurus nobilis* (*laurier noble*).

-Dans le deuxième chapitre, nous détaillons les procédures expérimentales utilisées dans cette étude.

-Enfin, le troisième chapitre est consacré à la discussion des résultats expérimentaux obtenus. Notre travail se termine par une conclusion ainsi que les perspectives pour de futures études portant sur les huiles essentielles des plantes mentionnées, notamment *Eucalyptus globulus* et *Laurus nobilis*, en mettant l'accent sur leurs bonnes activités biologiques.

Chapitre I [Etude Bibliographique]

1. *Eucalyptus* :

1.1. Synonymes et Nomenclature :

Synonymes : Gommier bleu, *Eucalyptus globulus*, Arbre de fièvre, *Eucalyptus Officinalis*.

Nomenclature : En français, il est appelé par plusieurs noms tels qu'*Eucalyptus*, arbre de la fièvre, gommier bleu. En anglais, il est connu sous le nom de "blue gumtree" et en arabe, il est appelé Kalitus, Kalatus (Goetz P ; Ghadira K., 2012).

En Algérie, les noms vernaculaires les plus courants sont Calitouss, Calibtus, et Kafor. Ces noms sont utilisés dans différentes régions algériennes (Daroui M., 2012).

Etymologie : Le terme "*globulus*" fait référence à la forme de l'opercule du fruit (Boukhatem M., 2018 ; Pauline E., 2019).

1.2. Description botanique d'*Eucalyptus globulus* :

Eucalyptus globulus est un arbre ornemental à croissance rapide, pouvant atteindre jusqu'à 100 mètres de haut. Son tronc est lisse et sa couleur varie du blanc au gris (Garbiras B., 1999 ; Koziol N., 2015)

1.2.1. Feuilles :

Les feuilles d'*Eucalyptus globulus* sont vert-gris, allongées et légèrement falciformes, mesurant environ 25 cm de long. Elles sont épaisses, rigides et coriaces, avec des nervures jaunes et des taches brun foncé. Les boutons floraux sont en forme de toupie avec un opercule aplati **Figure01** (Pauline E., 2019 ; Daroui M., 2012)



Figure 01 : Photographie *Eucalyptus globulus* (Daroui M., 2012)

1.2.2. Fleurs :

Les fleurs blanches de l'*Eucalyptus globulus*, solitaires ou groupées par 2 ou 3, apparaissent au printemps. Elles ont un calice en forme de toupie bosselée avec un opercule qui se détache lors de la floraison, laissant apparaître de nombreuses étamines.

Les fleurs sont bisexuées et fournissent un nectar abondant pour les abeilles qui en font du miel (Koziol N.,2015 ; Daroui M., 2012) **Figure 02.**



Figure 02 : Fleur d'*Eucalyptus globulus* (Pauline E., 2019).

1.2.3. Fruits :

Le fruit de l'*Eucalyptus globulus* est une capsule anguleuse renfermant deux types de graines. Les fruits mesurent de 1,5 à 2,5 cm de diamètre, ont une capsule très dure et s'ouvrent par des valves sur le dessus pour libérer de nombreuses petites graines (Koziol, N., 2015 ; Daroui M., 2012).

1.2.4. Écorce :

L'écorce de l'arbre est lisse, de couleur blanche bleuâtre, et se détache en grandes lanières qui pendent le long du tronc et des branches principales **Figure03**

(Koziol N., 2015 ; Daroui M., 2012 ; Pauline E., 2019 ; Menager H., 1952)



Figure 03 : Ecorce d'*Eucalyptus globulus* (Koziol N., 2015).

1.2.5. Racines :

Les racines de *Eucalyptus globulus* s'étendent horizontalement dans le sol, ont une forte capacité d'absorption des nutriments du sol, adaptée à l'assainissement des sols marécageux (Koziol N., 2015 ; Daroui M., 2012).

✓ Culture d'*Eucalyptus globulus* :

Il préfère une exposition ensoleillée, des sols bien drainés et irrigués, et peut tolérer des vents modérés, des embruns occasionnels et des périodes de gel jusqu'à -7°C (Pauline E., 2019).

1.3. Classification dans la systématique botanique :

Tableau 01 : Classification d'*Eucalyptus globulus* (Ghedira K., 2008).

Règne : Plante	Classe : Magnoliopsida	Famille : <i>Myrtaceae</i>
Sous-Règne : Tracheobionta	Sous-classe : Rosidae	Genre : <i>Eucalyptus</i>
Division : Magnoliophyta	Ordre : Myrtales	Espèce : <i>globulus</i>

✓ Nom botanique : *Eucalyptus globulus*, Labill. الكروي الكاليتوس

1.4. Composition chimique :

Le genre *Eucalyptus globulus* contient principalement :

- Huile essentielle : comprenant des oxydes terpéniques tels que le 1,8-cinéole, des monoterpènes tels que l'alpha-pinène, le limonène, le gamma-terpinène et le paracymène, ainsi que des sesquiterpènes tels que l'aromadendrone et des sesquiterpénols comme le globulol et le lédol.
- Flavonoïdes : comprenant des hétérosides de flavones avec des aglycones tels que la quercétine, la myricétine, le kaempferol et la rutine.
- Tanins : ces composants chimiques sont caractéristiques des *Eucalyptus* et contribuent à leurs propriétés et utilisations diverses (Daroui M., 2012).

Tableau 02 : Composition chimique (%) des huiles essentielles obtenues des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (Djenane D., 2011).

Composé	Pourcentage
α -Pinène	2,30
p-Cymène	1,07
1,8-Cinéole	81,70
α -Phellandrène	0,08
α -Terpinène	0.02
γ -Terpinène	8.50
Terpinène-4-ol	0.08
Acétate α -Terpinyll	0.10
β -Caryophyllène	0.04
Total identifié (%)	93.89

1.5. Utilisation des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*

Les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sont utilisées par voie interne et externe :

✓ **Utilisation interne :**

Inflammation et infection des voies respiratoires (bronchite, sinusite, rhume, etc.).

Infusion : en infusant 2-3 g de feuilles séchées dans 150 ml d'eau bouillante pendant 10 minutes. Consommez deux tasses par jour.

Inhalation : Inhalez de la vapeur d'eau contenant quelques gouttes d'huile essentielle pendant 15 minutes maximum, jusqu'à trois fois par jour, en utilisant un inhalateur ou un bol d'eau chaude avec une serviette sur la tête (Juergens U., 2003).

✓ **Utilisation externe :**

Inflammation et infection des voies respiratoires

Friction et massage : Appliquez les huiles essentielles sur la peau en les diluants avec une huile végétale. Privilégiez les passages veineux tels que le poignet ou le coude. Évitez l'application directe des huiles essentielles non diluées. Utilisez des huiles végétales telles que noix de coco, amande douce, olives... pour les diluer.

Mal de gorge

Gargarisme : infuser les feuilles séchées (2-3 g dans 100 ml d'eau bouillante) filtrées et refroidies, deux à trois fois par jour. Ou diluez 2 à 3 gouttes d'huile essentielle dans 5 ml d'alcool, puis ajoutez 50 ml d'eau pour préparer un gargarisme.

Hygiène buccale Rince-bouche

Faites un bain de bouche avec 2-3 gouttes d'huile essentielle d'*Eucalyptus* diluées dans 5 ml d'alcool et 50 ml d'eau, deux à trois fois par jour.

Douleurs rhumatismales

Appliquez 15 à 20 gouttes d'huile essentielle diluées dans 25 ml d'huile végétale sur les articulations douloureuses, trois fois par jour.

Mal de tête

Appliquez 1 à 2 gouttes d'huile essentielle diluées dans de l'huile végétale sur les tempes et le front, en évitant le contour des yeux (**Juergens U., 2003**)

1.6. Propriétés médicinales :

L'huile a des propriétés rafraîchissantes et fébrifuges, bénéfiques pour le système respiratoire. Elle facilite l'élimination des glaires, a des effets anti-infectieux et antiseptiques, et offre des bienfaits antirhumatismaux, stimulants, tonifiants et antibiotiques naturels (**Tesche S., 2008**).

2. *Laurus nobilis* :

2.1. Description botanique :

Laurus nobilis est un arbuste ou un arbre aromatique appartenant à la famille des *Lauraceae*. Il mesure entre 2 et 10 mètres de hauteur, avec des feuilles coriaces et des fleurs jaune-vert pâle. Les fruits sont des drupes ovoïdes contenant une seule graine. Cette plante pousse dans des forêts ombragées près des côtes et est couramment cultivée dans plusieurs pays (**Barla A., 2007**).

Laurier noble (*Laurus nobilis*) est un arbuste originaire d'Asie Mineure, retrouvé dans l'ensemble du bassin méditerranéen (**Ghania Y., 2011**).



Figure 04 : Aspect morphologique de *Laurus nobilis* (Beloued A., 2005)

2.1.1. Feuilles :

Laurus nobilis, se caractérise par un feuillage dense, vert foncé et persistant. Ses rameaux sont minces et lisses, tandis que ses feuilles sont étroitement lancéolées, oblongues et coriaces, souvent utilisées à des fins ornementales ou culinaires **Figure 05 (Demir V., 2004 ; Ghania Y., 2011).**

2.1.2. Fleurs :

Les fleurs du *laurier nobilis* sont petites et discrètes, d'un ton jaune-vert pâle, et sont généralement disposées en paires à côté d'une feuille. La plante est dioïque, avec des fleurs mâles et femelles sur des plantes distinctes. Les fleurs mâles ont entre 8 et 12 étamines avec deux glandes à la base, tandis que les fleurs femelles ont 2 à 4 staminodes. Les fleurs donnent ensuite naissance aux fruits qui sont appréciés pour leur saveur et leur arôme distinctifs **Figure 05 (Demir V., 2004 ; Ghania Y., 2011).**

2.1.3. Fruits :

Les fruits de *Laurus nobilis* sont des drupes ovoïdes de 10 à 15 mm de diamètre, ressemblant à des baies noires brillantes. Ils contiennent une seule graine à l'intérieur et sont utilisés à des fins culinaires pour leur arôme et leur saveur distinctifs. Ces fruits, également appelés baies de *laurier*, sont couramment utilisés dans de nombreuses préparations culinaires **Figure 05 (Demir V., 2004).**



Figure 05 : Photographies de *L nobilis* ; (a) : feuilles, (b) : fleurs, (c) : fruits (**Haddouchi F., 2008**)

2.2. Classification botanique de *Laurus nobilis* :

Il est également connu sous le nom de laurier-sauce ou laurier d'Apollon, appartient à la famille des *Lauraceae*. Les *Angiospermes*, ou plantes à fleurs, dont les plus connues sont celles de Cronquist et APG III. La classification APG III, basée sur la phylogénie moléculaire, est actuellement la plus utilisée. En revanche, la classification de Cronquist, qui s'appuie sur la morphologie, l'anatomie et les caractères biochimiques, est en train d'être progressivement remplacée (**Quezel P., Santa S., 1962 ; Briot C., 2016**).

Tableau 03 : Classification botanique de *Laurus nobilis* (**Abu-Dahab R., 2014 ; Quezel P., Santa S., 1962**).

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Laurales
Famille	<i>Lauraceae</i>
Genre	<i>Laurus</i>
Espèce	<i>Laurus nobilis,L.</i>

2.3. Composition chimique de l'huile essentielle de *L. nobilis*.

L'huile essentielle de *laurier noble* est un mélange complexe de plus de 276 composés actifs, avec des molécules telles que le 1,8-cinéole, le β -linalol, l'eugenol, le terpinéol et le limonène parmi les principaux (Ouibrahim, 2015).

Des études ont analysé la composition des huiles essentielles de différentes parties de la plante. Ces analyses ont montré des variations qualitatives et quantitatives significatives entre les huiles essentielles provenant de différentes parties de la plante. Par exemple, l'huile essentielle de feuilles est riche en 1,8-Cinéole, en β -Linalol et en eugenol, tandis que l'huile essentielle de baies est riche en sabinène, en β -pinène et en myrcène. Enfin, l'huile essentielle de branches est caractérisée par une teneur élevée en α -pinène, en β -pinène et en limonene (Briot C., 2016).

L'analyse de la composition chimique de l'HE de *L. nobilis* par CG-SM a permis de dénombrer 17 substances, dominées par la présence de 1,8-cinéole (35.31 %), β -linalol (22.52 %), eugenolmethylether (9.17 %), camphène (7.37 %) et 3-carène (5.39 %), ce qui représente 96,95 % du total. Les monoterpènes constituent le groupe chimique majoritaire avec le β -linalol (22,52 %) et le camphène (7,37 %). La classe des sesquiterpènes est principalement représentée par les lactones sesquiterpènes notamment le cardinène (0,32 %) et le caryophyllène (0,22 %) **Figure 06 (Ozcan B., 2010 ; Chahal K., 2017).**

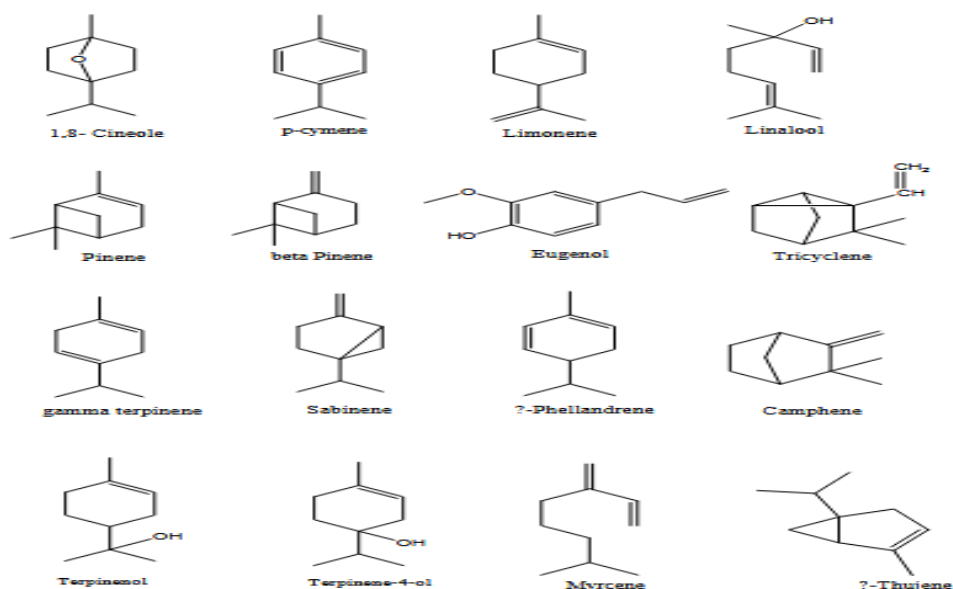


Figure 06 : Structure des composés présents dans l'huile essentielle de laurier (Ouibrahim A., 2015)

Tableau 04 : Composition chimique d'Huile essentielle du *L. nobilis* (Simiü M., 2003)

<i>Les composants</i>	<i>Le temps de rétention</i>	<i>Surface du pic</i>	<i>Quantité en %</i>
<i>α- Pinène</i>	3.663	12748929	0.89640921
<i>β-Carène</i>	4.497	76733841	5.39534904
<i>α-Limonène</i>	5.891	43240398	3.04034096
<i>1,8-Cinéole</i>	6.285	502269866	35.3158555
<i>γ-Terpinène</i>	7.562	14651194	1.03016224
<i>β-Linalol</i>	10.412	320365784	22.5257227
<i>4-Terpineol</i>	12.833	29790547	2.09464816
<i>α-Terpineol</i>	14.196	45293431	3.18469486
<i>α-Terpineolacetate</i>	17.929	4247002	0.29861737
<i>Camphène</i>	19.165	104923164	7.37741112
<i>Isoeugenol</i>	22.17	41769277	2.93690275
<i>Eugenolmethylether</i>	23.434	130506761	9.17625807
<i>Δ-Cadinène</i>	24.007	4574595	0.32165126
<i>α-Caryophyllène</i>	24.786	3206549	0.22546051
<i>Isopulegolacetate</i>	25.855	8603251	0.60491618
<i>α-Spathulenol</i>	29.137	20397912	1.43422841
<i>α-Cadinol</i>	31.79	12296625	0.86460658
TOTAL			96,95

2.4. Utilisation de la plante *Laurus nobilis* :

Les feuilles de *laurier* sont utilisées comme épice aromatique dans de nombreux plats, ajoutant leur arôme distinctif aux soupes, ragoûts, sauces et autres préparations culinaires (Kivçak B., 2002 ; Qnais E., 2012).

Il est considéré comme un remède efficace contre les hémorroïdes, les rhumatismes, les maux d'estomac et comme diurétique. Des études ont confirmé les propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes des feuilles de laurier, soutenant ainsi leur potentiel en tant que remède naturel (Muñiz-Márquez D., 2013).

2.5. Propriétés thérapeutiques :

L'huile de laurier est utilisée en phytothérapie pour traiter diverses affections telles que les entorses, les problèmes digestifs, les maux d'oreille et pour favoriser la transpiration. Elle est notamment reconnue pour ses propriétés anti-infectieuses, antibactériennes, antivirales et antifongiques, ce qui en fait un allié efficace pour lutter contre les infections respiratoires et cutanées (**Fang F., 2005**).

Grâce à sa richesse en 1,8-cinéole, l'huile essentielle de laurier noble est un excellent expectorant et mucolytique, ce qui en fait un choix de premier plan pour soulager les symptômes des affections respiratoires telles que la bronchite, la sinusite, la toux et le rhume (**Maatallah S., 2016**).

Enfin, l'huile essentielle de *laurier noble* est un tonique général qui stimule le système immunitaire et la circulation sanguine, améliore la digestion et renforce les défenses immunitaires contre les nausées et les vomissements (**Maatallah S., 2016**).

