



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biochimie et biologie cellulaire et moléculaire قسم : الكيمياء الحيوية الخلوية و الجزيئية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques / Biotechnologies / Écologie et Environnement

Spécialité : Biochimie appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Présenté par : Messabhia Ali Mokhtar

Le : 12/06/2024

Bouacha Mohamed Redha

Jury d'évaluation :

Président : Dr KASSA LAOUAR Mounia (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Dr ZAGHBID Nassim Lotfi (MCB - U Constantine 1 Frères Mentouri)

Examineur(s): BOUCHOUKH Aya Sofia (Vacataire - U Constantine 1 Frères Mentouri).

**Année universitaire
2023 - 2024**

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la force et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sentiments les plus vifs et les plus sincères pour remercier notre encadreur Dr Zeghbid pour sa gentillesse, son soutien et ces conseils tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements pour Dr Kassah d'avoir accepté de juger ce travail et de faire partie du jury. Nos vifs remerciements pour Dr Bouchoukh d'avoir accepté de faire partie du jury.

Notre respect et notre reconnaissance pour nos enseignants de la filière de biochimie.

Nos remerciements les plus sincères pour Mme OUELBANI rayene, pour leurs conseils et leur précieuse aide.

A tous nos collègues du master de la promotion 2023-2024.

A tous ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Avec une profonde gratitude et des mots sincères,

je dédie ce travail

*à la mémoire de ma grand-mère bien-aimée, **Djamila Haded**, épouse **Messabhia**, qui vient de nous quitter. Son amour, son soutien et ses encouragements ont été une source d'inspiration tout au long de ma vie. Que Dieu lui accorde le repos éternel et apporte réconfort et force à ma famille en cette période difficile*

Un grand merci à mes parents pour tous leurs sacrifices et leur soutien tout au long de mes études.

*À mon père **Messabhia sifeddine**, à qui rien au monde ne se compare à l'effort qu'il a fourni jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Que Dieu vous procure bonne santé et longue vie.*

*À ma mère **Messabhia Djamila** pour son amour inestimable, sa confiance, son soutien, ces sacrifices et toutes les valeurs qu'elle m'a inculqué. Que Dieu vous bénisse avec une bonne santé et une longue vie.*

*À mes sœurs **Sara, Lina et Maroua** pour son encouragement permanent, et son soutien moral.*

J'implore Allah de t'accorder un avenir meilleur. À mes chers amis qui me rendent la vie plus belle, sans exception. À tous ceux qui m'ont soutenu, de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification d' <i>E camaldulensis</i>	29
Tableau 2 : Parents hydrocarbonés des terpènes des huiles essentielles	39
Tableau 3: Matériels et produits utilisés.....	45
Tableau 4: Les différentes souches utilisées dans le test antibactérien	49
Tableau 5: Matériel et produits utilisés dans le test antibactérien.....	50
Tableau 6: Concentrations de l'HE utilisées.	55
Tableau 7: Degrés des sensibilités de la croissance microbienne et leur diamètres des zones d'inhibition.....	58
Tableau 8: Charges des disques par les antibiotiques utilisés	59
Tableau 9: Rendement de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	61
Tableau 10: Rendement d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> dans différentes régions d'Algérie.	62
Tableau 11: Diamètres des zones d'inhibitions des HEs d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	64
Tableau 12: Diamètre des zones d'inhibition de l'antibiogramme en (mm).....	66

Liste des figures

Figure 1 : Les plantes médicinales couramment utilisées.....	17
Figure 2 : Structure de base des flavonoïdes.	21
Figure 3 : Principales classes des flavonoïdes	22
Figure 4: Propriétés des polyphénols.....	24
Figure 5: L' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh (Gommier Camaldoli).....	29
Figure 6: Arbre d' <i>E camadulensis</i>	30
Figure 7: Tronc et écorce d' <i>E camaldulensis</i>	31
Figure 8: Les feuilles d' <i>E camaldulensis</i>	31
Figure 9: Fleurs et Fruits d' <i>E camaldulensis</i>	32
Figure 10: Distribution naturelle du genre <i>Eucalyptus</i>	33
Figure 11: Répartition d' <i>E camaldulensis</i> dans le monde	34
Figure 12 : Montage d'extraction par hydrodistillation	40
Figure 13 : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau	40
Figure 14: Feuilles d' <i>E camaldulensis</i>	44
Figure 15 : Huile essentielle d' <i>E camaldulensis</i>	46
Figure 16: Hydrodistillation, A : Clevenger ; B : Schéma représentatif du Clevenger	46
Figure 17: Tube en verre contenant de l'huile essentielle d' <i>E camaldulensis</i> recouvert d'aluminium pour une conservation à 04°C	48
Figure 18 : Aromatogramme sur gélose MH	51
Figure 19 : La gélose de Mueller Hinton stérile est coulée dans des boites de pétri	52
Figure 20 : Préparation des disques.	53

Figure 21 : Préparation de la suspension bactérienne.....	53
Figure 22 : Ensemencement sur milieu solide.....	54
Figure 23 : Préparation des dilutions.....	55
Figure 24 : Numérotation des boites de pétri et Placement des disques dans les boites.....	56
Figure 25 : schéma récapitulatif du protocole.....	57
Figure 26 : Les différentes zones d'inhibition microbienne.....	57
Figure 27 : Activité antibactérienne de différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur les souches bactériennes testées.....	65
Figure 28 : Résultats de l'antibiogramme.....	67

Liste des abreviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

C° : Degré Celsius

CO₂ : Dioxyde de carbone

D : Diamètre

DMSO : Diméthylsulfoxyde

E : Eucalyptus

G : Gramme

H : Heure

HE : Huile essentielle

HEs: Huiles essentielles

MC Farland : MAC Farland

MVF : masse du matériel végétal

mm : millimeter

MH : Muller Hinton

min : minute

ml : millilitre

RHE : Rendement en huile essentielle

µl : Microlitre

µg : Microgramme

% : Pourcentage

Table des matières

<i>Remerciements</i>	2
<i>Dédicace</i>	3
<i>Liste des tableaux</i>	4
<i>Liste des figures</i>	5
<i>Liste des abréviations</i>	7
<i>Introduction</i>	12

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Plantes médicinales.....	16
1.1 Généralités.....	16
1.2 Définition.....	16
1.3 Médecine traditionnelle.....	18
1.3.1 Médecine traditionnelle en Afrique.....	18
1.3.2 Médecine traditionnelle au Maghreb.....	18
1.3.3 Médecine traditionnelle en Algérie.....	19
1.4 Principes actifs des plantes médicinales.....	20
1.4.1 Alcaloïdes.....	20
1.4.2 Flavonoïdes.....	21
1.4.3 Tanins.....	22
1.4.4 Lignines.....	23
1.4.5 Terpènes.....	23
1.4.6 Composés phénoliques.....	23
1.4.7 Coumarines.....	24
1.4.8 Anthocyanes.....	24
1.4.9 Saponosides.....	25

1.4.10	Huiles essentielles	25
1.4.11	Substances amères	26
1.4.12	Mucilages végétaux	26
1.4.13	Vitamines, minéraux, fibres et autres.....	26
1.5	Avantages et inconvénients de la phytothérapie	26
1.5.1	Avantages.....	26
1.5.2	Inconvénients.....	27
2.	Description du genre <i>Eucalyptus</i>	27
2.1	Généralités.....	27
2.2	Étymologie	28
2.3	Appellations locales	28
2.4	<i>Eucalyptus camadulensis</i> Dehnh.....	28
2.4.1	Taxonomie et morphologie.....	29
2.4.2	Répartition géographique d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	33
2.4.3	Importance et utilisation d' <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> :	35
3.	Généralités sur les huiles essentielles	37
3.1	Définition	38
3.2	Composition chimique des huiles essentielles	38
3.3	Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	39
3.3.1	Hydrodistillation.....	39
3.3.2	Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	40
3.3.3	Extraction par micro-ondes	41
3.3.4	Extraction par CO2 supercritique	41
3.3.5	Expression à froid.....	41

Chapitre II : Matériels et méthodes

4.	Extraction de l'huile essentielle	44
4.1	Matériel végétal.....	44
4.2	Matériel et produits du laboratoire	45
4.3	Méthode d'extraction	45
4.3.1	Principe de l'extraction par hydrodistillation	45
4.3.2	Protocole.....	47
4.3.3	Détermination et calcul du rendement.....	47
4.3.4	Conservation des huiles essentielles.....	48
5.	Procédés d'étude microbiologique	49
5.1	Matériel microbienne	49
5.2	Matériel et produits du laboratoire	50
6.	Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles	50
6.1	Méthode de diffusion sur milieu gélosé (Aromatogramme)	50
6.2	Protocole.....	52
6.2.1	Stérilisation du matériel	52
6.2.2	Préparation des boîtes de pétri.....	52
6.2.3	Préparation des disques	53
6.2.4	Préparation de la suspension bactérienne	53
6.2.5	Ensemencement	54
6.2.6	Préparation des dilutions par DMSO.....	54
6.2.7	Dépôt des disques	56
6.2.8	Expression des résultats.....	57
6.3	Etude de la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques (Antibiogramme).....	58

Chapitre III: Résultats et discussion

7.	Détermination du rendement de l'HE d'Eucalyptus camaldulensis	61
8.	Résultat de l'activité antibactérienne	63
9.	Antbiogramme.....	66
	<i>Conclusion</i>	68
	<i>Références bibliographiques</i>	71
	<i>Résumé</i>	81

Introduction

La phytothérapie ou médecine par les plantes est employée par les différentes civilisations tout au long de l'histoire afin de prévenir et de soigner les maladies (**Alami et Chait, 2017**). L'homme est appuyé sur la nature pour satisfaire ses besoins de survie, en se nourrissant des fruits et des légumes, en se chauffant de bois et en se soignant des plantes de son environnement (**Jamshidi-Kia et al., 2018 ; Najem, et al., 2018**). La phytothérapie est basée sur des extraits des plantes et des principes actifs naturels. Cette pratique ancienne continue de se développer, car les plantes offrent une vaste gamme de composés potentiels appelés métabolites. Ces plantes constituent un immense réservoir de potentiel médicinal (**Jamshidi-Kia et al., 2018 ; Tareau, 2019 ; Boukhatem et Setzer, 2020 ; Agidew, 2022**).

Le secteur des plantes médicinales et aromatiques est principalement axé sur des marchés tels que la parfumerie, les cosmétiques, l'agroalimentaire et l'aromathérapie (**Ghimire et al., 2016 ; Taleb, 2017**). L'aromathérapie utilise les propriétés thérapeutiques des substances aromatiques, telles que les essences et les huiles essentielles, au bénéfice des individus (**Aćimović, 2021**). Les huiles essentielles ont attiré l'attention pour leur rôle dans le traitement des maladies infectieuses qui sont de moins en moins bien traitées par les antibiotiques de synthèse. En outre, elles servent de substitut naturel aux produits chimiques synthétiques dans la conservation des aliments contre l'oxydation (**Taleb, 2017 ; Boukhatem et Setzer, 2020 ; Aćimović, 2021**). Les plantes jouent un rôle essentiel dans la vie humaine, offrant une multitude d'avantages. Elles sont employées dans une variété d'industries, y compris l'alimentation et la médecine. L'exploitation du potentiel des plantes médicinales constitue une alternative non toxique et respectueuse de l'environnement aux produits synthétiques qui reposent sur des ingrédients chimiques potentiellement nocifs (**Faye, 2010 ; Menaceur et Hazzit, 2014 ; Benbelaid et al., 2016 ; Gaamoune et Nouioua , 2018 ; Messaouda, 2019**).

L'Eucalyptus est l'une des plantes médicinales les plus couramment employées à l'échelle mondiale. Elle est fréquemment employée dans différents produits de la vie quotidienne, tels que les produits ménagers et de soins corporels, les bonbons, les peintures, les bouquets et les médicaments (**Erau, 2019**). Les extraits des feuilles d'eucalyptus sont largement employés dans la médecine traditionnelle depuis des siècles, notamment pour traiter la grippe et diminuer l'inflammation. Les bien-

faits de l'huile essentielle d'eucalyptus ont été mis en évidence par des nombreuses études, telles que ses propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anti-infectieux, antispasmodiques et acaricides (**Atmani-Merabet, 2018 ; Atmani-Merabet et al., 2020**).