Cependant, il est important de noter que l'utilisation de l'huile essentielle de *laurier noble* doit être effectuée avec prudence, car elle peut être irritante pour la peau et les muqueuses, et peut être toxique à fortes doses. Il est donc conseillé de toujours diluer l'huile essentielle dans une huile végétale avant utilisation, et de respecter les précautions d'emploi recommandées (**Maatallah S., 2016**).

3. Huiles essentielles

3.1. Définitions

Les huiles essentielles sont des substances naturelles hautement concentrées extraites à partir de plantes, notamment des fleurs, des feuilles, des tiges, de l'écorce et des racines. Sont des substances volatiles aux odeurs caractéristiques produites par les plantes (**Bourrain J., 2013**). Elles sont obtenues par différentes méthodes. Ces mélanges complexes de molécules comprennent des alcools, des terpènes, des cétones, etc. (**Khaled B., 2020**). Les huiles essentielles, utilisées depuis des milliers d'années, possèdent de nombreuses propriétés bénéfiques grâce à leur composition chimique complexe. Elles ont des effets antiseptiques, anti-inflammatoires, antibactériens, antioxydants, antifongiques, antiviraux, relaxants, revitalisants, etc. Chaque huile essentielle a ses caractéristiques et utilisations spécifiques (**Kalemba D., 2003 ; Bastien C., 2008**).

Les huiles essentielles peuvent être utilisées par inhalation, application diluée sur la peau, ingestion (sous conditions spécifiques) ou ajoutées à des produits tels que lotions, savons ou bougies parfumées (**Kalembe D., 2003**).

Les huiles essentielles sont puissantes et nécessitent une utilisation prudente. Consultez un professionnel de la santé avant utilisation, surtout en cas de problèmes de santé, de grossesse ou de prise de médicaments (**Burt S., 2004 ; Kalembe D., 2003**).

3.2. Propriété physico-chimique :

Les huiles essentielles ont des propriétés physico-chimiques distinctives :

-Volatilité : elles sont volatiles et se diffusent facilement pour libérer leurs arômes et bienfaits. (**Bayala B., 2014**).

-Miscibilité : elles sont insolubles dans l'eau mais peuvent être diluées dans des solvants organiques tels que l'alcool ou les huiles végétales avant utilisation (**Bayala B., 2014**).

-Densité : elles ont une densité inférieure à celle de l'eau, ce qui les fait flotter à la surface de l'eau, ce qui est exploité dans certaines techniques d'extraction et de distillation (**Degryse A., 2008**).

-Point d'ébullition : Chaque huile essentielle a son propre point d'ébullition, déterminé par sa composition chimique complexe.

-Indice de réfraction : L'indice de réfraction des huiles essentielles est unique et peut être utilisé pour les distinguer et les identifier.

-Solubilité dans les lipides : elles se mélangent facilement avec les lipides, ce qui les rend idéales pour les produits cosmétiques et les massages. Leurs propriétés physico-chimiques varient en fonction de leur plante d'origine et de leur composition spécifique.

3.3. Répartition et localisation :

3.3.1. Répartition

Les huiles essentielles se trouvent principalement dans les plantes à fleurs, avec environ 17 500 espèces aromatiques réparties dans différentes familles botaniques. Elles peuvent être présentes dans les fleurs, les feuilles, les écorces, les racines, les bois, les fruits et les graines. La composition chimique des huiles essentielles varie selon la partie de la plante utilisée. Une même espèce végétale peut produire des huiles essentielles différentes selon ses fleurs, ses feuilles ou ses fruits, avec des propriétés et des arômes uniques.

La diversité des huiles essentielles dépend de l'espèce végétale, de la partie utilisée et des conditions de croissance, offrant ainsi une grande variété sur le marché (**Elhouiti F., 2017 ; Bellakhdar J. 1997**).

3.3.2. Localisation

Les huiles essentielles sont synthétisées et stockées dans des structures spécialisées sur les plantes, telles que des cellules, des poils, des poches ou des canaux sécréteurs. Leur présence varie selon l'espèce végétale et les conditions de manipulation (**Elhouiti F., 2017 ; Quintans J., 2019**).

3.4. Composition chimique :

Elles sont composées de plus de 300 composés chimiques volatils différents, regroupés en catégories principales. La connaissance précise de ces constituants est essentielle pour évaluer la qualité, les propriétés et la toxicité potentielle des huiles essentielles (**Couic-Marinier F., 2013**).

Les terpènes et les terpénoïdes constituent le groupe principal de composés présents dans les huiles essentielles. Ils sont majoritairement des monoterpènes et des sesquiterpènes, qui confèrent aux huiles essentielles leurs arômes caractéristiques. Les monoterpènes courants comprennent le limonène, le pinène et le linalol, tandis que les sesquiterpènes comprennent le caryophyllène et le farnésène.

Elles contiennent des composés aromatiques phénoliques, tels que l'eugénol, le thymol et le carvacrol, qui leur confèrent des propriétés antiseptiques et antioxydantes. Elles renferment également d'autres composés, tels que des alcools, des cétones, des esters, des aldéhydes et des oxydes, qui contribuent à leur arôme et à leurs propriétés spécifiques (**Couic-Marinier F., 2013**).

La composition des huiles essentielles varie selon la plante, les conditions de croissance et l'extraction. Cette diversité de composés crée des huiles essentielles riches, complexes et aux propriétés variées et bénéfiques.

3.4.1. Composés terpéniques :

Les terpènes, composés isopréniques, dominent les huiles essentielles avec des monoterpènes et des sesquiterpènes comme principaux constituants. Les diterpènes sont moins fréquents. Les terpènes sont des hydrocarbures de formule générale (C₅ H₈) **Figure 07 (Khaled B., 2020 ; Elhouiti F., 2017)**.

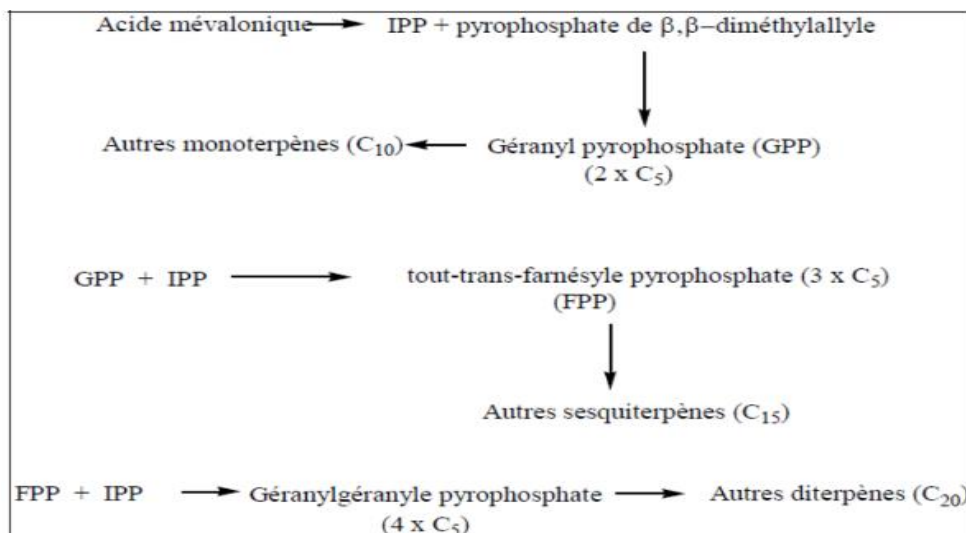


Figure 07 : Biosynthèse des terpènes (Bakkali et al., 2008 ; Beraoud L., 1991)

3.4.2. Composés aromatiques :

Les huiles essentielles contiennent également des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C6-C3), moins fréquents que les terpènes. Parmi eux, on trouve la vanilline, l'eugénol et l'anéthole, présents dans les huiles essentielles de certaines plantes de la famille des *Apiacées* et caractéristiques de l'huile essentielle de vanille (Khaled B., 2020 ; Elhouiti F., 2017 ; Bruneton J., 2009)

3.4.3. Composés d'origines diverses :

Les huiles essentielles peuvent contenir divers composés issus de la transformation de molécules non volatiles. Cela inclut les dégradations des acides gras et des terpènes, ainsi que la présence possible des composés azotés ou soufrés. Des produits de masse moléculaire plus élevée, tels que des homologues de phénylpropanes et des diterpènes, peuvent également être présents et nécessiter une extraction par solvants (Khaled B., 2020 ; Elhouiti F., 2017).

3.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles :

L'extraction des huiles essentielles (HE_s) à partir de sources végétales sélectionnées implique la récupération de composés spécifiques présents en faible quantité. Les nouveaux procédés d'extraction varient en fonction du type de matériau végétal et des composés ciblés tels que les flavonoïdes, les huiles essentielles et les tanins. (Halima N., 2020 ; Alitonou G., 2004).

3.5.1. Hydrodistillation :

Elle implique l'immersion du matériel végétal dans un ballon contenant de l'eau, qui est ensuite portée à ébullition. Les composés volatils s'évaporent et se concentrent à la surface froide, permettant la séparation de l'huile essentielle en fonction de sa densité. Cependant, elle a des inconvénients tels que la déshydratation de la matière végétale, ce qui peut altérer la composition et les propriétés chimiques des huiles essentielles **Figure 08** (Boukhatem M., 2019 ; Lucchesi M., 2005).

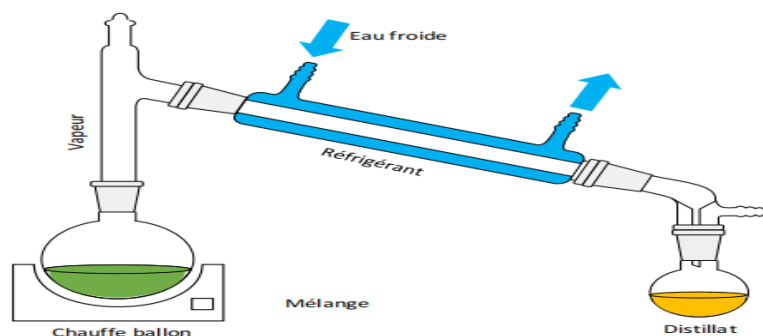
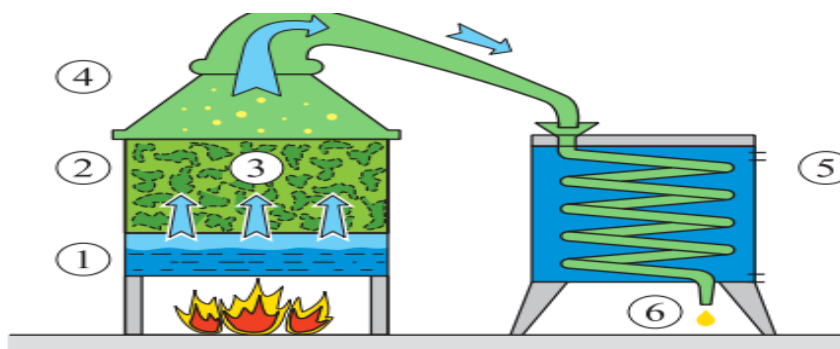


Figure 08 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Boukhatem M., 2019)

3.5.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau :

La chaleur de la vapeur fait libérer les composés volatils des plantes, qui sont ensuite récupérés lors de la condensation de la vapeur. Cette méthode améliore la qualité de l'huile en minimisant les altérations hydrolytiques **Figure 09** (Boukhatem M., 2019 ; Lucchesi M., 2005).



1. Eau et production de vapeur , 2. Vase à fleurs , 3. Matière végétale , 4. Parcours de la vapeur , 5. Serpentin dans le réfrigérant , 6. Sortie de l' Huile Essentielle et de l'hydrolat

Figure 09 : Résumé du principe de la distillation à la vapeur d'eau (Boukhatem M., 2019).

3.5.3. Extraction par micro-ondes :

L'extraction assistée par micro-ondes est une technologie innovante qui combine l'utilisation des micro-ondes avec d'autres méthodes traditionnelles d'extraction. Dans ce système, la matière végétale est chauffée dans une enceinte à micro-ondes scellée, où la pression est constamment réduite. Les composés volatils sont transportés par la vapeur d'eau générée à partir de l'humidité contenue dans la plante. Ils sont ensuite récupérés en utilisant des méthodes conventionnelles telles que la condensation de la vapeur et la stabilisation des composés extraits. Des études ont montré que cette technique présente plusieurs avantages, notamment une réduction du temps de production, l'utilisation d'une quantité réduite de solvant liquide et une efficacité d'extraction élevée **Figure 10 (Lucchesi M., 2005).**

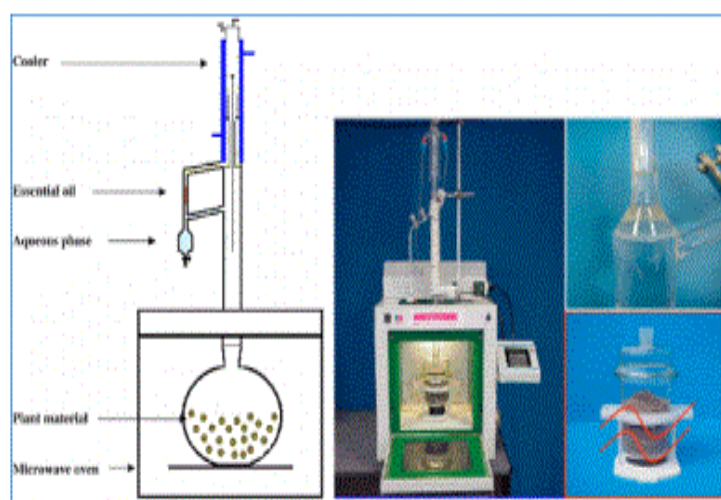


Figure 10 : *Extraction par micro-ondes (Lucchesi M., 2005)*

3.6. Préservation des huiles essentielles :

Elle est un défi en raison de la sensibilité des molécules qu'elles contiennent. Il est essentiel de les stocker dans des conditions minimisant l'exposition à l'air, à la lumière et à la chaleur pour préserver leur qualité et intégrité chimique (**Khaled B., 2020 ; Elhouiti F., 2017**).

4. Activités biologiques :

Le rôle des huiles essentielles dans les plantes reste peu connu, mais leur diversité moléculaire leur confère une grande variété de caractéristiques biologiques. Leur utilisation a évolué vers une approche plus scientifique, grâce à des études de recherche

confirmant leurs propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, antiparasitaires et anticancéreuses. Les huiles essentielles possèdent des propriétés antioxydantes qui protègent contre les dommages cellulaires liés au vieillissement et au stress oxydatif. (Favier A., 2003).

Des études récentes ont révélé les propriétés anticancéreuses potentielles des huiles essentielles, leur permettant d'induire la mort des cellules cancéreuses et d'inhiber leur croissance. Les découvertes scientifiques fournissent une base solide pour l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre leurs mécanismes d'action et leurs applications spécifiques en santé (Valnet M., 2005 ; Ngakegni L., 2012).

4.1. Activités antioxydants :

4.1.1. Antioxydants :

Les huiles essentielles sont prometteuses en tant qu'alternatives naturelles aux antioxydants synthétiques en raison de leur activité antioxydante attribuée à leurs composés hydroxyphénoliques qui neutralisent les radicaux libres responsables du stress oxydatif et des dommages cellulaires (Dacosta Y., 2003).

Les études ont confirmé les effets antioxydants des huiles essentielles en protégeant les cellules contre les espèces réactives de l'oxygène, inhibant la peroxydation lipidique et améliorant le statut antioxydant de l'organisme **Figure 11** (Haddouchi F., 2008).

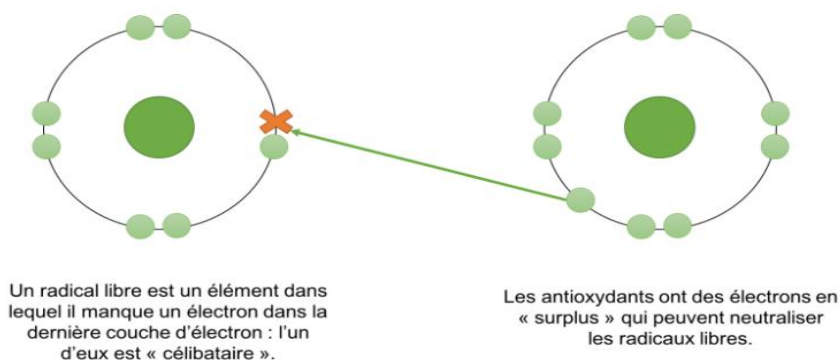


Figure 11 : Radicaux libres et anti-radicaux libres

Source : [Huiles essentielles antioxydantes – Laboratoire Dumani](#)

Les huiles essentielles offrent une alternative naturelle aux antioxydants synthétiques, avec des applications potentielles dans la nutrition, la cosmétique et la médecine. Leur activité antioxydante varie en fonction de leur composition, de leur origine végétale et des méthodes d'extraction. Des recherches approfondies sont nécessaires pour mieux

comprendre leurs mécanismes d'action et leurs propriétés spécifiques (Olayinka E., 2012 ; Luís., 2015).

Par exemple ; La réaction de test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est une méthode couramment utilisée pour évaluer l'activité antioxydant des composés (Blois M., 1958). Le DPPH est un radical libre stable et violet qui devient incolore lorsqu'il est réduit par un antioxydant. Cette réaction est mesurée par spectrophotométrie, où la diminution de l'absorbance à une longueur d'onde spécifique indique l'activité antioxydant du composé testé. Plus l'absorbance diminue, plus l'activité antioxydant est élevée. La réaction de test DPPH est largement utilisée dans la recherche sur les antioxydants et permet de comparer l'efficacité antioxydante de différents composés ou extraits **Figure 12** (Sanchez-Moreno C., 2002 ; Secula M., 2011).