La plante médicinale *Eucalyptus camaldulensis*, qui fait partie de la famille des Myrtacées, est couramment cultivée en Algérie et dans d'autres régions du monde en raison de ses propriétés médicinales et de ses huiles essentielles (**Jesus cardenas, 2017**).

Les huiles essentielles dérivées de l'eucalyptus sont très recherchées en raison de leurs diverses propriétés biologiques. Par conséquent, elles sont largement disponibles dans divers points de vente, bien que leur qualité puisse varier (**Koziol, 2015**). Les huiles essentielles d'eucalyptus sont réputées pour leurs propriétés antimicrobiennes et comptent parmi les huiles essentielles les plus utilisées sur le marché. Dans l'ensemble, l'eucalyptus est une plante précieuse qui possède une multitude d'attributs bénéfiques, en particulier dans le domaine des produits végétaux naturels (**Dmitrović et al., 2015 ; Azim et Balah, 2016 ; Hazrati et al., 2017 ; Benchaa, 2021**).

Notre étude vise à extraire des huiles essentielles à partir des plantes aromatiques et médicinales présentes sur le territoire, en mettant l'accent sur l'*Eucalyptus camaldulensis*, qui possède de nombreuses utilisations nutritionnelles, cosmétiques et thérapeutiques. Notre objectif est de tester l'efficacité de l'activité antibactérienne des huiles essentielles extraites des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* par hydrodistillation contre différentes souches bactériennes. Le choix de cette plante est motivé par sa richesse en composés actifs et ses multiples et importantes activités biologiques (**Bouzabata et al., 2014 ; Koziol, 2015**).

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Plantes médicinales

1.1 Généralités

Tout au long de l'histoire, les plantes est utilisées par l'homme pour leurs propriétés thérapeutiques. En effet, la seule médecine disponible était la médecine naturelle jusqu'à il y a environ deux cents ans. Ainsi, l'usage et les effets des plantes médicinales ont fait l'objet d'une vaste étude et d'enregistrements, ce qui a entraîné leur évolution en tant que traitements efficaces. Depuis toujours, ces plantes ont joué un rôle essentiel dans la culture de diverses époques et civilisations, ce qui en fait un patrimoine précieux pour l'humanité, et plus particulièrement pour de nombreux gens. Non seulement les plantes médicinales ont des propriétés thérapeutiques pour le traitement des maladies, mais elles sont également une source essentielle de matières premières pour la recherche et la fabrication de nouvelles substances médicinales. Ainsi, l'emploi des plantes médicinales demeure essentiel dans les soins de santé et possède une longue histoire dans la médecine traditionnelle (**Jamshidi-Kia et al. 2018 ; Agidew, 2022 ; Bouhaous, 2022**).

1.2 Définition

Les plantes médicinales se distinguent par la présence d'un ou de plusieurs principes actifs, pouvant être utilisées à l'état frais ou séché. Leur efficacité découle de la diversité de leurs composés, variant d'une espèce à l'autre et offrant des bienfaits thérapeutiques variés (*Figure 1*). Parmi les exemples, citons l'eucalyptus pour la toux et le pavot pour soulager la douleur (**Oullali et Chamek, 2018**).

Cependant, une plante thérapeutique ne se limite pas à une simple plante ; elle peut également être un arbre, un buisson, un champignon, un légume, une racine ou une algue. Ainsi, l'utilisation d'espèces botaniques, c'est-à-dire toute espèce végétale, qu'elle soit cultivée ou non, à des fins thérapeutiques est envisagée. Par conséquent, il est nécessaire de mettre en œuvre des méthodes de biolo-

gie cellulaire, de biochimie, de biologie moléculaire et de culture cellulaire in vitro afin de démontrer la sécurité des médicaments à base de plantes (BOUHAOUS, 2022).

Selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), sur les quelque 20 000 plantes reconnues pour leurs vertus médicinales à travers le monde, seules 2 000 à 3 000 ont fait l'objet d'études scientifiques (Oullali et Chamek, 2018).

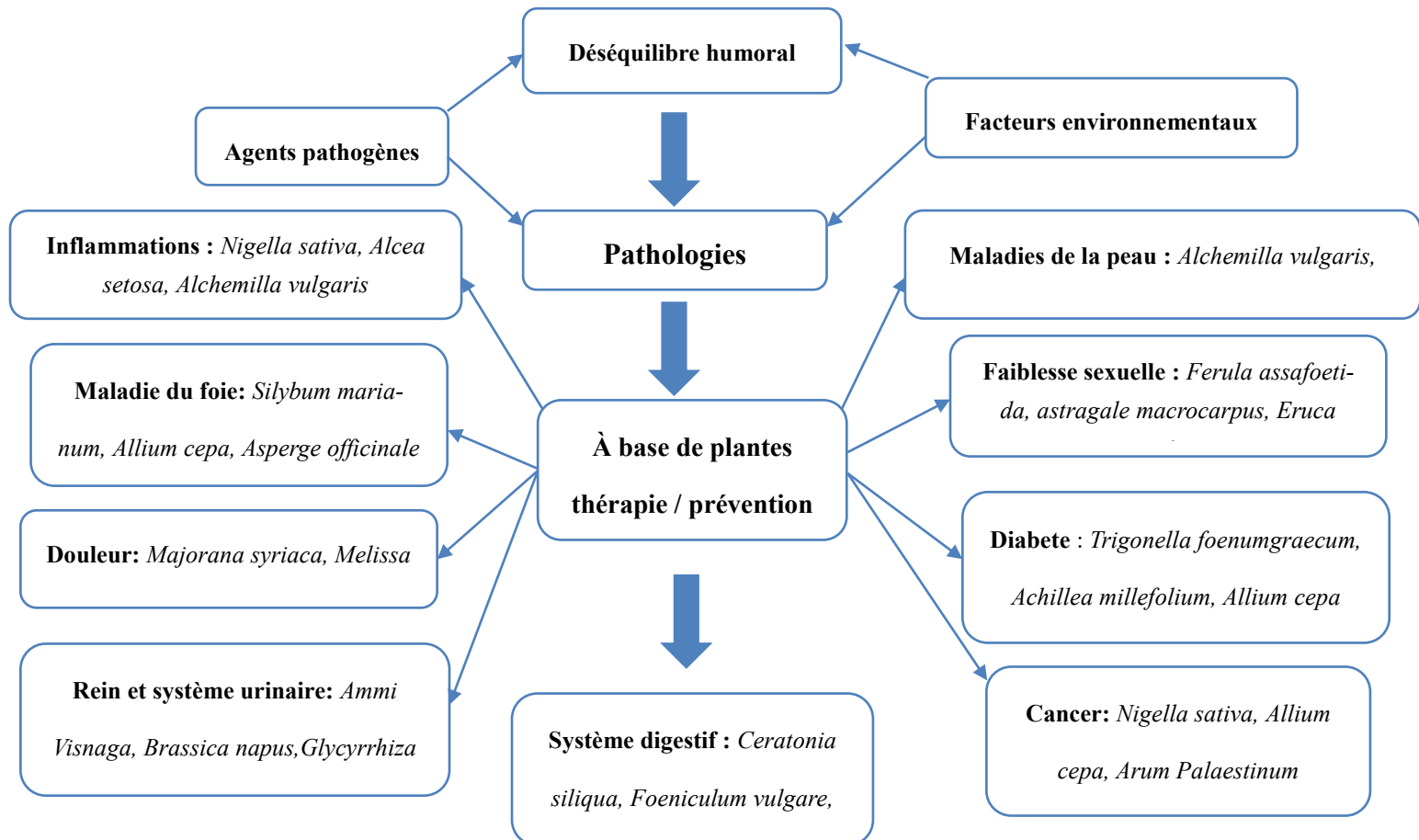


Figure 1 : Les plantes médicinales couramment utilisées (BOUHAOUS, 2022).

1.3 Médecine traditionnelle

La médecine traditionnelle englobe un corpus de savoirs, de compétences et de pratiques fondées sur les théories, les croyances et les expériences propres à chaque culture. Elle vise à préserver la santé, diagnostiquer, traiter et guérir les maladies physiques et mentales des individus (Oullali et Chamek, 2018). Les traitements naturels sont souvent considérés comme plus efficaces que les traitements chimiques. En effet, leurs composés actifs sont constamment équilibrés biologiquement grâce à la présence de substances annexes et à leurs interactions réciproques. Cela signifie qu'ils ne s'accumulent généralement pas dans l'organisme et ont des effets néfastes limités, à l'exception des plantes vénéneuses. Les médicaments à base de plantes sont largement utilisés dans 70 à 95 % des pays en développement pour les soins de santé et près de 75 % utilisés selon des pratiques traditionnelles pour se soigner, en se basant sur la flore locale. De plus, des connaissances en botanique médicinale commencent à émerger de l'empirisme, ces connaissances étant d'abord acquises de manière individuelle et familiale avant d'être transmises (BOUHAOUS, 2022).

1.3.1 Médecine traditionnelle en Afrique

Les pratiques de guérison au sein des sociétés traditionnelles africaines ont souvent été désignées comme des formes de sociothérapies, car elles ciblent non pas un individu en particulier, mais l'ensemble du groupe auquel cet individu appartient. Elles sont également décrites comme étant de nature magico-religieuse, dans la mesure où toutes les maladies sont perçues comme étant plus ou moins liées à des phénomènes surnaturels (Oullali et Chamek, 2018).

1.3.2 Médecine traditionnelle au Maghreb

La médecine traditionnelle dans le Maghreb a été élaborée bien avant l'arrivée des Arabes, avec les Berbères employant des méthodes thérapeutiques qui perdurent encore aujourd'hui. Les remèdes régionaux reposent principalement sur les connaissances locales en matière de soins, enracinées dans la culture populaire et la médecine arabe traditionnelle. Ils reflètent l'histoire des Maghrébins ainsi que les caractéristiques de leur environnement naturel. Les plantes demeurent un élément

fondamental des pratiques médicales traditionnelles et de la vie quotidienne des habitants de cette région du monde (Oullali et Chamek, 2018).

1.3.3 Médecine traditionnelle en Algérie

L'Algérie bénéficie d'un climat exceptionnellement varié, offrant une diversité de plantes présentes dans les régions côtières, montagneuses et même sahariennes (BOUHAOUS, 2022).

Les plantes revêtent une importance cruciale dans la médecine traditionnelle en Algérie, largement utilisée dans divers domaines de la santé. Des études anciennes et récentes mettent en lumière l'utilisation de nombreuses plantes médicinales pour traiter et prévenir diverses maladies. Au fil des ans, la phytothérapie classique a gagné en popularité dans le pays. Selon les données recueillies auprès du Centre national du registre de commerce, fin 2009, l'Algérie comptait 1 926 vendeurs spécialisés dans la vente d'herbes médicinales, dont 1 393 étaient des vendeurs sédentaires et 533 étaient des vendeurs ambulants. La capitale elle-même abritait le plus grand nombre de magasins, avec 199, suivie des wilayas de Sétif (107), Bechar (100) et El Oued (60) (Oullali et Chamek, 2018).

1.4 Principes actifs des plantes médicinales

Les principes actifs sont des constituants présents dans une substance végétale ou dans une préparation à base de plantes, utilisés dans la fabrication de médicaments. Ils possèdent des propriétés thérapeutiques curatives ou préventives pour les êtres humains ou les animaux. Souvent, ces composés sont présents en faible quantité dans la plante, mais ils en constituent l'élément principal. Parfois, une extraction est nécessaire pour isoler la partie bénéfique de la plante (Oullali et Chamek, 2018). En effet, en plus des métabolites primaires classiques tels que les glucides, les protides et les lipides, elles accumulent souvent des métabolites secondaires (BOUHAOUS, 2022). Il existe plusieurs catégories utilisées pour classer les métabolites secondaires, notamment les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. Chacune de ces catégories englobe une grande diversité de composés qui présentent une multitude d'activités biologiques chez l'homme (Oullali et Chamek, 2018).