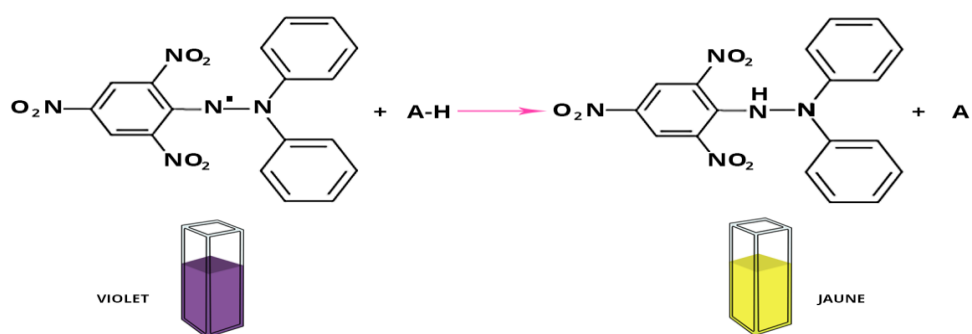


Figure 12 : Réaction de test DPPH (2,2 Diphényle-1-picryl-Hydrazyle) (Secula M., 2011)

4.1.2. Antioxydants naturels :

Les antioxydants naturels protègent contre les dommages oxydatifs en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène, avec des mécanismes spécifiques pour chaque antioxydant. La vitamine E, par exemple, est capable de piéger l'oxygène singulet et de réagir avec le radical hydroxyle (He L., 2017), agissant ainsi comme un antioxydant puissant. De même, la vitamine C est un piègeur efficace des anions superoxydes, du peroxyde d'hydrogène et de l'oxygène singulet (Adwas A., 2019).

Les caroténoïdes, quant à eux, jouent un rôle protecteur en désactivant les espèces électroniquement activées, telles que l'oxygène singulet, ainsi que les radicaux peroxydes et alkyles réactifs. Ces composés aident à prévenir les dommages oxydatifs et à maintenir l'intégrité des cellules (Wollinger A., 2016 ; He L., 2017).

Le zinc et le sélénium agissent comme des antioxydants pour prévenir les dommages causés par les espèces réactives de l'oxygène, assurant la santé et le fonctionnement optimal des systèmes biologiques (**Delattre C., 2005 ; He L., 2017**).

4.2. Activité antibactérienne des huiles essentielles

Depuis 1881, les huiles essentielles ont été reconnues pour leurs propriétés antibactériennes contre un large éventail d'espèces bactériennes (**Kalemba D., 2003 ; Burt S., 2004**).

L'activité antibactérienne des huiles essentielles peut varier selon la souche bactérienne et l'huile utilisée, pouvant être bactéricide ou bactériostatique.

Les huiles essentielles sont efficaces contre les bactéries Gram positif et Gram négatif, bien que ces dernières soient généralement considérées comme moins sensibles en raison de leur membrane externe supplémentaire (**Burt S., 2004 ; Oussou K., 2009 ; Gabriel I., 2013**).

4.2.1. Mode d'action des huiles essentielles sur les bactéries

Le mode d'action des huiles essentielles sur les bactéries reste complexe et peu compris au niveau moléculaire (**Kalemba D., 2003 ; Burt S., 2004 ; Guinoiseau E., 2010**). Les huiles essentielles agissent sur les bactéries en perturbant la membrane cellulaire, altérant le transport des nutriments, perturbant le gradient ionique et dégradant les enzymes membranaires.

Certains composés des HE_s peuvent inhiber des processus cellulaires clés tels que la décarboxylation des acides aminés, la synthèse de l'ADN, de l'ARN, des protéines et des polysaccharides. De plus, certains composés phénoliques de faible poids moléculaire peuvent se fixer aux protéines et aux lipopolysaccharides membranaires, atteignant ainsi la membrane intérieure, qui est plus vulnérable aux altérations (**Dorman H., 2003 ; Carson C., 2002 ; Ulter W., 2010 ; Burt S., 2004 ; Giordani R., 2008**).

En résumé, le mode d'action des huiles essentielles sur les bactéries implique une combinaison de perturbations de la membrane cellulaire, du transport membranaire des nutriments, de la production d'énergie cellulaire, de la stabilité membranaire, ainsi que de l'inhibition de processus cellulaires essentiels tels que la synthèse des acides nucléiques et des protéines. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes moléculaires spécifiques impliqués dans l'activité

antimicrobienne des huiles essentielles **Figure 13.**

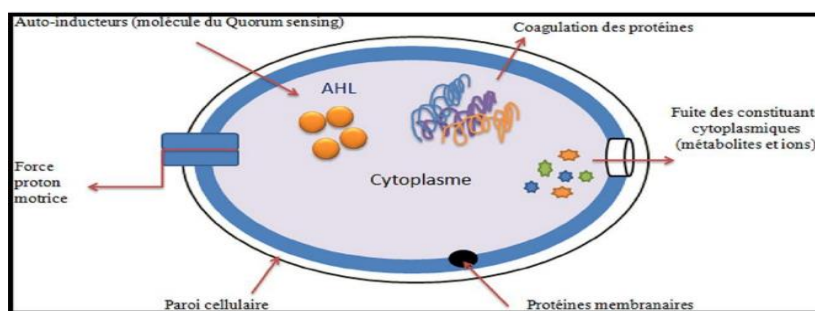


Figure 13 : Mécanismes d'action des huiles essentielles sur la cellule bactérienne (Bouyahya A., 2018).

4.2.2. Activité antibactérienne d'*E.globulus* :

Selon des études menées sur les propriétés de l'*Eucalyptus*, cette plante s'est avérée avoir des activités antibactériennes et antifongiques importantes (Yala J., 2016 ; Ezzriouli R., 2023 ; Ben Jamaa et al., 2012). En effet, les huiles essentielles extraites des feuilles d'*eucalyptus* ont montré une forte activité antibactérienne contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus* (Ezzriouli R., 2023 ; BenJamaa J., 2012). Ces résultats montrent que l'*eucalyptus* peut être un remède naturel efficace contre les infections bactériennes et fongiques, ainsi qu'un antioxydant potentiel pour la santé humaine. Cependant, il convient de noter que des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et déterminer les doses appropriées pour une utilisation sûre et efficace de l'*Eucalyptus*.

4.2.3. Activité antibactérienne de *L nobilis* :

Des études ont montré que l'huile essentielle extraite des feuilles de *Laurus nobilis* (communément appelé laurier) possède une puissante activité antimicrobienne contre un large spectre de micro-organismes (Alejo-Armijo A., 2017 ; Fidan H., 2019). Cette activité peut être due à la présence de 1,8-Cinéole et de Terpènes, qui sont les principaux constituants de l'huile essentielle de laurier (Alejo-Armijo A., 2017). De plus, ces huiles essentielles sont également efficaces contre certains microorganismes résistants aux antibiotiques, comme les tétracyclines (Fidan H., 2019). Les résultats de ces études suggèrent que l'utilisation de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* pourrait être une alternative naturelle efficace pour lutter contre les infections bactériennes. Il est également important de noter que des études antérieures ont indiqué que les composés polyphénoliques sont responsables de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes

(BenJamaa J., 2012). Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et pour déterminer les doses appropriées pour une utilisation sûre et efficace de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*.

4.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne :

Les méthodes courantes pour étudier l'activité antibactérienne des extraits de plantes incluent la diffusion sur gélose, la dilution sur gélose et la dilution dans le bouillon. Leur compatibilité peut varier en fonction de différents facteurs (Wilkinson J., 2006).

Les méthodes courantes de diffusion sur gélose et de dilution sur gélose sont rapides, économiques et ne requièrent pas un équipement de laboratoire complexe, mais elles ont également des limitations et des défauts (Wilkinson J., 2006).

4.3.1. Méthode diffusion sur disque dans le milieu solide :

Pour étudier l'activité antibactérienne il faut préparer une boîte de Petri avec du milieu gélosé et l'ensemencement de bactéries. Un disque contenant la substance à tester est placé au centre de la boîte, et après incubation, la zone d'inhibition est mesurée et comparée à des références (Wilkinson J., 2006). Cette méthode est qualitative, indiquant simplement la présence ou l'absence d'inhibition (Gautam R., 2007).

4.3.2. Méthode de dilution en milieu solide :

La méthode de dilution sur gélose est utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne et déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI). Les extraits ou composés testés sont incorporés à des concentrations spécifiques dans le milieu gélosé, et les bactéries sont ensuite ajoutées. Après incubation, on observe la croissance bactérienne ou son absence pour évaluer l'efficacité (Wilkinson J., 2006).

Un inconvénient est l'utilisation de quantités élevées de matériaux à tester et la difficulté de stabiliser les émulsions d'huiles essentielles. La détermination de la concentration maximale sans impact sur la solidification de l'agar peut également poser problème. (Wilkinson J., 2006).

4.3.3. Méthode de dilution en milieu liquide :

La méthode de dilution en milieu liquide permet de cultiver les bactéries avec le matériau testé, mais elle est lente et requiert plus de ressources, limitant le nombre de substances testées (Wilkinson J., 2006).

La méthode de dilution en milieu liquide, utilisant des plaques de microtitrage, réduit le volume d'extrait à tester. La turbidité du milieu est mesurée pour évaluer la viabilité des cellules, mais les extraits très colorés peuvent perturber les indicateurs chimiques (Wilkinson J., 2006).

4.4. Description des micro-organismes étudiés :

Escherichia Coli

Escherichia coli est un bacille à Gram négatif, non sporulé, de type anaérobie facultatif, généralement mobile grâce à ses flagelles. Il mesure entre 2 et 6 μm de longueur, tandis que sa largeur est de 1,1 à 1,5 μm . Elle se présente dans le tube digestif de l'homme et de nombreux animaux (Percival S., 2004).

Pseudomonas aeruginosa

La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* est un bacille à Gram négatif, également connue sous le nom de bacille pyocyanique en raison du pigment bleu-gris, la pyocyanine, qu'elle produit. Elle est strictement aérobie, ce qui signifie qu'elle ne peut survivre ou se multiplier qu'en présence d'oxygène. Elle a une forme fine et droite ou légèrement courbée. Principalement présente dans l'eau, les sols humides et les environnements hospitaliers. Ces bactéries filiformes mesurent de 1,5 à 3 μm de long et de 0,5 à 0,8 μm de large. Elles sont mobiles grâce à un flagel polaire constitué d'une structure protéique complexe. Leur morphologie est hétérogène, avec des colonies généralement larges, aplaties, lisses ou présentant des bords en forme de scie, et elles peuvent présenter un éclat métallique (Sicard D., 2012).

Staphylococcus aureus

Le *Staphylococcus aureus* est une bactérie à Gram positif, a été décrite pour la première fois par Louis Pasteur en 1880. Il est communément appelé "*staphylocoque doré*". Les *Staphylococcus aureus* sont des cocci sphériques d'un diamètre de 0,8 à 1 μm et sont disposés en paires ou en petits groupes ressemblant à des grappes de raisin. Ces bactéries sont non mobiles, non sporulées, et manquent généralement d'une capsule. Sir Alexander Ogston a cultivé cette bactérie in vitro et l'a nommée *Staphylocoque* (des mots grecs "*staphulê*" signifiant "raisin" et "*kókkos*" signifiant "graine"), identifiant son rôle dans l'inflammation et la suppuration (Taylor T., 2022).

Chapitre II [Matériels et méthodes]

1. Matériels et méthodes :

1.1. Lieu d'étude

Ce projet s'est déroulé en deux étapes distinctes. La première partie, concernant l'extraction des huiles, a été menée dans le laboratoire de biologie de l'université de Mascara. La deuxième partie, axée sur l'application biologique, a été réalisée dans le laboratoire de biologie du département de Biologie de l'université de Laghouat.

1.2. But du travail

Dans ce chapitre, nous décrivons les différents équipements et méthodes expérimentales utilisés dans le cadre de cette étude. L'objectif de cette étude était d'évaluer et de comparer l'activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes médicinales, à savoir le *Laurier nobilis* et l'*Eucalyptus globulus*, vis-à-vis de trois souches bactériennes.

Tableau 05: Instruments et produits utilisés pour les essais biologiques

Consommables	Équipements et appareils	Produits
✂ Tubes à essai + portoir tube a essaie	✂ Bec benzène	✂ Milieu Hinton Agar
✂ Papier filtre	✂ Autoclave	✂ Eau physiologique
✂ Papier Whatman	✂ Micropipette	✂ DMSO
✂ Para film	✂ Balance électronique	✂ NaOH + HCl
✂ Flacons stériles	✂ Vortex	
✂ Anse de platine	✂ Bain-marie	
✂ Pipette Pasteur	✂ Étuve	
✂ Boites de pétri	✂ Incubateur	
✂ Écouvillon	✂ four Pasteur	
✂ Éprouvettes		
✂ Entonnoirs		
✂ Pipettes graduées		
✂ Fioles		
✂ Erlenmeyers		
✂ Béchers		

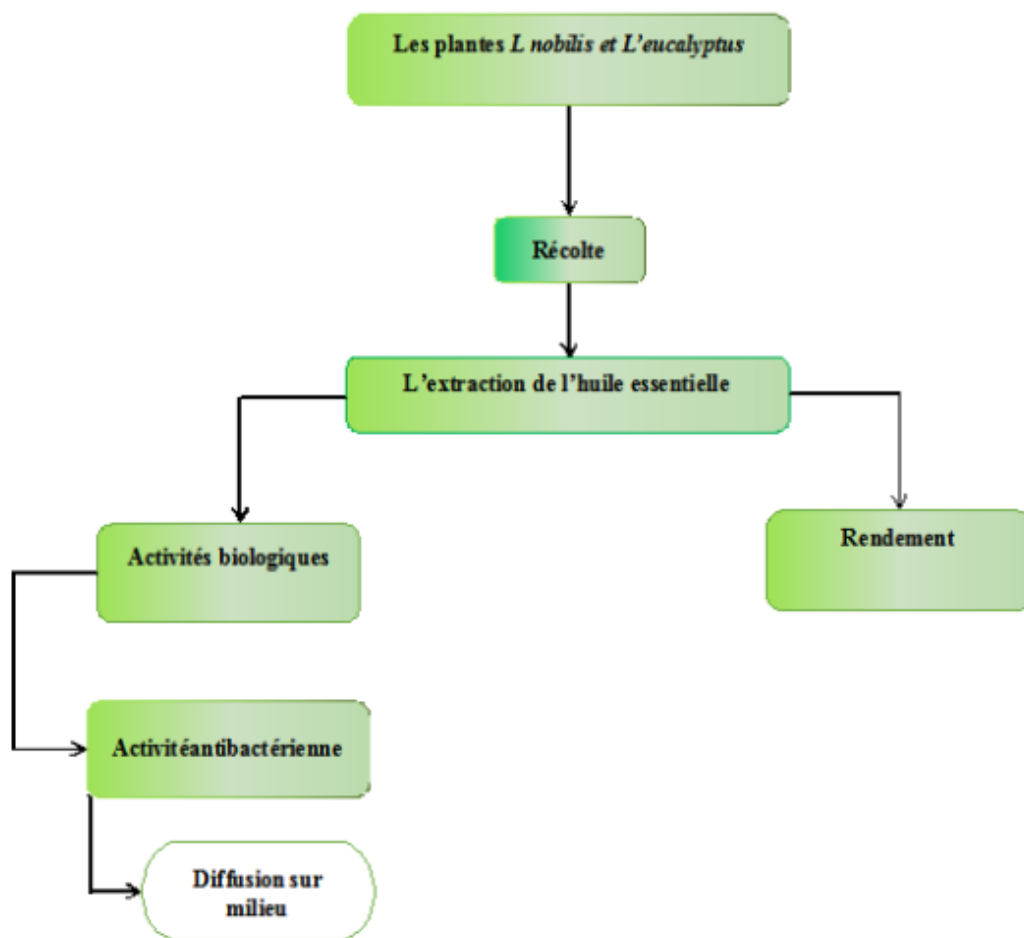


Figure 14 : Etapes générales de la partie pratique

1.3. Matériel végétal :

Les deux espèces végétales étudiées dans cette recherche, le *Laurier nobilis* et *Eucalyptus globulus*, ont été collectées à partir de différentes régions en Algérie. Les feuilles de *Laurier* ont été récoltées dans la région de Bouira, tandis que les feuilles *d'Eucalyptus globulus* ont été récoltées dans la région de Mascara. Après leur récolte, les feuilles ont été soigneusement nettoyées pour éliminer les impuretés. Ensuite, elles ont été séchées à l'ombre et à température ambiante pendant une semaine. Une fois sèches, les feuilles ont été conservées dans un endroit approprié en vue de leur utilisation ultérieure dans le processus d'extraction des huiles essentielles **Figure 15**.



a- *Eucalyptus globulus*

b- *Laurus nobilis*

Figure 15 : Deux plantes étudiées (*Eucalyptus globulus* et *Laurier nobilis*)

1.4. Préparation des plantes étudiées d'*Eucalyptus Globulus* et *Laurier nobilis*:

Le matériel végétal collecté est d'abord nettoyé pour éliminer les impuretés. Ensuite, il est séché pendant une période de 10 jours à température ambiante. Pendant le processus de séchage, il est important de protéger le matériel végétal de l'humidité. Par conséquent, il est conservé dans des sacs propres pour éviter l'entrée d'impuretés indésirables. Une fois les feuilles complètement séchées, elles sont prêtes à être transportées au laboratoire de biologie, où les procédures d'extraction des huiles essentielles seront réalisées.

Au laboratoire, les deux plantes sont écrasées manuellement à l'aide d'un mortier. Cette étape permet de libérer les composés volatils présents dans les feuilles, qui sont essentiels pour l'extraction des huiles essentielles. L'écrasement manuel assure une rupture des tissus végétaux et facilite ainsi l'extraction des composés souhaités. Ces étapes de nettoyage, de séchage et de préparation des plantes sont cruciales pour garantir la qualité des échantillons utilisés lors des procédures d'extraction ultérieures. **Figure 16 Figure 17**



Figure 16: Feuilles d'*Eucalyptus* après séchage et broyage.
(Photos personnelles, 2023).