1.4.1 Alcaloïdes

Les alcaloïdes forment l'un des groupes de principes actifs les plus importants de la matière médicale, sont des dérivés d'acides aminés tels que le tryptophane, l'ornithine, la lysine, l'aspartate, l'anthranilate, la phénylalanine et la tyrosine (Agidew, 2022). Souvent, ce sont des bases azotées hétérocycliques, qui présentent une activité pharmacodynamique notable. En règle générale, ils agissent comme des poisons végétaux avec des effets spécifiques (Oullali et Chamek, 2018). Les alcaloïdes jouent un rôle central dans de nombreuses plantes médicinales ou toxiques telles que la quinine et la cocaïne, et sont à l'origine de nombreux médicaments utilisés dans la thérapie moderne. Par exemple, la morphine issue de l'opium de *Papaver somniferum* a été découverte en 1805, et des dérivés tels que la codéine et l'héroïne, tous deux issus de la morphine, sont également utilisés, bien que ces derniers soient toxiques (BOUHAOUS, 2022).

1.4.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes, dérivés du terme latin "flavus" signifiant jaune, sont largement répandus dans le règne végétal et sont des pigments polyphénoliques qui contribuent notamment à la coloration des fleurs et des fruits (Oullali et Chamek, 2018). Les flavonoïdes représentent un vaste groupe de composés polyphénoliques possédant une structure benzoyl- γ -pyrone et sont présents dans pratiquement toutes les plantes, étant synthétisés par la voie des phénylpropanoïdes (figure 2). Selon les informations disponibles, il apparaît que les métabolites secondaires à caractère phénolique, comme les flavonoïdes, contribuent à la variété des formes pharmacologiques. Les flavonoïdes sont des composés phénoliques hydroxylés produits par les plantes en réponse à une infection microbienne (Agidew, 2022).

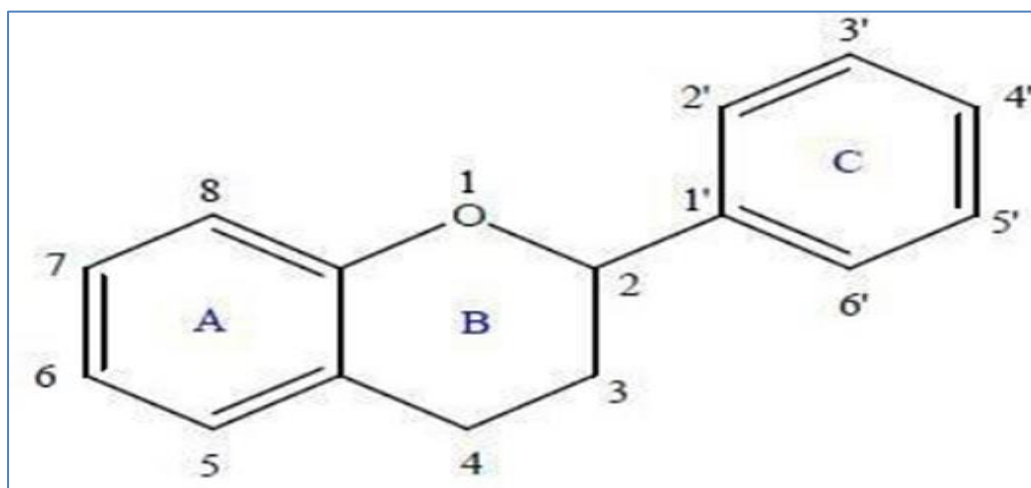


Figure 2 : Structure de base des flavonoïdes (BOUHAOUS, 2022).

Les flavonoïdes sont classés en quinze familles distinctes, comprenant notamment les flavonols, les flavones, les flavanones, les flavannonols, les isoflavones, les isoflavannones, les chalcones et les anthocyanes (Figure 3). Leur intérêt a suscité de nombreuses recherches. De récents essais de reconstruction des voies métaboliques des flavonoïdes ont également montré des résultats prometteurs dans la production de ces composés. Par exemple, une voie hybride combinant des enzymes issues d'une levure, d'un streptomycète et d'une plante a été exploitée avec succès pour créer la première voie de production de flavonoïdes modifiés chez *E. coli* (BOUHAOUS, 2022).

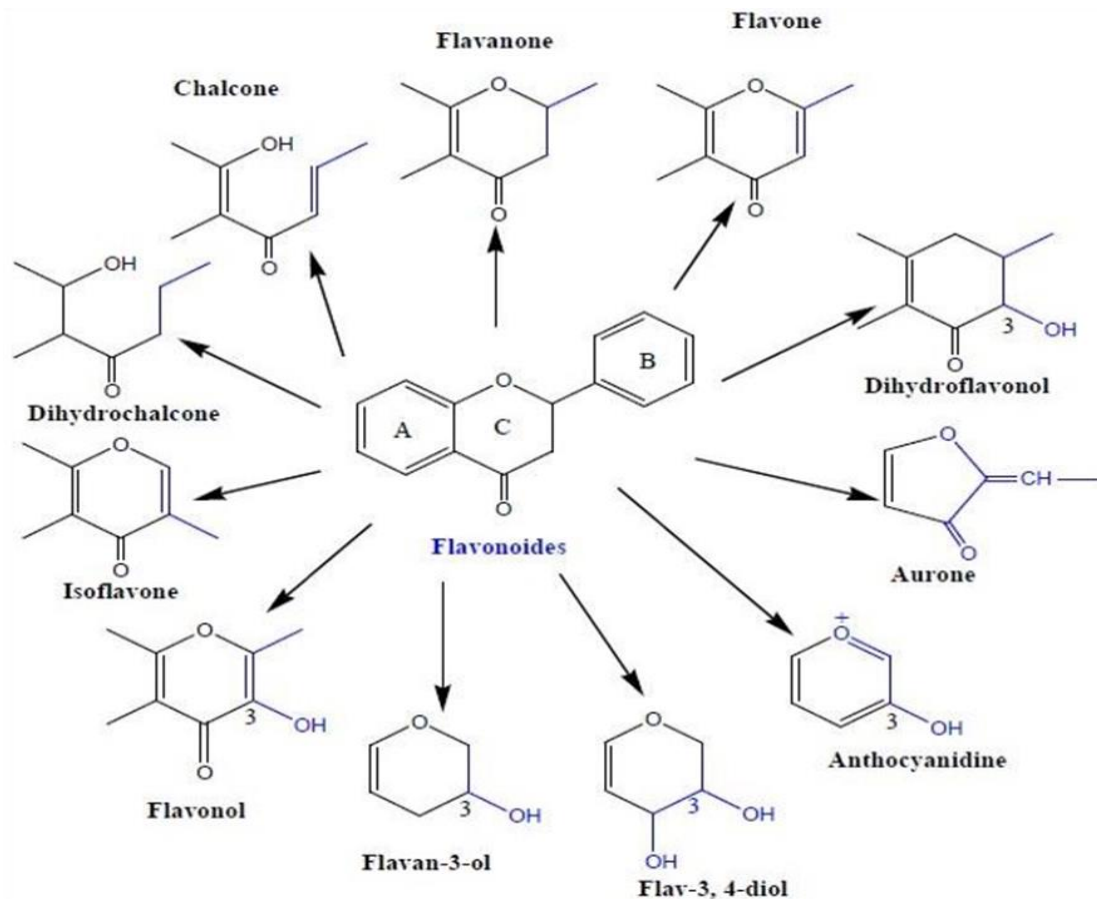


Figure 3 : Principales classes des flavonoïdes (BOUHAOUS, 2022).

1.4.3 Tanins

Le terme "tanin" provient de l'ancienne méthode de tannage des peaux d'animaux à l'aide d'extraits de plantes, ainsi que dans le traitement de diverses affections telles que les inflammations, les brûlures, l'amygdalite et la gonorrhée. Il est couramment utilisé pour désigner une classe de biomolécules polyphénoliques complexes et de grande taille. Ces molécules possèdent un nombre suffisant de groupes hydroxyles et d'autres groupes fonctionnels, tels que les groupes carboxyles, pour former des complexes solides avec diverses macromolécules (Navarrete, 2013 ; Boroushaki et al. 2016). De nombreuses plantes renferment des tanins, présents à des niveaux variables, conférant souvent un goût amer à la plante. Ces tanins sont des composés polyphénoliques qui ont la capacité de resserrer les tissus en se liant aux protéines et en les précipitant, formant ainsi une couche protectrice. Les plantes riches en tanins sont largement utilisées pour traiter divers troubles digestifs, tels

que la diarrhée et les ulcères, ainsi que pour soulager les hémorroïdes, comme c'est le cas avec le bouillon blanc (Oullali et Chamek, 2018).

1.4.4 Lignines

La lignine, un polymère aromatique présent dans les plantes vasculaires, confère à celles-ci une résistance mécanique essentielle, facilite le transport de l'eau et des nutriments à travers leur système vasculaire, et participe à leur défense contre les agents pathogènes. La formation de lignine résulte du couplage radicalaire oxydatif de trois alcools p-hydroxycinnamyle, également connus sous le nom de "monolignols", comprenant les alcools p-coumaryle, coniféryle et sinapyle, chacun avec des niveaux différents de méthylation (Del río et al., 2022).

1.4.5 Terpènes

Les terpénoïdes, des molécules de petite taille produites par les plantes, constituent vraisemblablement le groupe de produits naturels le plus répandu. Ces composés possèdent des effets pharmacologiques significatifs, tels que des propriétés antivirales, antibactériennes, antipaludiques, anti-inflammatoires, inhibitrices de la synthèse du cholestérol et anticancéreuses (Boroushaki et al. 2016 ; Agidew, 2022).

1.4.6 Composés phénoliques

Les phénoliques sont des composés secondaires produits par la synthèse des phénylpropanoïdes à partir de l'acide shikimique et du phosphate de pentose dans les plantes (Lin et al., 2016 ; Agidew, 2022). Ces composés sont considérés comme des substances de défense naturelle et leur concentration peut varier d'une plante à l'autre en raison de divers facteurs tels que les fluctuations physiologiques, les conditions environnementales, les variations géographiques, les caractéristiques génétiques et l'évolution. Ils constituent le groupe le plus étendu et le plus répandu de métabolites dans le règne végétal. Les polyphénols ont ainsi été reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antiallergéniques, antithrombotiques et antitumoraux (*Figure 4*) (BOUHAOUS, 2022).

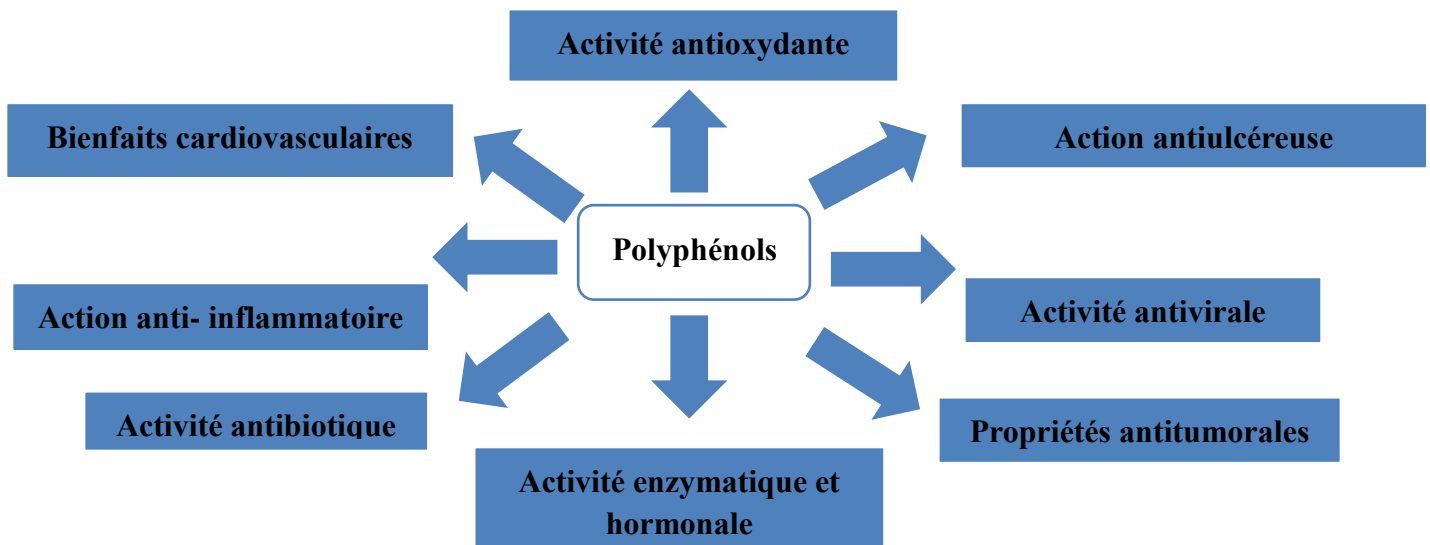


Figure 4: Propriétés des polyphénols (BOUHAOUS, 2022).