Figure 17: Feuilles de Laurier après séchage et broyage (Photospersonnelles, 2023).

2. Extraction des huiles essentielles :

L'extraction des HEs a été réalisée au laboratoire par la méthode d'hydrodistillation

2.1. Mode opératoire

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation en utilisant la méthode de Clevenger, une méthode couramment utilisée pour extraire les huiles essentielles à partir de plantes (Boukhatem M., 2019 ; Lucchesi M., 2005). L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles de *Eucalyptus* et du *Laurier nobilis* est réalisée en utilisant une méthode de type Clevenger. Avant l'extraction, le dispositif de Clevenger a été minutieusement nettoyé à l'aide d'acétone et d'eau distillée afin d'éliminer toute trace de poussière ou de graisse qui pourrait contaminer l'huile extraite. Pour l'extraction, une quantité de 50 g de matériel végétal a été introduite dans un ballon en verre d'un litre contenant 500 ml d'eau distillée. Le ballon a été chauffé à ébullition pendant 2 heures et 30 minutes à l'aide d'un chauffe-ballon (Figure 18). Les vapeurs d'huile essentielle générées lors de l'ébullition ont été dirigées à travers un réfrigérant, où elles se sont condensées. La phase liquide résultante, composée d'eau et d'huile essentielle, est tombée dans une ampoule de décantation. En raison de leur différence de densité, l'huile essentielle s'est séparée de l'eau dans l'ampoule. Après l'extraction, l'huile essentielle a été récupérée et une petite quantité de NaSO_4 a été ajoutée pour éliminer les résidus et les traces d'eau. Le volume obtenu d'huile essentielle a été mesuré et conservé dans un flacon en verre stérile. Pour prévenir toute altération, le flacon a été recouvert d'un papier aluminium et stocké dans un réfrigérateur, à l'abri de la lumière, jusqu'à son utilisation ultérieure pour les tests biologiques.



Figure 18: Montage d'extraction d'huile essentielle

2.2. Conservation de deux huiles essentielles obtenues

La manipulation et le stockage adéquats des huiles essentielles sont essentiels pour garantir leur efficacité et leur durée de conservation optimales.

Afin de prévenir toute détérioration des huiles essentielles (HE) résultant de l'exposition à l'air et à la lumière, celles-ci sont conservées dans des bouteilles en verre. Ces bouteilles en verre offrent une protection supplémentaire contre les influences extérieures qui pourraient altérer la qualité des HE.

De plus, les bouteilles contenant les HE sont conservées à une température spécifique, généralement comprise entre 4 et 6 °C. Cette plage de température fraîche aide à maintenir la stabilité des composés volatils présents dans les HE et à prévenir leur dégradation prématurée.

2.3. Détermination du rendement en huile essentielle :

Le rendement en huile essentielle (HE) est une mesure qui exprime le rapport entre la masse d'HE obtenue après l'extraction et la quantité de matière végétale sèche utilisée. Il est souvent exprimé en pourcentage. Le calcul du rendement en huile essentielle se fait en utilisant la formule suivante : (Afnor, 2000) :

$$\mathbf{RHE\%=(MHE/Ms).100}$$

***RHE:** Rendement de l'huile essentielle en (%) pour 50g de la matière sèche*

***MHE:** Masse d'huile essentielle récupérée (g)*

***Ms:** Prise d'essai du matériel végétal (g)*

3. Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles:

Les échantillons utilisés dans les tests d'activité antibactérienne proviennent du laboratoire du département de biologie de l'université de Laghouat. Pour évaluer l'activité antibactérienne, la technique du contact direct par diffusion sur milieu gélose est utilisée.

3.1. Microorganismes testés :

Les trois souches bactériennes utilisées sont des souches référentielles de l'American Type Culture Collection (ATCC) et sont largement reconnues comme des modèles de choix pour l'étude des effets antibactériens de différentes substances. Il convient de noter que ces microorganismes sont pathogènes et sont associés à des maladies infectieuses graves. Les souches utilisées sont les suivantes :

- *Escherichia coli* ATCC 25922 G (-) ;
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 G (+).
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 G (-)

3.2. Conservation des souches :

- **Tests préliminaires**

Avant de tester l'activité anti-bactérienne, il est nécessaire de procéder aux tests suivants sur les trois souches de bactéries.

- **Vérification de la pureté des souches**

La pureté des souches bactériennes utilisées a été vérifiée par repiquages successifs des souches bactériennes sur le milieu Müller-Hinton et incubation à 37° C pendant 24 heures.

- **Conservation des souches**

Les souches ont été conservées à 4° C dans des tubes de gélose inclinée ou dans des tubes de gélose profonde préservées au réfrigérateur.

- **Observation macroscopique**

Après le repiquage de chaque souche, une observation basée sur les critères morphologiques tels que l'aspect des colonies et leur coloration a été effectuée pour vérifier la souche.

- **Observation microscopique**

L'observation microscopique à l'état frais nous a permis d'observer la morphologie, le regroupement et la mobilité des cellules vivantes :

- Déposer sur la lame une goutte d'eau physiologique stérile ;
- Prélever une fraction de culture et l'incorporer à la goutte d'eau ;

- Recouvrir d'une lamelle sans enfermer de bulles d'air et sans faire déborder la suspension ;
- Observer à l'objectif X40.
- **Coloration de Gram**
- Préparation des frottis :
- Déposer sur une lame une goutte d'eau physiologique stérile ;
- Prélever stérilement une fraction de culture et l'incorporer à la goutte d'eau pour obtenir une suspension homogène ;
- Sécher et fixer le frottis à la chaleur au-dessus de la flamme du bec Bunsen ;
- Recouvrir la lame de violet de Gentiane. Laisser agir 01.
- Recouvrir la lame d'une solution de Lugol. Laisser agir 01 minute et rincer à la pissette d'eau déminéralisée ;
- Décolorer la lame à l'aide d'éthanol à 95° pendant 5 à 10 secondes et rincer aussitôt à la pissette d'eau déminéralisée ;
- Recouvrir la lame de la fuschine diluée à 1/10. Laisser agir 30 secondes et rincer à la pissette d'eau déminéralisée ;
- Sécher la lame et observer à l'immersion, objectif X100.

La coloration permet de séparer les bactéries en 02 groupes :

- Une coloration en « rose » indique des bactéries « Gram négatives ».
- Une coloration en « violet » indique des bactéries « Gram positives ».

3.3. Milieu de culture utilisé :

Le milieu de culture Hilton Agar est utilisé pour l'isolement et l'identification des bactéries responsables des infections. Voici la composition chimique typique de ce milieu de culture :

Tableau 06.

Tableau 06: Composition chimique typique de ce milieu de culture :

<i>Nom de composé</i>	Extrait de viande	Peptone	Lactose	Agar	Rouge de phénol	Cristal violet
<i>Masse</i>	3,0 g	5,0 g	10,0 g	15,0 g	0,028 g	0,0016 g

La composition précise peut varier légèrement en fonction du fournisseur ou des variations de protocole. Le milieu de culture Hilton Agar peut être préparé en suivant les étapes suivantes :

- Dissoudre l'extrait de viande, le peptone, le lactose et l'Agar dans de l'eau distillée dans un récipient approprié.
- Chauffer le mélange tout en agitant jusqu'à ce que tous les composants soient dissous.
- Ajouter le rouge de phénol et le cristal violet dans le mélange. Agiter pour homogénéiser. Si nécessaire, ajuster le pH du milieu à environ 7,3 à l'aide d'acide chlorhydrique. Ajouter quelques gouttes à la fois et vérifier le pH à l'aide d'un pH-mètre ou de papier pH.
- Transférer le mélange dans des flacons ou des boîtes de culture stériles.
- Stériliser le milieu de culture en autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.
- Après stérilisation, refroidir le milieu à environ 45-50 °C.
- Verser le milieu de culture dans des boîtes de Petri stériles ou des flacons de culture, en quantité appropriée.
- Laisser le milieu se solidifier à température ambiante ou le mettre au réfrigérateur.

Le milieu de culture Hilton Agar est prêt à être utilisé pour l'ensemencement des échantillons cliniques, en particulier pour l'isolement des bactéries impliquées dans les infections urinaires.

Au laboratoire, les bactéries sont cultivées en milieux de culture liquides ou solides. Le milieu de culture doit apporter les nutriments élémentaires à la bactérie. Les milieux de culture gélosés solides sont utilisés pour isoler des cultures pures de cellules bactériennes. Dans le cas des bactéries se divisant rapidement, une cellule bactérienne dispersée sur un milieu gélosé va se multiplier et, au bout de 24 à 48 heures, devenir un amas de bactéries, visible à l'œil nu et appelé une colonie bactérienne.

3.4. Préparation de milieu de culture :

On met 38 grammes de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau fraîchement distillé et Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Porter dans des flacons stériles puis Stériliser à l'autoclave à 120°C pendant 30 minutes **Figure 19.**

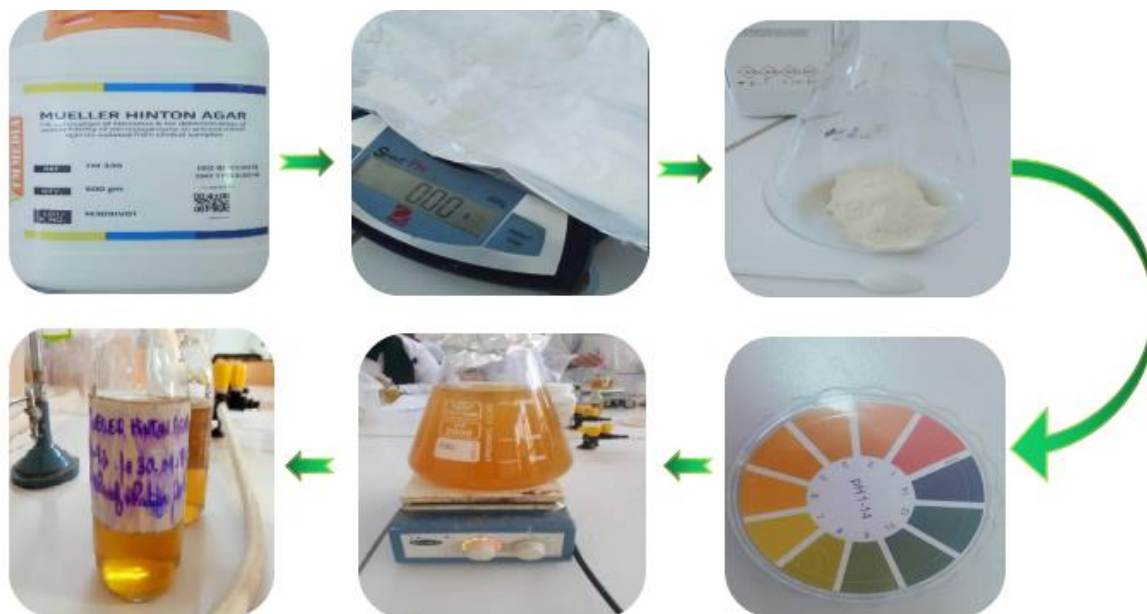


Figure 19 : Préparation de milieu de culture (photos personnelles, 2023)

3.5. Antibiogramme protocole 01

3.5.1. Préparation des suspensions bactériennes

A partir d'une culture de 18h, la suspension est calibrée pour avoir un inoculum de 10^5 ou 10^4 UFC/ml, correspondant à une densité optique (DO) de 0,08 à 0.1 à une longueur d'onde de 625 nm, Une évaluation de DO de la suspension microbienne à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 625 nm a été faite dans le but de standardiser la suspension bactérienne à 10^5 UFC/ml **Figure 20**.

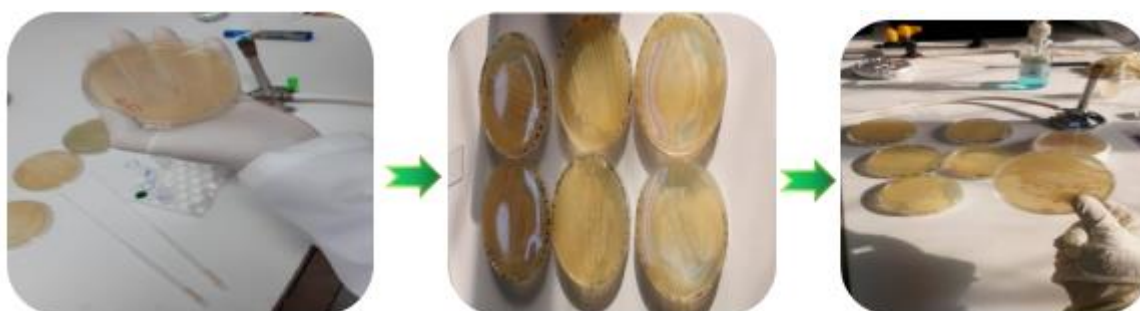


Figure 20 : Préparation de l'inoculum (photos personnelles, 2023)

3.5.2. Préparation des boîtes de gélose :

a. Stérilisation des disques :

La stérilisation des disques de papier contribue à maintenir l'intégrité de l'expérimentation et à garantir des résultats fiables en éliminant les sources potentielles de contamination.

Avant de débiter les expériences, il est essentiel de préparer un environnement de travail stérile. Pour ce faire, la zone de travail est soigneusement nettoyée avec de l'eau de Javel et un bec Bunsen est utilisé pour créer une zone stérile.

Pour évaluer l'activité antimicrobienne, des disques de papier Whatman n°1 d'un diamètre de 6 mm sont utilisés. Ces disques sont soigneusement découpés pour avoir une forme régulière, ce qui facilite la mesure de la zone d'inhibition.

Une fois préparés, les disques sont placés dans un flacon en verre et stérilisés dans un four pasteur à une température de 120 °C pendant 20 minutes. Cette étape est importante pour prévenir tout risque de contamination par des micro-organismes externes pendant les expériences **Figure 21**.



Figure 21: Stérilisation des disques (*photos personnelles, 2023*)



Figure 22: Boîtes pétries coulé par gélose (*photos personnelles, 2023*)

b. Préparation des dilutions des HEs (Méthode 01) :

Les huiles essentielles de *Eucalyptus* (HE₁) et du *Laurier nobilis* (HE₂) ont été représentées par leurs symboles respectifs. Dans cette étude, nous avons préparé un mélange des extraits des deux plantes, symbolisé par HE₁ + HE₂.

Pour les expériences, nous avons utilisé 5 tubes stériles à chaque étape, ainsi qu'un tube témoin. Chaque huile essentielle a été diluée en utilisant du DMSO à 5 concentrations différentes. Cette approche permet d'évaluer les effets des différentes concentrations d'huiles essentielles sur les paramètres étudiés. Le DMSO est souvent utilisé comme solvant pour diluer les composés actifs et faciliter leur dispersion dans les expériences in vitro.

En utilisant cette méthode, nous avons pu obtenir des solutions contenant différentes concentrations d'huiles essentielles, ce qui nous a permis d'étudier leur efficacité à des niveaux variables. Le tube témoin, quant à lui, a été utilisé comme référence pour comparer les effets des différentes concentrations. Toutes les manipulations ont été réalisées dans des conditions stériles pour éviter toute contamination et assurer la fiabilité des résultats.

Tableau 07: Dilutions des HEs. (Méthode 01)

<i>Tubes</i>	<i>HE₁= Eucalyptus</i>	<i>HE₂= L.nobilis</i>	<i>Mélange= HE₁+HE₂</i>
<i>Tube 01</i>	<i>Témoin (DMSO)</i>	<i>Témoin (DMSO)</i>	<i>Témoin (DMSO)</i>
<i>Tube 02= 6%</i>	<i>HE₁+DMSO</i>	<i>HE₂+DMSO</i>	<i>Mélange+DMSO</i>
<i>Tube 03= 12%</i>	<i>HE₁+DMSO</i>	<i>HE₂+DMSO</i>	<i>Mélange+DMSO</i>
<i>Tube 04= 25%</i>	<i>HE₁+DMSO</i>	<i>HE₂+DMSO</i>	<i>Mélange+DMSO</i>
<i>Tube 05= 50%</i>	<i>HE₁+DMSO</i>	<i>HE₂+DMSO</i>	<i>Mélange+DMSO</i>
<i>Tube 06= 100%</i>	<i>HE₁ Pure</i>	<i>HE₂ Pure</i>	<i>Mélange</i>

HE₁ = *Eucalyptus globulus*, HE₂=*L.nobilis* ,Mélange=HE₁+HE₂

Nous avons préparé différents tubes contenant des concentrations variables d'huile essentielle d'Eucalyptus (HE₁) mélangée avec du DMSO. Les concentrations choisies sont les suivantes : 6 %, 12 %, 25 %, 50 % et 100 % d'HE₁. Chaque tube a été soigneusement préparé en mélangeant la quantité appropriée d'HE₁ avec du DMSO, de manière à obtenir les concentrations spécifiques souhaitées.

En plus des tubes contenant les différentes concentrations d'HE₁, un tube témoin a été préparé en utilisant uniquement du DMSO, sans l'ajout d'huile essentielle. Ce tube témoin

permet de comparer les effets des différentes concentrations d'HE₁ et d'évaluer spécifiquement l'impact de l'huile essentielle dans les expériences, la même chose pour les dilutions de HE₂ **Figure 23**.

HE1 = *L'eucalyptus*

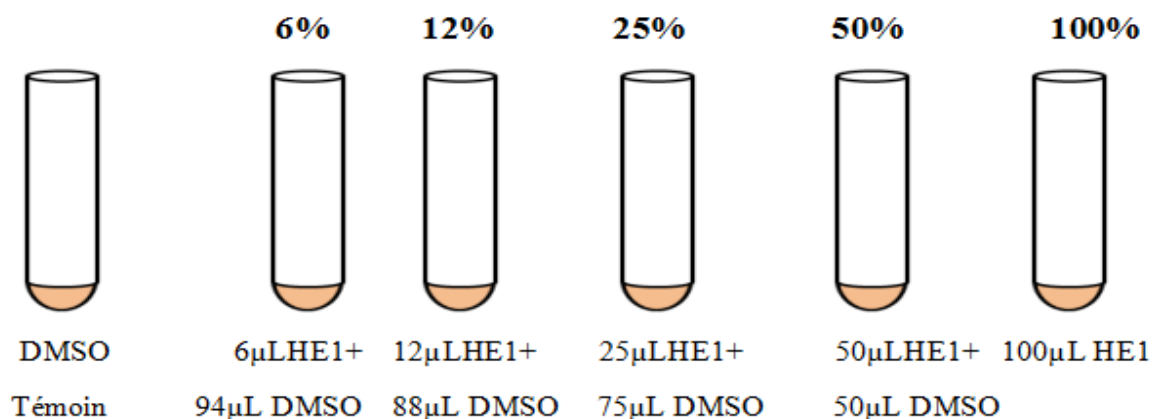


Figure 23 : 01^{er} Méthode de dilutions de l'HE₁.

❖ Mélange

Dans le cadre de cette série expérimentale, différents tubes ont été utilisés, contenant un mélange d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* (HE₁) et de *Laurier noble* (HE₂) à différentes concentrations. Le tube témoin (Tube 07) ne contient que du DMSO, tandis que les tubes 02 à 06 contiennent des concentrations croissantes du mélange d'huiles essentielles mélangées avec du DMSO.

Ces tubes sont destinés à évaluer les effets du mélange d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Laurier noble* sur un paramètre spécifique. L'objectif principal est d'étudier les propriétés et les effets de ce mélange à différentes concentrations. En réalisant des expériences biologiques avec ces tubes, nous pourrions mieux comprendre les bénéfices potentiels de ce mélange en fonction de sa concentration **Figure 24 et Figure 25**.

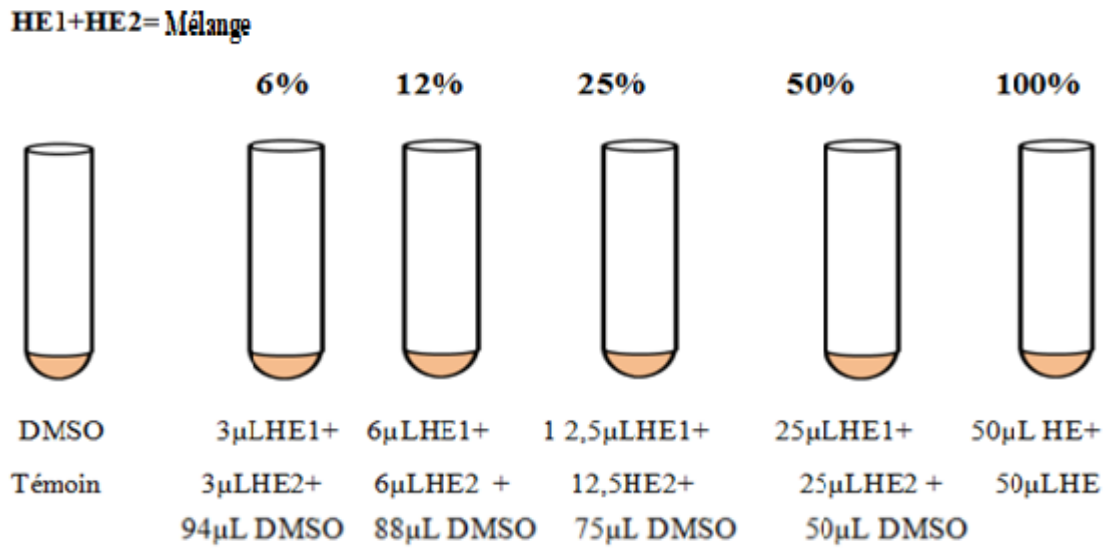


Figure 24: 01^{er} Méthode de dilutions de mélange (HE₁+HE₂).

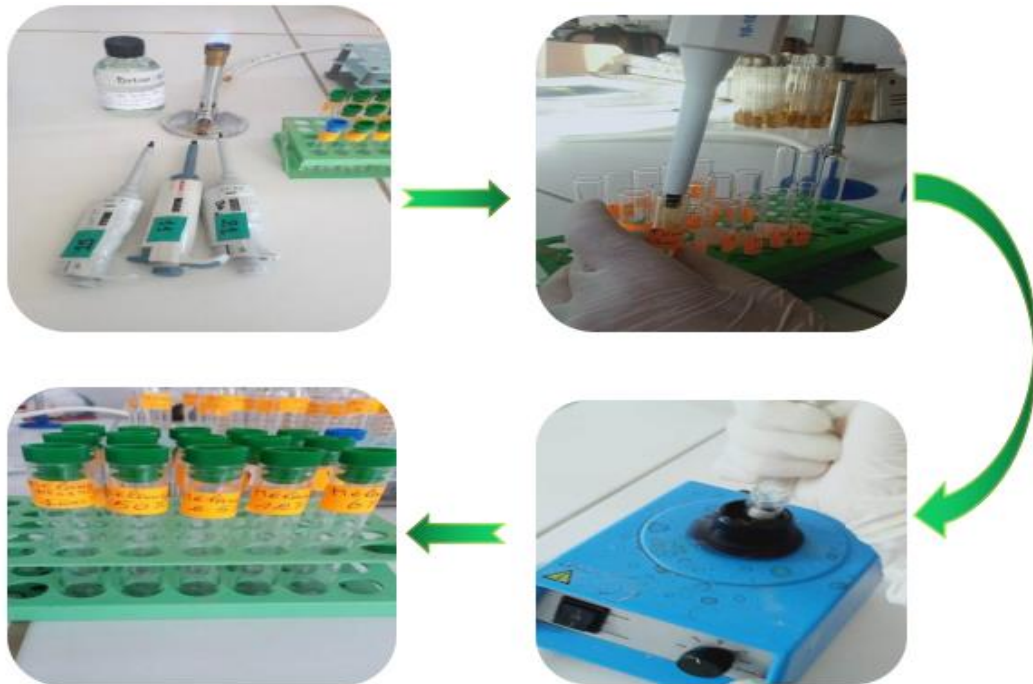


Figure 25 : Dilutions d'HE_s (photos personnellesb, 2023)

3.5.3. Ensemencement et dépôt des disques :

La première étape consiste à couler de la gélose de Mueller Hinton stérile dans des boîtes de Petri, puis à les laisser refroidir. Ensuite, l'inoculum bactérien, préalablement ajusté à une densité spécifique, est étalé sur toute la surface de la gélose dans chaque boîte de Petri. Pour chaque huile (HE₁ et HE₂), 45 boîtes de Pétri ont été utilisées, avec 5 boîtes pour chaque souche bactérienne testée.

Pour ensemer les boîtes de Petri, un écouvillon stérile est trempé dans la suspension bactérienne. Après l'essorage de l'écouvillon sur les bords de la boîte, il est frotté en stries serrées sur la surface de la gélose, en partant du haut vers le bas. Cette opération est répétée quatre fois, en tournant la boîte d'un angle de 60° à chaque fois. Une fois ensemencées, les boîtes sont laissées sécher pendant 20 minutes à température ambiante.

Ensuite, à l'aide d'une pince stérile, des disques de papier Whatman n°1 d'un diamètre de 6 mm sont préparés pour chaque souche bactérienne, ainsi qu'un disque témoin. Ces disques sont imprégnés de l'huile essentielle diluée dans du DMSO. Une quantité de 5 µL de l'huile diluée est déposée sur chaque disque et ils sont placés à la surface des boîtes de Petri ensemencées par les souches à tester. Les disques sont légèrement pressés à l'aide d'une pince stérile. Les boîtes sont ensuite refermées et laissées à diffuser à température ambiante pendant 30 minutes, puis elles sont placées dans une étuve à une température de 37 °C pendant 24 heures **Figure 26**. Ces étapes rigoureuses sont suivies pour garantir des conditions de test standardisées et assurer la validité des résultats obtenus lors de l'évaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles sur les souches bactériennes.

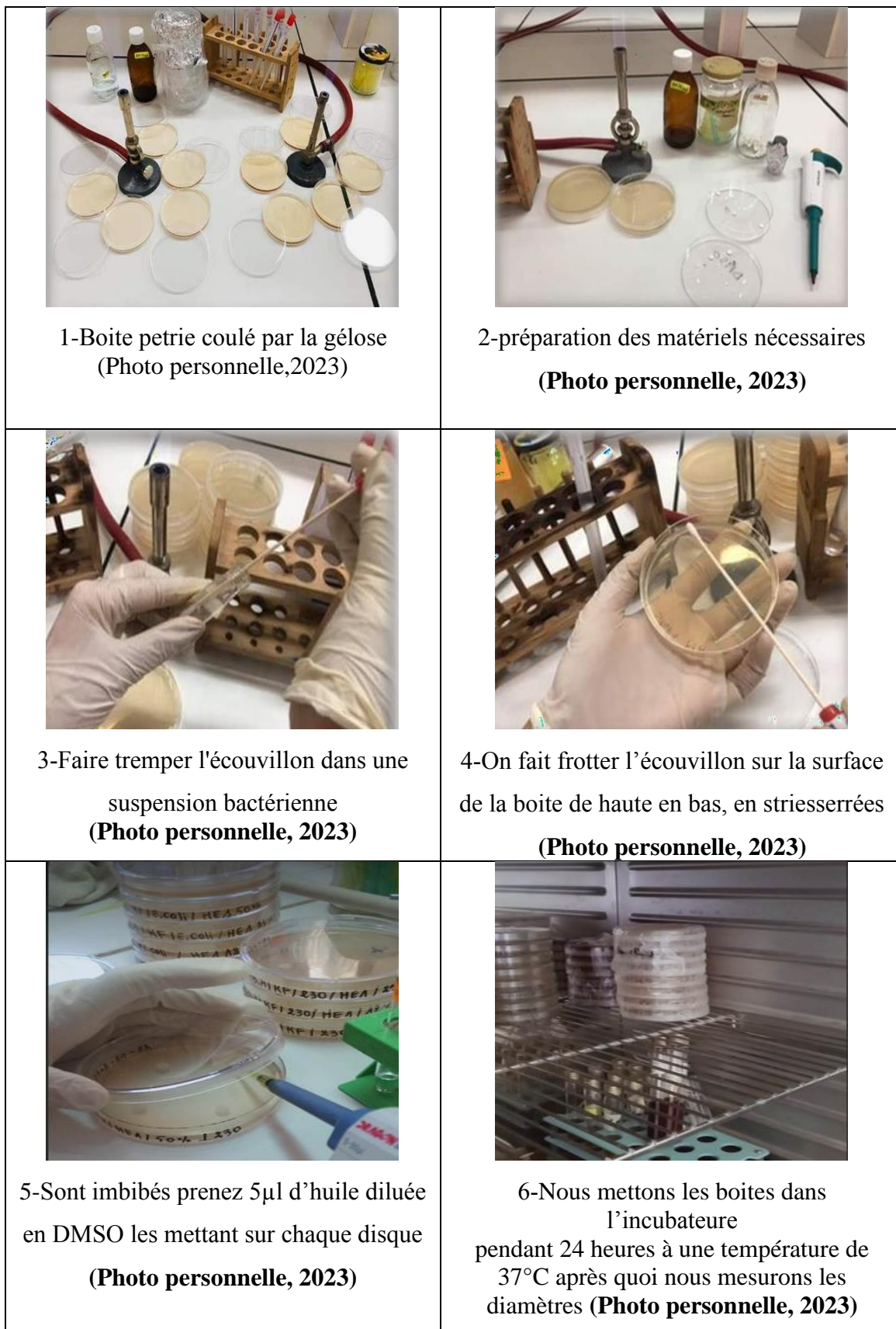


Figure 26: Protocole du test de l'activité antibactérienne.

3.6. Antibiogramme Protocole 02

3.6.1. Préparation des dilutions des HE_s (Méthode 02) :

Symbole de l'huile essentielle *Eucalyptus* HE₁ et symbole de l'huile *L. nobilis* HE₂

Nous symbolisons l'extrait des deux plantes HE₁ + HE₂ nous prenons à chaque étape 5 tubes stériles et un tube témoin :

Tableau 08: Dilutions des HE_s (méthode 02).

Tubes	HE₁= Eucalyptus	HE₂= L.nobilis	Mélange= HE₁+HE₂
Tube 01	<i>Témoin (DMSO)</i>	<i>Témoin (DMSO)</i>	<i>Témoin (DMSO)</i>
Tube 02= (1/2)	<i>100µLHE₁+100DMSO</i>	<i>100µLHE₂+100DMSO</i>	<i>100µL Mélange+ 100DMSO</i>
Tube 03= (1/4)	<i>100µL Tube 02 (HE₁) +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 02 (HE₂) +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 02 (Mélange)+100DMSO</i>
Tube 04= (1/8)	<i>100µL Tube 03 +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 03(HE₂) +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 03 (Mélange)+100DMSO</i>
Tube 05=(1/16)	<i>100µL Tube 04 +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 04 (HE₂) +100DMSO</i>	<i>100µL Tube 04 (Mélange)+100DMSO</i>
Tube 06=100%	<i>HE₁ Pure</i>	<i>HE₂ Pure</i>	<i>Mélange</i>

HE₁ = Eucalyptus globulus , HE₂=L.nobilis ,Mélange=HE₁+HE₂

HE₁ = L'eucalyptus

Dans cette série expérimentale, les tubes ont été utilisés pour préparer différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* (HE₁). Le tube témoin contient uniquement du DMSO, tandis que les autres tubes contiennent des dilutions successives de l'HE₁. Les dilutions réalisées sont les suivantes : 1/2, 1/4, 1/8 et 1/16 de la concentration précédente.

Ces tubes ont été préparés dans le but d'étudier les effets de l'HE₁ à différentes concentrations sur un paramètre spécifique lors d'expériences biologiques. Cette approche permet d'évaluer comment les propriétés et les effets de l'huile essentielle peuvent varier en fonction de sa concentration. Les résultats obtenus grâce à ces tubes contribueront à une meilleure compréhension de l'activité de l'HE₁ et à l'identification de la concentration optimale pour l'application visée, nous avons réalisé la même chose pour HE₂ (*Laurus nobilis*) **Figure 27.**

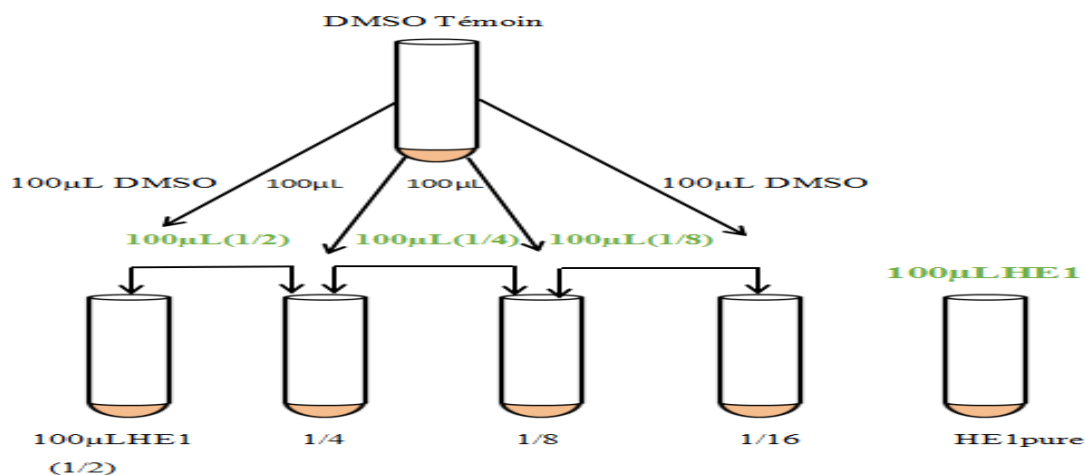


Figure 27: 2^{ème} Méthode de dilutions de l'HE₁.

Mélange = HE₁+HE₂

Nous avons préparé des dilutions successives d'un mélange d'huiles essentielles *Eucalyptus globulus* (HE₁) et de laurier noble (HE₂). Les tubes vont du Tube 02 au Tube 05, avec des dilutions qui sont réduites de moitié à chaque étape. Le Tube 06 contient le mélange à pleine concentration, c'est-à-dire sans dilution.

Ces tubes ont été préparés dans le but d'étudier les effets du mélange d'HE₁ et d'HE₂ à différentes concentrations sur un paramètre spécifique. En utilisant ces tubes dans des expériences biologiques, nous pourrions évaluer les propriétés et les effets de ce mélange à des dilutions variées. Cela nous permettra de mieux comprendre comment les composants individuels de l'HE₁ et de l'HE₂ interagissent à différentes concentrations et d'identifier la concentration optimale pour l'effet recherché **Figure 28**.