1.4.7 Coumarines

Les esters internes des acides composés sont désignés sous le nom de coumarines. Ce sont des lactones phénoliques que l'on retrouve dans de nombreuses plantes. Par exemple, les coumarines présentes dans le marronnier d'Inde ont une action antihémorroïdaire, tandis que les chromones de l'*Angelica archangelica* agissent comme un apéritif (Oullali et Chamek, 2018).

1.4.8 Anthocyanes

Ces composés, présents dans les fruits et les fleurs et responsables de leur couleur bleue, rouge ou pourpre, sont de puissants antioxydants qui contribuent à éliminer les radicaux libres dans l'organisme. Ces pigments dérivent du cation 2-phénylbenzopyrylium, plus connu sous le nom de cation flavylum. Les anthocyanes revêtent une importance cruciale dans la physiologie des plantes en tant qu'attracteurs d'insectes et de graines (Kerio et al., 2012). Leur rôle principal est de protéger les cellules végétales contre les rayons ultraviolets (UV), l'intensité lumineuse élevée, le froid, le stress hydrique, les blessures, ainsi que de se défendre contre les microbes et les agents pathogènes (Pervaiz et al., 2017).

1.4.9 Saponosides

Les saponines constituent un vaste ensemble de métabolites secondaires présents dans toutes les plantes. Elles sont couramment retrouvées dans la plupart des légumes, des haricots et des herbes, et sont considérées comme des composés phytochimiques (**Agidew, 2022**). Ces composants revêtent une importance particulière dans de nombreuses plantes médicinales en raison de leur propriété moussante et de leur capacité émulsifiante exceptionnelle. Leur principal avantage réside dans leur capacité à transformer des substances solides en substances fluides. On distingue deux types de saponines : les stéroïdes et les triterpénoïdes. Les saponines stéroïdiques partagent une structure chimique similaire à celle de nombreuses hormones humaines, tandis que les saponines triterpénoïdes, bien que présentant une activité hormonale moindre, possèdent souvent des propriétés expectorantes et favorisent la digestion, à l'image de la glycyrrhizine contenue dans la réglisse (**Oullali et Chamek, 2018**).

1.4.10 Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des molécules principalement aromatiques et volatiles, conférant à la plante une odeur distinctive, et se trouvent dans ses organes sécréteurs. Elles jouent un rôle crucial dans la protection des plantes contre une exposition excessive à la lumière et attirent les insectes vecteurs de maladies. Les huiles essentielles sont utilisées dans le traitement de diverses affections inflammatoires telles que les allergies et l'eczéma, et elles contribuent à soulager les gaz intestinaux. Par exemple, les fleurs fraîches et séchées de la camomille sont souvent utilisées à cet effet (**Koziol, 2015 ; Oullali et Chamek, 2018**).

1.4.11 Substances amères

Les informations sur les compositions chimiques des substances amères restent encore partielles. Ces composés constituent un ensemble très diversifié d'éléments qui partagent la caractéristique commune d'une saveur amère, laquelle encourage la sécrétion des glandes salivaires et des organes digestifs. Ces sécrétions stimulent l'appétit, facilitent la digestion et favorisent l'absorption des nutriments essentiels, contribuant ainsi au bon fonctionnement du corps. De nombreuses plantes renferment des substances amères, telles que l'absinthe, la sauge, la gentiane et l'artichaut (Oullali et Chamek, 2018).

1.4.12 Mucilages végétaux

Ces molécules volumineuses sont associées à des gommes, des agrégats de sucres de grande taille. Elles se déplacent naturellement à travers les tissus et agissent comme des agents protecteurs (Sebai et Boudali, 2012).

1.4.13 Vitamines, minéraux, fibres et autres

Les plantes médicinales sont également riches en fibres, vitamines et minéraux, ainsi qu'en graisses, huiles et cires, et contiennent des acides insaturés tels que les acides linoléiques. Par exemple, le citron (*Citrus limon*) est une source importante de vitamine C, tandis que le pissenlit (*Taraxacum officinale*) possède des propriétés diurétiques puissantes en raison de sa teneur élevée en potassium (Oullali et Chamek, 2018).

1.5 Avantages et inconvénients de la phytothérapie

1.5.1 Avantages

Plusieurs études scientifiques mettent en avant les avantages des plantes, parfois même les considérant comme supérieurs aux médicaments, comme en témoignent les publications dans les revues médicales les plus réputées. La phytothérapie est appliquée à une variété de maladies, et l'industrie pharmaceutique utilise de nombreux composés végétaux pour traiter diverses affections. Par exemple le taxol, une substance utilisée dans le traitement du cancer (Gayet et Michel, 2013).

La phytothérapie offre de nombreux bienfaits pour la santé humaine, même si la médecine moderne a réalisé d'importantes avancées. En combinant un traitement phytothérapeutique avec un traitement médicamenteux, l'efficacité du traitement chimique peut être améliorée ou réduite. Elle offre même la possibilité de remplacer les médicaments de synthèse lorsque ces derniers ne sont plus tolérés ou acceptés par le patient, comme c'est le cas pour les anti-inflammatoires, les antidépresseurs ou les anxiolytiques (Chabrier, 2010 ; Drihem et Labdi, 2016).

1.5.2 Inconvénients

La phytothérapie, bien que souvent considérée comme peu toxique, nécessite certaines précautions. Il est essentiel de posséder une connaissance approfondie des plantes utilisées, car certaines peuvent être toxiques et provoquer des réactions allergiques chez certains patients. Il est également important de comprendre comment les composés actifs des plantes interagissent dans le corps (Sebai et Boudali, 2012 ; Drihem et Labdi, 2016).

Certaines plantes ne doivent pas être associées à d'autres médicaments, et un traitement prolongé peut être toxique (Sebai et Boudali, 2012 ; Gayet et Michel, 2013).

Une erreur dans le dosage ou dans l'identification des plantes peut également entraîner une toxicité, car deux plantes botaniquement similaires peuvent avoir des niveaux de toxicité différents. L'interprétation incorrecte des symptômes est également dangereuse, car la phytothérapie repose souvent sur l'automédication. De plus, les préparations maison ne peuvent pas être conservées pendant de longues périodes, ce qui peut augmenter le risque d'intoxication au lieu de favoriser la guérison (Chabrier, 2010 ; Drihem et Labdi, 2016).