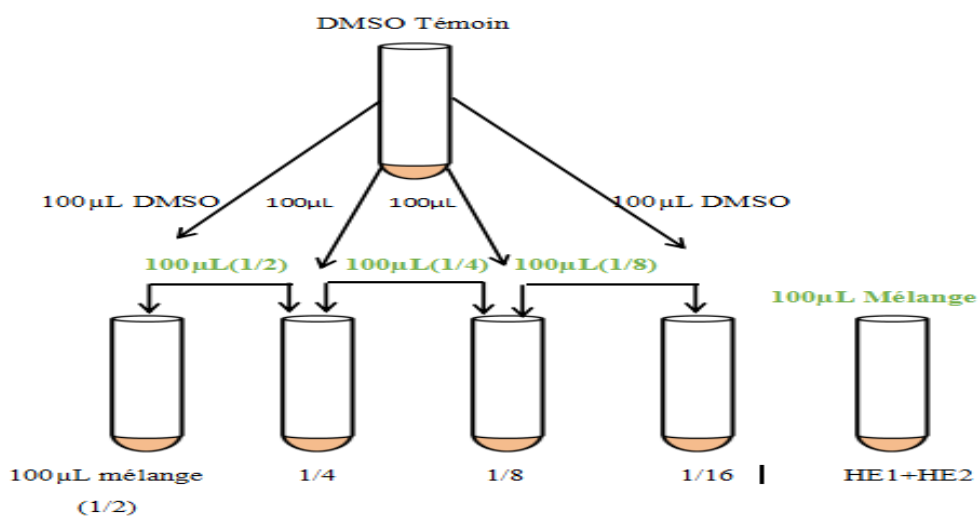


Figure 28: 2^{ème} Méthode de dilutions de mélange.

3.6.2. Ensemencement et dépôt des disques :

Nous avons préparé le milieu (MHA) et l'avons versé dans des boîtes de Petri dans une zone stérile, puis nous l'avons laissé refroidir. Ensuite, nous avons prélevé une quantité de bactéries à l'aide d'une pipette Pasteur et les avons placées dans des tubes contenant 5 μ L d'eau physiologique. Nous les avons bien mélangées à l'aide d'un vortex.

Nous avons utilisé un écouvillon stérile pour étaler la suspension bactérienne à la surface du milieu de Müller Hinton dans les boîtes de Petri. Il est crucial de répartir uniformément la suspension bactérienne sur toute la surface du milieu. Ensuite, nous avons simplement placé des disques de papier Whatman qui avaient été imprégnés de 5 μ L d'huile essentielle diluée dans du DMSO sur les boîtes de Petri. Nous avons travaillé avec diligence pour déposer les disques précisément sur le milieu sans les déplacer.

Enfin, nous avons placé les boîtes de Petri contenant les disques et les bactéries dans un incubateur réglé à une température de 37 °C. Les boîtes ont été laissées à incuber pendant 24 heures. Après cette période d'incubation, nous avons mesuré les diamètres d'inhibition des zones de croissance bactérienne autour des disques. Cette mesure nous a permis d'évaluer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles.

3.7. Expression des résultats :

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque en mm par le pied à coulisse. Les résultats sont exprimés en fonction du diamètre de la zone inhibitrice.

Chapitre III [Résultats et discussios]

1. Extraction et détermination des rendements des huiles essentielles de *L.nobilis* et *d'Eucalyptus* :

Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode d'hydrodistillation (clivage) pour extraire les huiles essentielles de deux plantes médicinales, à savoir *Laurus nobilis* et *Eucalyptus globulus* . L'objectif était d'obtenir une quantité adéquate d'huiles essentielles à partir de chaque plante, puis de calculer le rendement de chaque extraction

Tableau 09 : Rendement des deux plantes

Plantes médicinales	Nombre d'extraction	Durée de distillation (h)	Matière végétale(g)	Eau distillée (ml)	Rendement %
<i>Eucalyptus globulus</i>	01	2h 30min	50	500	0,56%
<i>L.nobilis</i>	01	2h30min	50	500	0,58%

Les rendements en huiles essentielles obtenus à partir de l'hydrodistillation de *Eucalyptus globulus* et du *Laurus nobilis*. ont été estimés respectivement à 0, 56% et 0,58%. Ces rendements peuvent varier en raison de différents facteurs qui interviennent dans le processus d'extraction. Parmi ces facteurs, on peut citer la nature du sol dans lequel les plantes ont poussé, la période de récolte des plantes, la durée de séchage des matières végétales utilisées et la méthode d'extraction elle-même.

1.1. Activité antibactérienne :

Nous avons utilisé la méthode des aromatogrammes pour évaluer qualitativement l'activité antibactérienne de nos huiles essentielles sur trois souches bactériennes. Cette évaluation a été réalisée en mesurant les diamètres des zones d'inhibition en millimètres.

Les diamètres des zones d'inhibition(D) de la croissance microbienne sont classés en Classes.

- ⊗ Fortement inhibitrice lorsque : $D \geq 28$ mm de la zone d'inhibition (++++)
- ⊗ Modérément inhibitrice lorsque : $28 \text{ mm} > D > 16$ mm de la zone d'inhibition (++)
- ⊗ Légèrement inhibitrice lorsque : $16 \text{ mm} > D > 10$ mm de la zone d'inhibition(+)
- ⊗ Non inhibitrice lorsque : $D < 10$ mm de la zone d'inhibition(-)

Tableau 10 : Transcription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés (Yakhlef G., 2011 ;Naeini A., 2009) (Duraffourd C., 1990)

Diamètres(D) de la zone d'inhibition (mm)	Transcription	Sensibilité du germe
$D \geq 28$ mm	+++	Extrêmement sensible
$28 \text{ mm} > D > 16$ mm	++	Très sensible
$16 \text{ mm} > D > 10$	+	Sensible
$D < 10$ mm	-	Résistant

La mesure de la zone d'inhibition pour chaque boîte indique la sensibilité des germes aux huiles essentielles. À partir de cette mesure, nous pouvons observer deux types d'actions possibles :

Action bactéricide : Dans ce cas, aucune croissance microbienne n'est observée autour des disques imprégnés d'huiles essentielles. Cela indique que les huiles essentielles ont une action bactéricide, c'est-à-dire qu'elles tuent les bactéries et empêchent leur croissance.

Action bactériostatique : Dans ce cas, des zones d'inhibition sont observées autour des disques placés à la surface du milieu de culture. Cela indique que les huiles essentielles ont une action bactériostatique, c'est-à-dire qu'elles inhibent la croissance des bactéries sans les tuer complètement.

Ces actions, qu'elles soient bactéricides ou bactériostatiques, révèlent la capacité des huiles essentielles à inhiber ou à tuer les bactéries ciblées. Ces résultats sont importants pour évaluer l'efficacité des huiles essentielles dans le contexte de l'activité antimicrobienne et peuvent être utilisés pour sélectionner les souches bactériennes sensibles pour des études plus approfondies.

1.1.1. Résultats des tests de sensibilité aux huiles essentielles :

Des tests de sensibilité aux huiles essentielles (HE) ont été effectués dans le but d'interpréter les résultats de manière plus approfondie. Les **tableaux 11-12** ci-dessous présentent les zones d'inhibition en millimètres pour chaque souche bactérienne, en utilisant les deux huiles essentielles. Les résultats mettent en évidence l'effet distinct de chaque huile sur chaque souche bactérienne.

Tableau 11 : Diamètre d'inhibition (méthode01)

<i>Zone d'inhibition (mm)</i>					
<i>HE₁</i>	<i>6%</i>	<i>12%</i>	<i>25%</i>	<i>50%</i>	<i>100%HE₁Pure</i>
<i>E.coli</i>	08	9	11	13	21
<i>Staph</i>	7	8	10	15	22
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/
<i>Zone d'inhibition (mm)</i>					
<i>HE₂</i>	<i>6%</i>	<i>12%</i>	<i>25%</i>	<i>50%</i>	<i>100%HE₂Pure</i>
<i>E.coli</i>	13	14	14.50	17	18
<i>Staph</i>	10	10.50	12	13	18.50
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/
<i>Zone d'inhibition (mm)</i>					
<i>Mélange</i>	<i>6%</i>	<i>12%</i>	<i>25%</i>	<i>50%</i>	<i>100%HE₁+HE₂</i>
<i>E.coli</i>	08.50	09	09.50	12	25
<i>Staph</i>	07.5	08	8.50	16	21
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/

HE₁ = *Eucalyptus globulus* , *HE₂*=*L.nobilis* ,*Mélange*=*HE₁+HE₂*

Tableau 12 : Diamètre d'inhibition (méthode02)

Zone d'inhibition (mm)					
HE1	1/2%	1/4%	1/8%	1/16%	100%HE1Pure
<i>E.coli</i>	10	9.50	09	08.50	21
<i>Staph</i>	18,50	08	7,50	07	27
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/
Zone d'inhibition (mm)					
HE2	1/2%	1/4%	1/8%	1/16%	100%HE2Pure
<i>E.coli</i>	15	13.50	11,50	11	17
<i>Staph</i>	12,50	11	09.50	09	32.50
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/
Zone d'inhibition (mm)					
Mélange	1/2 %	1/4 %	1/8%	1/16%	100%HE1+HE2
<i>E.coli</i>	13.50	13	10	09	41
<i>Staph</i>	21	20	09.50	09	39
<i>Pseudo</i>	/	/	/	/	/

1.1.2. Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus à partir des **tableaux 11,12,13 et 14** indiquent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* présente une activité antibactérienne supérieure à celle de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*. De plus, parmi les souches bactériennes testées, *E.coli* est la plus sensible aux huiles essentielles.

Selon l'échelle de mesure de l'activité antibactérienne des huiles essentielles, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* pure montre une action extrêmement sensible contre la croissance de *E.coli* (Gram -). De plus, son action devient très sensible contre *Staphylococcus Aureus* (Gram +).

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité notable de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* dans le contexte de l'activité antibactérienne, en particulier contre *E.coli* et

Staphylococcus Aureus. Cependant, il est important de noter que la sensibilité aux huiles essentielles peut varier en fonction de la souche bactérienne testée.

Ces observations confirment les propriétés antibactériennes bien établies de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, tandis que l'huile essentielle de *Laurus nobilis* peut présenter une activité antibactérienne relativement plus faible dans ce contexte spécifique. Ces résultats peuvent être utilisés pour approfondir les recherches et les applications potentielles des huiles essentielles dans le domaine de la lutte contre les infections bactériennes.

Méthode 1 :

On utilise le milieu liquide Broth, en ce qui concerne la première huile essentielle, on observe une augmentation progressive de la zone d'inhibition avec l'augmentation de la concentration de l'huile diluée (6%, 12%, 25%, 50%, 100%) pour chaque souche.

La concentration des huiles essentielles peut jouer un rôle important dans leurs effets, mais cela dépend du type d'huile et de l'utilisation prévue. En général, une concentration plus élevée peut fournir des effets plus intenses.

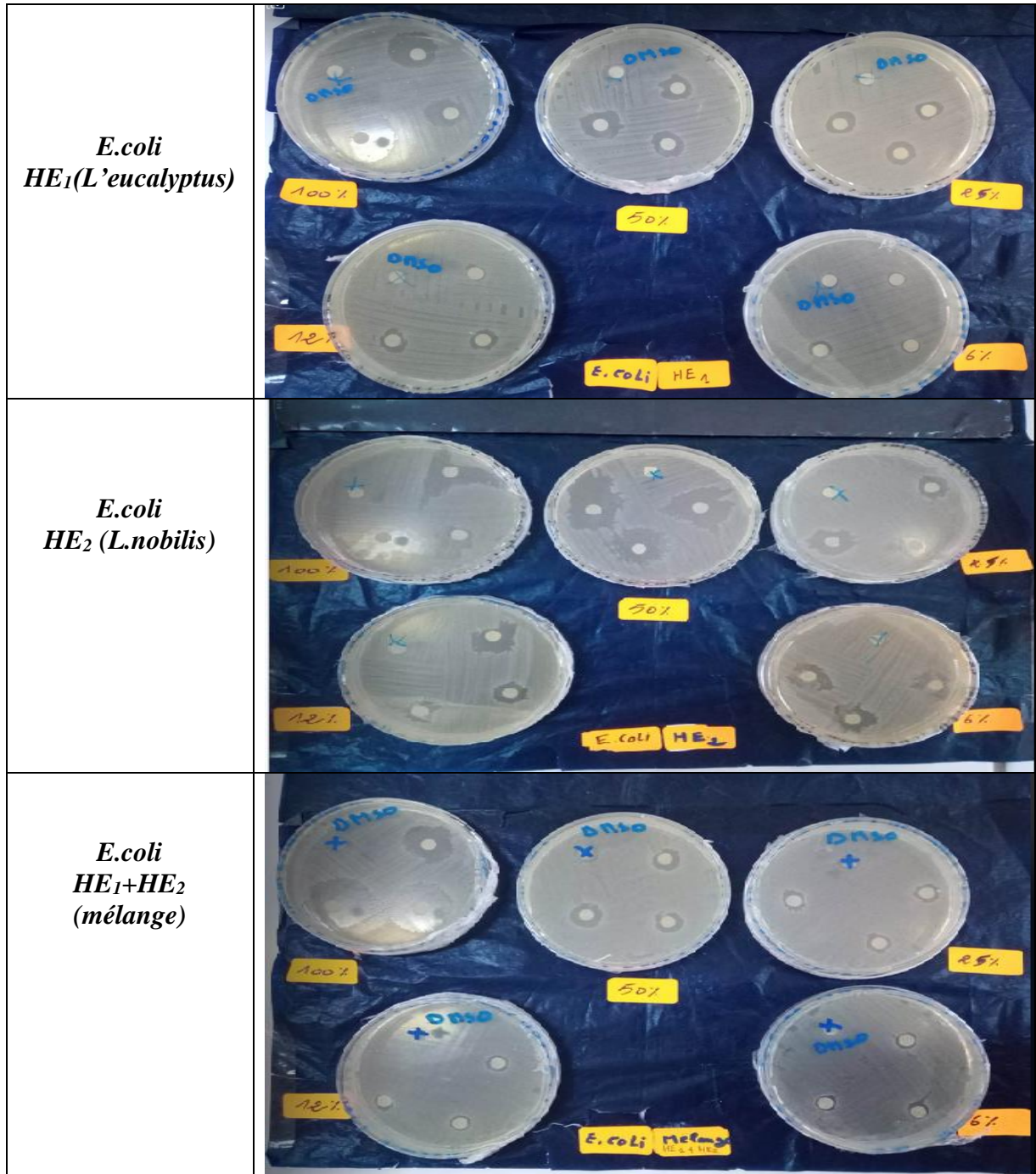
La même remarque pour la deuxième huile, mais pour le mélange aussi il y a une

Méthode 2 :

On utilise l'eau physiologique, dans cette méthode on fait la dilution des huiles, Les deux bactéries (*E. Coli Staphylococcus aureus*) avec une concentration plus élevée d'huile pure (100%) peuvent avoir eu un effet plus fort sur la croissance des bactéries testées, ce qui a conduit à une plus grande zone d'inhibition. En revanche, les échantillons avec une concentration plus faible d'huile (1/4, 1/2, 1/8 et 1/16) peuvent avoir eu un effet plus faible sur les bactéries, ce qui a conduit à une zone d'inhibition plus petite. Mais Les résultats de l'étude ont montré que les huiles essentielles testées n'ont eu aucun effet significatif sur la croissance de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*.

Aussi le mélange des deux huiles essentielles a produit des résultats similaires à ceux des huiles individuelles en termes d'effet sur la croissance bactérienne, ce qui indique une possible synergie entre les composants actifs des deux huiles.

Tableau 13 : Zones d'inhibition de chaque bactérie (méthode 01) Original 2023.



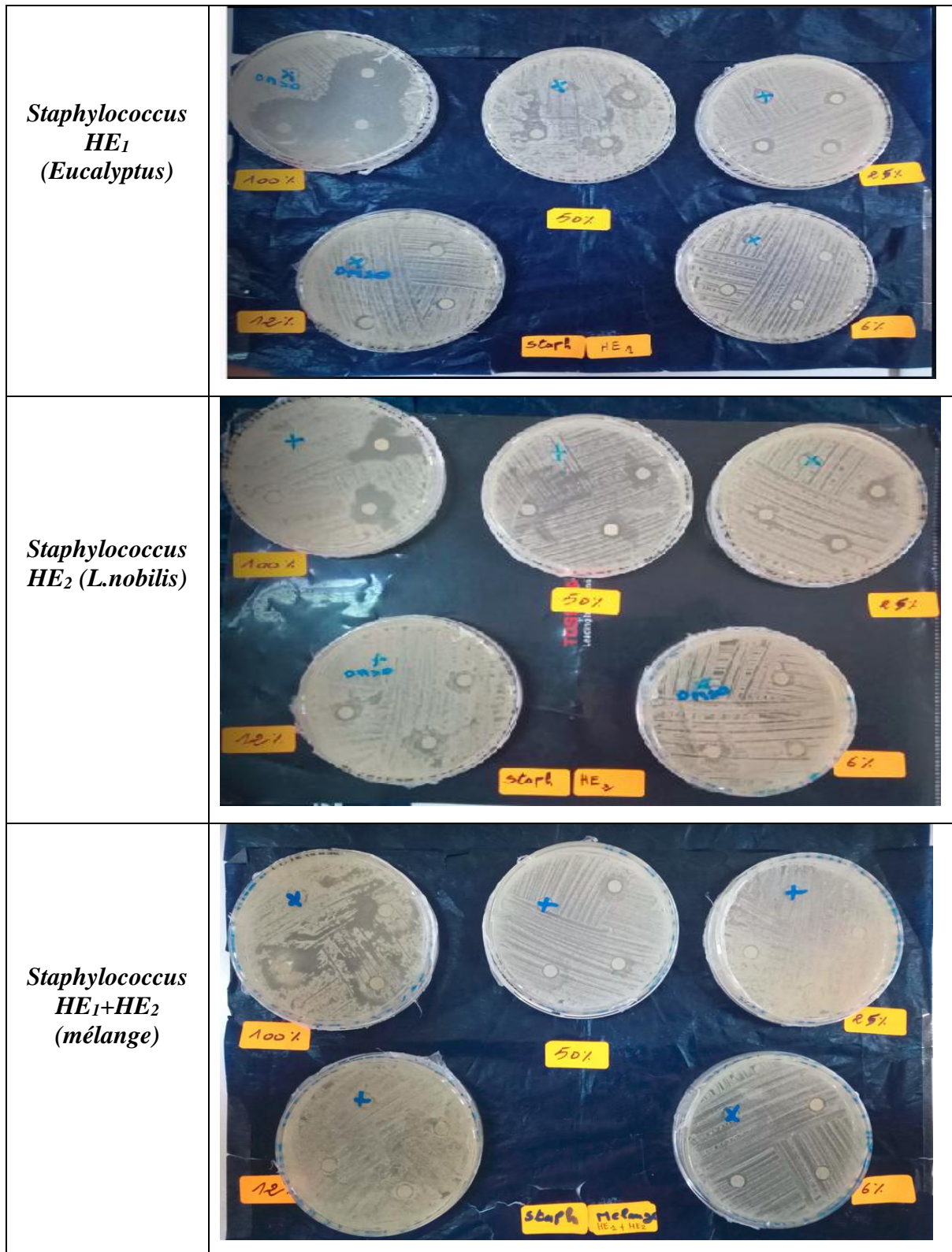
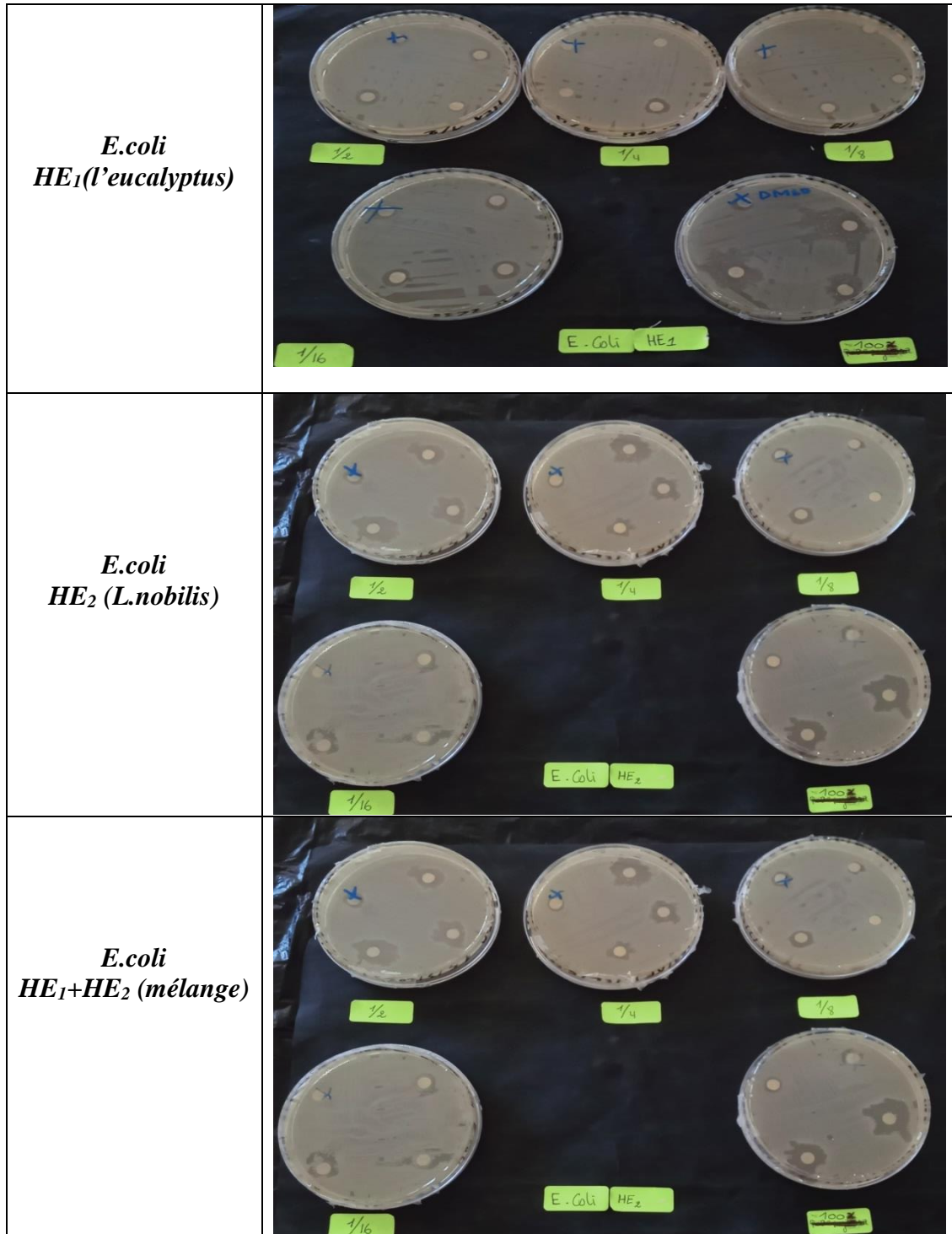
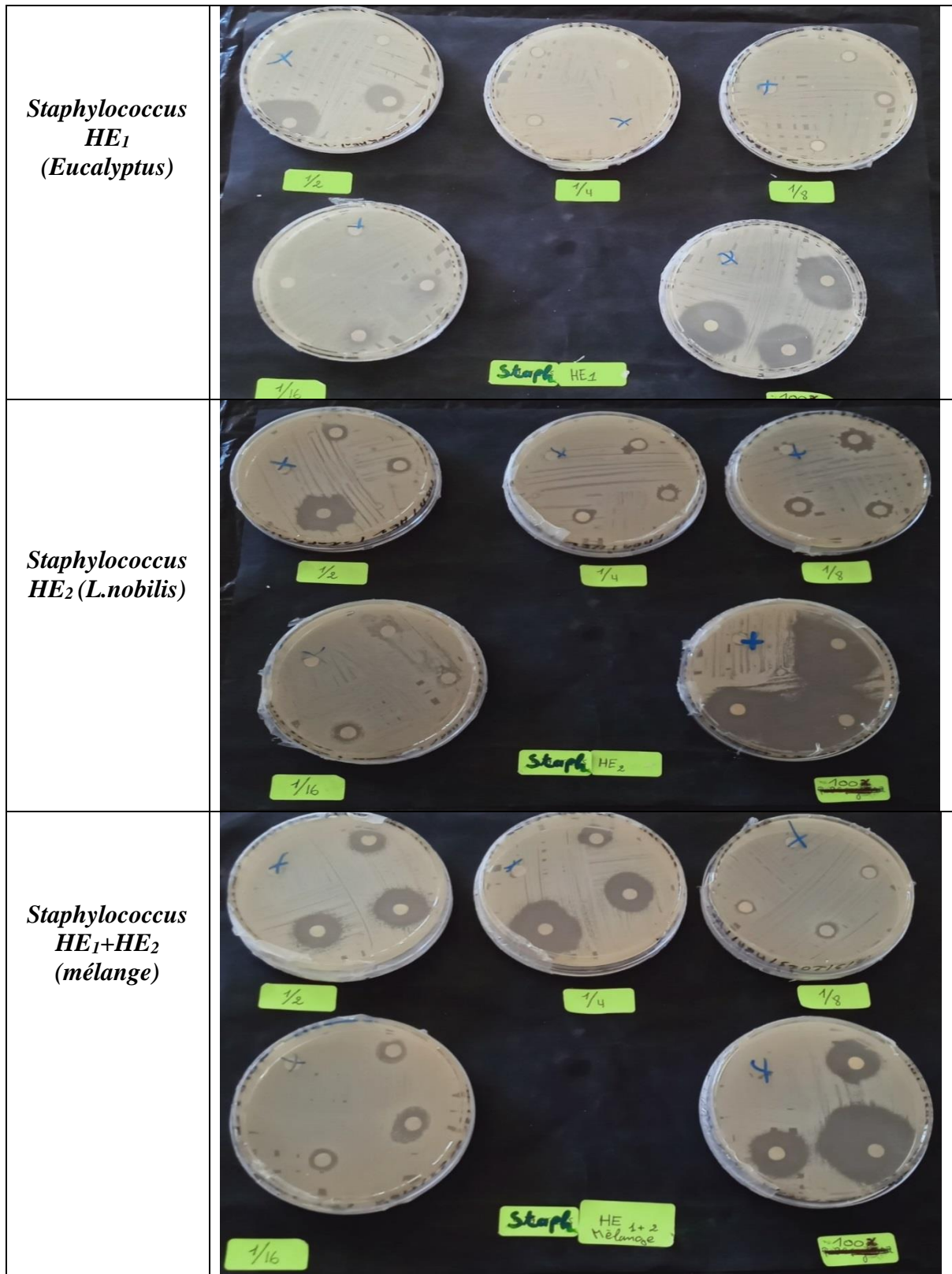
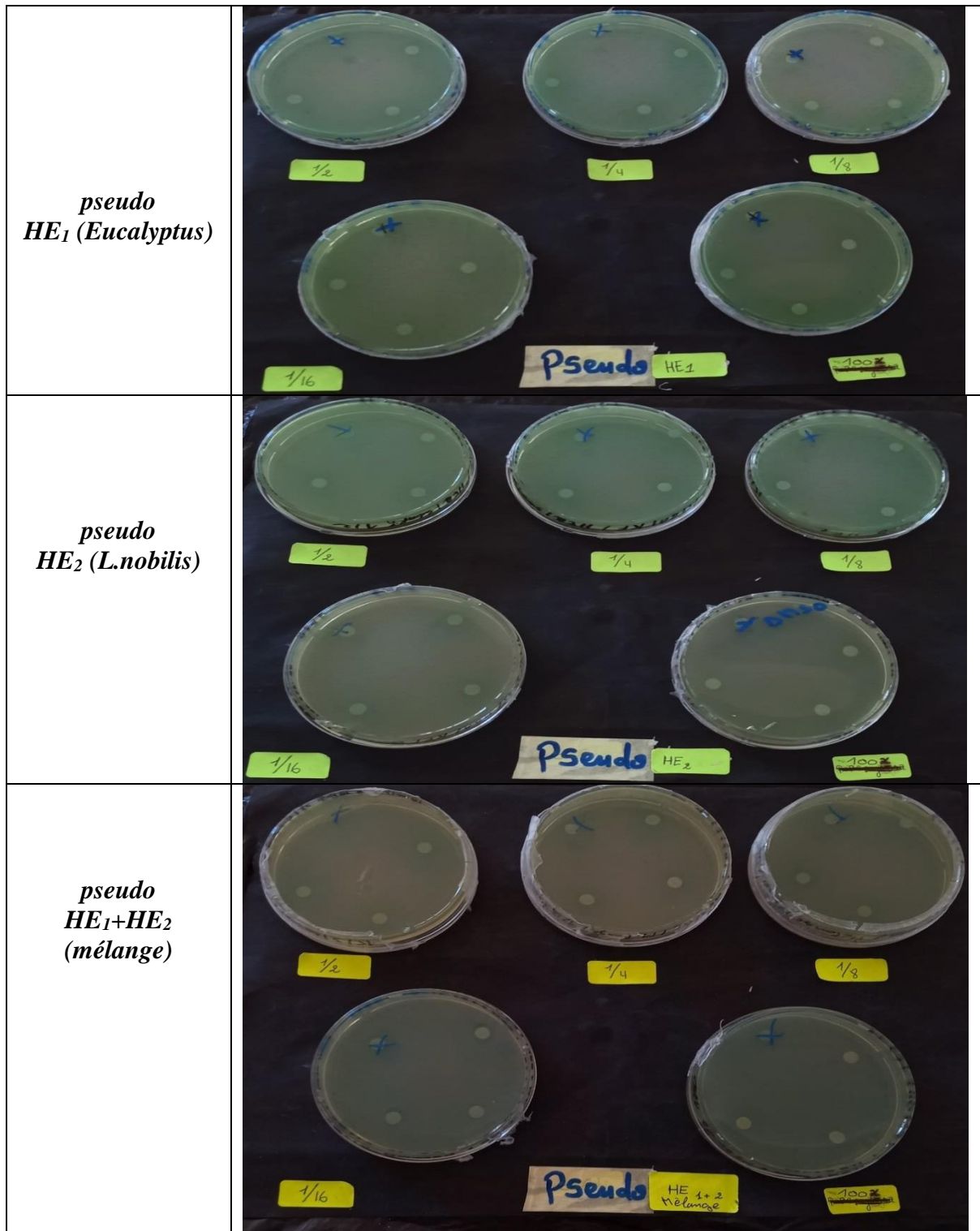


Tableau 14 : Zones d'inhibition de chaque bactérie (méthode 02) Original 2023







2. Discussion générale :

Les tableaux présentent des informations précieuses sur l'efficacité des différentes huiles essentielles contre les bactéries positives et négatives. Ils révèlent que chaque huile essentielle possède une action spécifique, démontrant des résultats variés selon le type de bactérie ciblée. Dans le tableau ci-dessus, il est intéressant de constater que l'huile essentielle d'Eucalyptus présente une efficacité remarquablement supérieure contre les bactéries positives par rapport aux bactéries négatives. En revanche, l'huile essentielle de laurier montre une efficacité prédominante contre les bactéries négatives. Ces résultats soulignent l'importance de choisir judicieusement les huiles essentielles en fonction de l'objectif thérapeutique visé, en tenant compte de leur spécificité d'action contre les différentes souches bactériennes. Par ailleurs, il est possible d'interpréter que l'huile essentielle d'eucalyptus présente une activité antimicrobienne étendue contre les bactéries. Les tests ont révélé une zone d'inhibition plus grande pour toutes les souches bactériennes testées par rapport à l'huile essentielle de laurier. Cette observation suggère un potentiel plus prometteur de l'huile d'eucalyptus en tant qu'agent antimicrobien. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour approfondir ces résultats et mieux comprendre les mécanismes d'action spécifiques des différentes huiles essentielles vis-à-vis des bactéries. Une telle démarche permettra d'évaluer avec précision leur efficacité et d'explorer leurs applications thérapeutiques potentielles. Par conséquent, il est important de noter que l'efficacité des huiles essentielles varie en fonction du type d'huile et de la souche bactérienne ciblée. Chaque huile essentielle présente des résultats différents contre différentes souches bactériennes. Il est donc important de considérer ces variations lors de l'évaluation et de l'utilisation des huiles essentielles comme agents antimicrobiens. Des recherches approfondies sont nécessaires pour comprendre les mécanismes d'action spécifiques des huiles essentielles et développer des stratégies ciblées en fonction des besoins médicaux. Une approche personnalisée permettra d'optimiser l'utilisation des huiles essentielles dans le traitement des infections bactériennes.

Conclusion et perspectives

L'extraction sur les huiles essentielles peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la plante utilisée, la méthode d'extraction spécifique et les conditions expérimentales. Par conséquent, il est essentiel de choisir une méthode d'extraction appropriée et de contrôler les paramètres d'extraction pour obtenir des huiles essentielles de haute qualité avec des profils chimiques et des propriétés souhaitables.

L'extraction peut influencer l'activité biologique des huiles essentielles, c'est-à-dire leur capacité à produire des effets pharmacologiques ou thérapeutiques. Certains composés volatils présents dans les huiles essentielles peuvent être sensibles à la chaleur ou à d'autres conditions d'extraction, ce qui peut affecter leur activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antioxydante ou autres. L'effet antibactérien des huiles essentielles a été évalué sur deux souches bactériennes en utilisant la méthode de diffusion en disque.

Les résultats obtenus de cette étude démontrent un pouvoir antibactérien significatif des huiles essentielles sur les souches bactériennes *Escherichia coli* et *Staphylococcus*.

Escherichia coli et *Staphylococcus* se sont révélés être très sensibles aux huiles essentielles, avec de bonnes zones d'inhibition mesurant respectivement 12,81 mm et 15,30 mm pour l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, et 17,37 mm et 12,82 mm pour l'huile essentielle de *Laurus nobilis*. Pour le mélange des deux huiles essentielles, la zone d'inhibition moyenne était de 12,29 mm pour *Escherichia coli* et de 15,61 mm pour *Staphylococcus*.

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Laurus nobilis*, ainsi que de leur mélange, dans l'inhibition de la croissance des souches bactériennes testées, en particulier *Escherichia coli* et *Staphylococcus*. Les zones d'inhibition observées indiquent un pouvoir antimicrobien important.

Ces observations soulignent l'intérêt potentiel des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Laurus nobilis*, ainsi que de leur combinaison, en tant qu'agents antibactériens pour lutter contre les infections causées par ces souches bactériennes spécifiques. Toutefois, il est important de noter que la sensibilité des bactéries aux huiles essentielles peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la concentration, la qualité des huiles et les conditions d'expérimentation.

En tant que perspectives, nous souhaitons développer les traitements à base de ces plantes en tenant compte des études précédentes et en utilisant des méthodes délibérées pour les améliorer. Aussi nous aspirons à développer nos capacités de recherche et à explorer de

nouveaux horizons pour approfondir notre compréhension des propriétés et des applications des huiles essentielles. Nous espérons ainsi contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques et ouvrir de nouvelles opportunités dans le domaine des thérapies naturelles.

REFERENCES

A

- Abu-Dahab R., Kasabri V., & Afifi F U., (2014).** Evaluation of the Volatile Oil Composition and Antiproliferative Activity of *Laurus nobilis* L.(Lauraceae) on Breast Cancer Cell Line Models. *Records of Natural Products*, 8(2)
- Adouani L., Merghadi I., & Mosbah C., (2021).** Etude des activités biologiques des extraits et l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* . Université oum el bouagh.
- Adwas A.A ., Elsayed A.S.I., Azab A.E and Quwaydi F.A ., (2019).** Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, 6(1): 43-47.
- Alejo-Armijo A., Altarejos J., Salido S., (2017).** Phytochemicals and Biological Activities of Laurel Tree (*Laurus nobilis*). *Natural Product Communications*,12(5): 743-757.
- Alitonou G., Avlessi F., Bokossa I., Ahoussi E., Dangou J., & Sohounhloué D.C., (2004).**Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Linn. *Comptes rendus chimie*, 7: 10–11.
- AFNOR. (2000).** Huiles essentielles, Monographies relatives aux huiles essentielles, 6^{ème} édition, AFNOR, Paris.

B

- Barla A., Topçu G., Öksüz S., Tümen G., Kingston D.G.I., (2007)** Identification of cytotoxic sesquiterpènes from *Laurus nobilis* L., *Food chemistry* 104 : 1487-1484.
- Beloued A., (2005).** Plantes médicinales d'Algérie. 5^{ème} édition. Ben aknoun (Alger): pp. 124-125.
- Briot C., (2016).** *Le laurier noble, plante des héros: aspects historiques, botaniques et thérapeutiques* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Bayala B., (2014).** Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-prolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II; Université Ouaga 1 Professeur Joseph Ki-Zerbo (Ouagadougou, Burkina Faso).
- Bellakhdar J., (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Idis PRESS (Ed). Paris, p. 764

- Bourrain J.L., (2013).** Allergies aux huiles essentielles : aspects pratiques. Revue Française d'Allergologie. 53: 30-32.
- Burt S.,(2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. International Journal of Food and Microbiology. 94: 223-253.
- Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4 ème édition, Paris: Lavoisier
- Boukhatem M. N., Ferhat A., & Kameli A. (2019).** Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles. revue de littérature, 3(4), 165
- Boukhatem M. N., Ferhat M. A., Kameli A., & Mekarnia M., (2018).** Eucalyptus globulus (Labill.): un arbre à essence aux mille vertus.
- Ben Jemâa J.M., Tersim N., Taleb Toudert K and Khouja M.L. 2012.** Insecticidal activities of essential oils from leaves of Laurus nobilis L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. Journal of Stored Products Research. 48: 97-104
- Burt S.,(2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. International Journal of Food and Microbiology. 94: 223-253
- Blois M. S., (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199-1200.
- Bouyahya A., Bakri Y., Et-Touys A., Talbaoui A., Khouchlaa A., Charfi S., Abrini J., and Dakka N., (2017).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. Pharmacologie, 3:1659.
- Bouyahya A., Bakri Y., Et-Touys A., Talbaoui A., Khouchlaa A., Charfi S., ... & Dakka N., (2018).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. Phytothérapie, 16(S1): S173-S183.
- Bouyahya A., Bakri Y., Et-Touys A., Talbaoui A., Khouchlaa A., Charfi S., ... & Dakka N., (2017).** Resistance to antibiotics and mechanisms of action of essential oils against bacteria. Phytothérapie, pp1-11.
- Bakkali F., Averbek S.,Averbek D., et Idaomar M. (2008).**Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2): 446-475
- Beraoud L., Tantaoui-Elaraki, A., & Bessiere, J. M., (1991).** Chemical composition of the essential oils of selected plant materials used in Moroccan cuisine. Revue Marocaine de Pharmacognosie d'Etudes Ethnomédicales et de botanique appliquée.
- Bigendako M.J., (2004).** Identification et Zonage des Eucalyptus Globulus au Rwanda.

C

- Caputo L., Nazzaro F., Souza L.F., Aliberti L., De Martino L., Fratianni F., Coppola F., Feo V., (2017).** Laurus nobilis: Composition of Essential Oil and Its Biological Activities. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, (22): 1-11.
- Carson C.F., Mee B.J., Riley T.V.,(2002).** Mechanism of action of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil on Staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, (46): 1914–1920.
- Chahal K. K., Kaur M., Bhardwaj U., Singla N., & Kaur A., (2017).** A review on chemistry and biological activities of Laurus nobilis L. essential oil. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(4): 1153-1161.
- Couic-Marinier F., & Lobstein A., (2013).** Composition chimique des huiles essentielles. Actualités pharmaceutiques, (52): 22-25.

D

- Damiani N., Fernández N. J., Porrini M. P., Gende L. B., Álvarez E., Buffa F., Brasesco C., D. Maggi M.D., Marcangeli J.A and Martín J. Eguaras M.J., (2013).** Laurel leaf extracts for honeybee pest and disease management: antimicrobial, and acaricidal activity. Journal Parasitology, (113): 701–709.
- Demir V., Guhan T., Yagcioglu A.K., Ddegirmencioglu A., (2004).** Mathematical modeling and the Determination of some Quality Paramaters of Air-dried Bay leaves. Biosystems Engineering, 88 (3) :325-335
- Degryse, A.C., Delpla, I., et Voinier M.A. (2008).** Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP, pp87
- Dacosta E., (2003).** Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta (éd). Paris, p317.
- Delattre C., (2005).** Les antioxydants: leurs propriétés et leurs utilisations. Revue Francophone des Laboratoires, pp 61-68.
- Dhakad A.K., Pandey V.V., Beg S and Rawat J.M., Singh A., (2017).** Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review. Journal of the science of food and Agriculture, 98(3):833-848
- Dorman H.J.D., Peltoketo A., Hiltunen, R., Tikkanen M.J., (2003).** Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. Food Chem, 83: 255-262.

- Djenane D., Lefsih K., Yangüela J., && Roncalés P., (2011).** Composition chimique et activité anti-Salmonella enteritidis CECT 4300 des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, de Lavandula angustifolia et de Satureja hortensis. Tests in vitro et efficacité sur les œufs entiers liquides conservés à 7±1 C. *Phytothérapie*, 9 (6): 343-353.
- **Daroui M.H., (2012).** Etude phytochimique et biologique des espèces Eucalyptus globulus (Myrtaceae), Smyrniolus atrum (Apiaceae), Asteriscus maritimus et chrysanthemum trifurcatum (Asteraceae). These de doctorat en biochimie appliquée. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie. pp 57.
- **Duraffourd C., D'Hervicourt L., Lappraz J.C., (1990).** Cahiers de phytothérapie clinique. Examen de laboratoire galénique. Elements thérapeutiques synergiques. 2^{ème} édition Masson (Paris), pp 87 .
- Damas Albert T ., Abalé Anatole T., Nathalie G., Calixte B., Mathieu Kra.A., (2013).**Évaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de Harungana madagascariensis sur la croissance de souches multi-résistantes. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, PP 82.

É

- Elhouiti F., (2017).** Valorisation des huiles essentielles de Rhanterium adpressum Goss. & Durieu par analyse chimique et étude de leurs bioactivités. Doctoral dissertation, Université de Amar telidji Laghouat, Algérie.
- **El haib, A. (2011).** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Ez-Zriouli R., ElYacoubi H., Imtara H., Mesfioui A., ElHessni A., Al Kamaly O., & Rochdi A., (2023).** Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities and Acute Toxicity of Cedrus atlantica, Chenopodium ambrosioides and Eucalyptus camaldulensis Essential Oils. *Molecules*, 28(7): 2974.
- EUCLID.** About eucalypts. [en ligne]. [Consulté le 7 janvier (2015)].

F

- Fang F., Sang, S., Chen K.Y., Gossiau A., Ho, C. T., & Rosen R.T., (2005).** Isolation and identification of cytotoxic compounds from Bay leaf (Laurus nobilis). *Food Chemistry*, 93(3): 497-501.
- Fidan H., Stefanova G., Kostova I., Stankov S., Damyanova S., Stoyanova A and**

Zheljazkov V. D., (2019). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Laurus nobilis* L. Essential Oils from Bulgaria. *Molecules*, 24(4) :804.

-**Favier A. 2003** Le stress oxydant: intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité chimique*, 108-117.

J

-**Juergens UR., Dethlefsen U.,Steinkamp U.,Gillissen A.,Repge R.,Vetter H., (2003) .** Anti-inflammatory activity of a 1.8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial, 97(3) :250-256

H

-**Haddouchi F., & Benmansour A., (2008).** Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Les technologies de laboratoire*, 3(8).

-**Hurabielle M., Malsot M., Paris M., (1981).** Contribution à l'étude chimique de deux huiles d'artémisia : *artémisia herba alba* asso et *artémisia vulgaris* linnaeus. Intérêt chimiotaxonomique. *Rivista italiana e.p.p.os*, 63(6): 296- 299.

-**He L., He T., Farrar S., Ji L., Liu T., Ma X., (2017).** Antioxidants Maintain Cellular Redox Homeostasis by Elimination of Reactive Oxygen Species. *Cellular Physiology and Biochemistry*; 44(2): 532-553

-**Horvathova E., Navarova J., Galova E., Sevcovicova A., Chodakova L., Snahnicanova Z., Melusova M., Kozics K et Slamenova D., (2014).** Assessment of antioxidative, chelating, and DNA-protective effects of selected essential oil components (eugenol, carvacrol, thymol, borneol, eucalyptol) of plants and intact *Rosmarinus officinalis* oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(28): 6632- 6639.

G

-**Ghania Y., (2011).** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. ET *Laurus nobilis* L. Mémoire de magister, Université El-Hadj Lakhdar Batna.

-**Guinoiseau E., (2010).** Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles: séparation, identification et mode d'action. Thèse de Doctorat, Université de Corse.

-**Giordani R., Hadeff Y., Kaloustian J., (2008).** Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79: 199-203.

- Gabriel I., Alleman F., Dufoureq V., Perrin F., Gabarrou J.F., (2013).** Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. 2. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. INRA Productions Animales, 26(1) : 13- 24
- Gautam R., Saklani A., and Jachak SM., (2007)** Indian medicinal plants as a source of antimycobacterial agents. Journal of Ethnopharmacology, 110: 200-234.
- Goudjil M.B., Ladjel S., Bencheikh S., Zighmi S., and Hamada D., (2015)** Study of the chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of the essential oil extracted from the leaves of Algerian *Laurus nobilis* Lauraceae. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(1): 379-385.

W

- Kivçak B., Mert T., (2002).** Preliminary evaluation of cytotoxic properties of *Laurus nobilis* leaf extracts. Fitoterapia, 73(3): 242-24
- Khaled B., (2020).** Extraction et étude phytochimique des huiles essentielles de certaines plantes steppiques et évaluation de leur efficacité comme biopesticides (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret.Algérie).
- Kalembe D. A. A. K., & Kunicka A., (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current medicinal chemistry, 10(10): 813-829.
- Kalembe D., Kunicka A., (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current medicinal chemistry, 10 (10): 813-829.
- Kozioł, N. (2015).** Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora*: qualité, efficacité et toxicité (Doctoral dissertation, Université de Lorraine, France).

L

- Lobstein A., Couic-Marinier F., & Briot C., (2017).** Huile essentielle de Laurier noble. Actualités pharmaceutiques, 56(571): 57-60.
- Larousse. Définitions : lauréat, lauréate [en ligne].** (Page consultée le 03/10/2015). Disponible sur:http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/laureat_laureate/46424
- Lucchesi M. E., (2005).** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et application à l'extraction des huiles essentielles (Doctoral dissertation, Université de la Réunion. France).
- Luís-A A., Duarte A., Gominho-b J., Domingues-A. F., Paula-Duarte A., (2016).** Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. Industrial Crops and

Product.79:274-282

-Luís Â., Duarte A.P., & Pereira L., (2015). GC-MS analysis of volatile compounds in essential oil and antioxidant activities of three aromatic plants. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(2): 143-153

m

-Muñiz-Márquez D. B., Martínez-Ávila G. C., Wong-Paz J. E., Belmares-Cerda R., Rodríguez-Herrera R., & Aguilar C. N., (2013). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Laurus nobilis* L. and their antioxidant activity. *Ultrasonics sonochemistry*, 20(5): 1149-1154.

-Maatallah S., Nasri N., Hajlaoui H., Albouchi A., & Elaissi A., (2016). Evaluation changing of essential oil of laurel (*Laurus nobilis* L.) under water deficit stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 91: 170-178.

-Mutai C., Christine B., Vagias C., Abatis D and Rouissis V., (2009). Antimicrobial activity of acacia mellifera extracts and lupine triterpens. *Journal of Ethnopharmacology*, 123(1):143-148

-Meksem N., (2018). Etude de l'effet Biopesticide Des Extraites Naturels de deux plante de la famille des Myrtacees : *Eucalyptus globulus*. *Eucalyptus camaldulensis*. These de Doctorat en Toxicologie Fondamentale et Appliquee . Universite BADJI MOKHTAR-ANNABA, pp18.

-Menager H., (1952). Les *Eucalyptus* dans le Gharb (Marc occidental). *Journal agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, pp309-355.

N

-Naeini A., Khosravi A.R., Chitsaz M., Shokri H., Kamlnejad M., (2009). Anti-*Candida albicans* activity of some Iranian plants used in traditional medicine. *Journal de Mycologie Médicale?* 19(3) :168-172

-Nebeg H., (2020). Contribution à l'étude des fractions polaire et apolaire de *Thapsia garganica*L (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

-Ngakegni-L. A . C., (2012). Etude de synergie des effets chimiques et biologiques des lipides de réserve et des huiles essentielles des fruits et graines saisonniers de la sous-région Afrique Centrale (Doctoral dissertation. Institut National Polytechnique de Toulouse, France).

D

- Ouibrahim A., Tlili-Ait kaki Y., Bennadja S., Mansouri R., Ait-kaki S., Khbizi S., Djebbar M., (2015).** Activité antioxydante et anti-candidosique de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* L. provenant de la région d'El Kala (Nord-Est Algérien). *Algerian Journal Of natural Products*, 3(3): 209-216.
- Ozcan B., Esen M., Sangun M., Coleri A., & Caliskan M., (2010).** Effective antibacterial and antioxidant properties of methanolic extract of *Laurus nobilis* seed oil. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 637-641.
- Olayinka E.T., Ore A., Ola O.S., Adeyemo O.A., & Agbaje E.O., (2012).** Chemical composition and antioxidant activities of essential oil of two varieties of *Lippia multiflora*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(21): 3751-3755.
- Oussou K.R., (2009).** Etude chimique et activité biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée Ivoirienne. Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, p 241.

P

- Percival S. L., Chalmers R., Hunter P. R., Sellwood J., & Wyn-Jones P., (2004).** *Microbiology of waterborne diseases*. 2^{ème} édition, San Diego, CA, USA: Elsevier academic press.
- Pauline E., (2019).** L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'Officine. thèse de docteur en pharmacie. La faculté de pharmacie de marseille, pp 40-77.
- Ponce A.G., Fritz R., Delvalle C., Roura S.I., (2003).** Antimicrobial activity of Essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LebensmittelWissenschaft and Technologic*, 36:679-684.

Q

- Quezel P., & Santa S., (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. 565
- Qnais E.Y., Abdulla F.A., Kaddumi E.G., & Abdalla S.S., (2012).** Antidiarrheal activity of *Laurus nobilis* L. leaf extract in rats. *Journal of Medicinal Food*, 15: 51-57.
- Quintans, J. S., Shanmugam, S., Heimfarth, L., Araújo, A. A. S., Almeida, J. R. D. S., Picot, L., & Quintans-Júnior, L. J., (2019).** Monoterpenes modulating cytokines- A review. *Food and chemical toxicology*, 123: 233-257.

S

- Simiü M., Kundakoviü T., Kovapeviü N. (2003)** Preliminary assay on the antioxidant activity of *Laurus nobilis* extracts. *Fitoterapia*, 74: 613-616
- Sánchez-Moreno C., (2002)**. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3): 121-137.
- Secula M. C., Cagnon B., Crețescu I., Diaconu M., & Petrescu S., (2011)**. Studii și Cercetări Științifice Chimie și Inginerie Chimică. *Biotehnologii Industrie Alimentară*, 12: pp 307.
- Sicard D., (2012)**. Caractérisation par microscopie à force atomique des arrangements protéine/sucre impliquant la lectine PA-IL de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*. Doctoral dissertation, Ecole Centrale de Lyon.

T

- Taylor T.A., & Unakal C. G. (2022)**. *Staphylococcus aureus*. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing.
- Tesche. S, Metternich. F., (2008)**. The value of herbal medicines in the treatment of acute non-purulent rhinosinusitis. Results of a double-blind, randomised, controlled trial. *Arch.Otorhinolaryngo*, 265 :1355-1359.
- Trabut M. L. (1914)**. Naturalisation d'un *Eucalyptus* en Algérie : *Eucalyptus algeriensis* trab. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 61:5.

U

- Uter W., Schmidt E., Geier J., Lessmann H., Schnuch A., Frosch P., (2010)**. Contact allergy to essential oils: current patch test results (2000-2008) from the Information Network of Departments of Dermatology (IVDK). *Contact Dermatitis*, 63(5), 277-283.

V

- Valnet M., Salmerón M., (2003)**. Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth. *International Journal of Food Microbiology*, 85:73-81.

W

- Wollinger A., Perrin É., Chahboun J., Jeannot V., Touraud D., And Kunz W., (2016)**. Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. leaves determined by DPPH assays. *Comptes Rendus Chimie*, 19 (6): 754–765.
- Wilkinson JM., (2006)**. Methods for testing the antimicrobial activity of extracts. Dans:

"Modern phytomedicine turning medicinal plants into drugs". Eds. Ahmad I.; chap: 8, PP: 157-169.

Y

- Yala J. F., Mabika R. M., Camara B., Souza A., Lepengue A. N., Seydou T., kone D & Mâ, B. (2016).** In vitro antibacterial activity of *Cymbopogon citratus*, *eucalyptus citriodora*, *Lippia multiflora*, *melaleuca quinquenervia* essential oils and neco on extended-spectrum-lactamases producing or non-producing bacterial strains. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(43): 796-804
- Yakhlef .G , S. Laroui, L. Hambaba, M.-C. Aberkane, A. Ayachi., (2011).** Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie*, 9:209-218