2. Description du genre *Eucalyptus*

2.1 Généralités

L'eucalyptus, un arbre australien, est réputé pour sa variété et son influence considérable sur les paysages. Son développement est plus rapide que 35 mètres par hectare et par an, ce qui en fait l'arbre le plus commun à l'échelle mondiale. Les eucalyptus peuvent résister à différents climats et

donner naissance à une multitude de produits : papier, charbon de bois, bois de chauffage, pots, meubles et matériaux de construction. Les eucalyptus jouent un rôle essentiel dans la fabrication de matériaux de haute qualité pour les biocarburants lignocellulosiques (Albaugh et al., 2013; Brown, 2005; Stape et al., 2001).

L'eucalyptus a été introduit en Algérie en 1863, mais des efforts significatifs ont été entrepris à partir de 1950. Les espèces d'eucalyptus sont le plus souvent cultivées dans la région méditerranéenne, *E globulus*, *E camaldulensis* et *E gomphocephala* étant les plus cultivées. Environ 600 espèces d'eucalyptus sont replantées dans le monde (Benazzeddine, 2010).

L'eucalyptus est une espèce dominante de la famille des *Myrtaceae*, qui comprend 140 espèces et environ 3 800 espèces dans les régions tropicales et subtropicales (Ali et al., 2011).

2.2 Étymologie

Le préfixe « Eu », d'origine grecque, signifie « bien », tandis que « Kalyptos » signifie « couverture ». Ainsi, le terme générique peut être interprété comme « bien couvert », car il fait référence au regroupement des pétales et des sepals (Kommedahl, 1963).

2.3 Appellations locales

"Kalitouss" est l'appellation la plus renommée en Algérie, tandis que "Calibtus" et "Kafor" sont également largement répandues dans le pays, utilisées dans différentes régions.

2.4 *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

L'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, également connu sous le nom de Gommier de Camaldoli ou Gommier des rivières, est une grande espèce d'arbre originaire d'Australie, qui compte environ 700 espèces dans le monde. Il est cultivé pour ses huiles essentielles, sa gomme, sa pulpe, son bois, son utilisation médicale et sa valeur esthétique. L'huile essentielle de ses forêts est particulièrement précieuse pour l'industrie alimentaire, la parfumerie et la pharmacologie. Elle possède également des propriétés biologiques telles que des propriétés antimicrobiennes, fongicides, insecticides, herbicides, acaricides et nématocides. (Batish et al., 2008; Soumare, 2018).



Figure 5: *L'Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (Gommier Camaldoli) (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., 1832 - Myrtacées (Myrtaceae Juss., 1789) de Crète et parfois aussi d'ailleurs., s. d.)

2.4.1 Taxonomie et morphologie

2.4.1.1 Classification taxonomique

- **Nom latin :** *Eucalyptus camaldulensis*
- **Noms français ou vernaculaires :** anciennement *Eucalyptus rostrata* Schl, *eucalyptus* à long bec, de gomme rouge de *Murray*, gomme rouge, gomme de rivière, gomme rouge de rivière (Aleksic Sabo & Knezevic, 2019).

Tableau 1: Classification d'*E camaldulensis* (Koziol, 2015; Soumare, 2018).

Domaine	<i>Eucaryote</i>
Règne	<i>Plentea</i>
Embranchement	<i>Spermatophytes</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Famille	<i>Myrtacées</i>
Genre	<i>Eucalyptus</i>

Espèce	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
--------	---------------------------------

2.4.1.2 Description morphologique

- **Arbre**

La plante a une apparence distincte. *E camaldulensis* pousse généralement comme un arbre à tige unique avec un grand tronc (**Figure 5**)(**Figure 6**). Sa hauteur varie de moyenne à grande, avec une moyenne d'environ 30 mètres (**Bren & Gibbs, 1986**).

Bien que certains auteurs documentent des arbres atteignant jusqu'à 45 mètres de hauteur (**Boland, et al., 1984**). Et peut atteindre un âge de 500 à 1000 ans (**FAO, 1982**).



Figure 6: Arbre d'*E camadulensis* (Photo original a l'université des frères mentouri constantine)

- **Tronc et écorce**

Le tronc de l'*E camaldulensis* est généralement droit et élancé, avec un diamètre variant entre 1 et 2 mètres. Il peut parfois présenter des torsions et exsude fréquemment une gomme résineuse rouge à sa base, tandis que la partie supérieure du tronc exsude une substance blanc grisâtre (**Brooker & Kleinig, 2006**).



Figure 7: Tronc et écorce d'*E camaldulensis* (Photo original)

- **Feuilles**

Les feuilles présentent une teinte gris-bleuâtre, disposées de manière alternative, pendantes, mesurant de 8 à 22 cm de long et de 1 à 2 cm de large, souvent arquées ou en forme de faucille, effilées et pointues à la base et contiennent de nombreuses vacuoles renfermant des huiles riches en cinéole ou en eucalyptol (Penfold & Willis, 1961).



Figure 8: Les feuilles d'*E camaldulensis* (Photo original)

- **Fleurs et Fruits**

Les inflorescences d'*E camaldulensis*, organisées en ombelles, se caractérisent par une abondance d'étamines blanchâtres, leur conférant une apparence globuleuse. À maturité, des capsules ligneuses et hémisphériques se développent, contenant un grand nombre de graines. Les fruits, sous forme de petites capsules portées par des pédoncules délicats, mesurent entre 5 et 8 mm. Chaque capsule se compose de quatre valves et renferme des graines de très petite taille (**Figure 5**)(**Figure 9**) (Aleksic Sabo & Knezevic, 2019; Boland et al., 2006).



Figure 9: Fleurs et Fruits d'*E camaldulensis* (Photo original)

2.4.2 Répartition géographique d'*Eucalyptus camaldulensis*

L'eucalyptus, originaire d'Australie, est largement répandu sur le continent, du nord tropical aux régions fraîches et tempérées de Victoria. Il est considéré comme l'arbre le plus commun dans les zones arides et semi-arides (Brooker & Kleinig, 2006; Soumare, 2018).

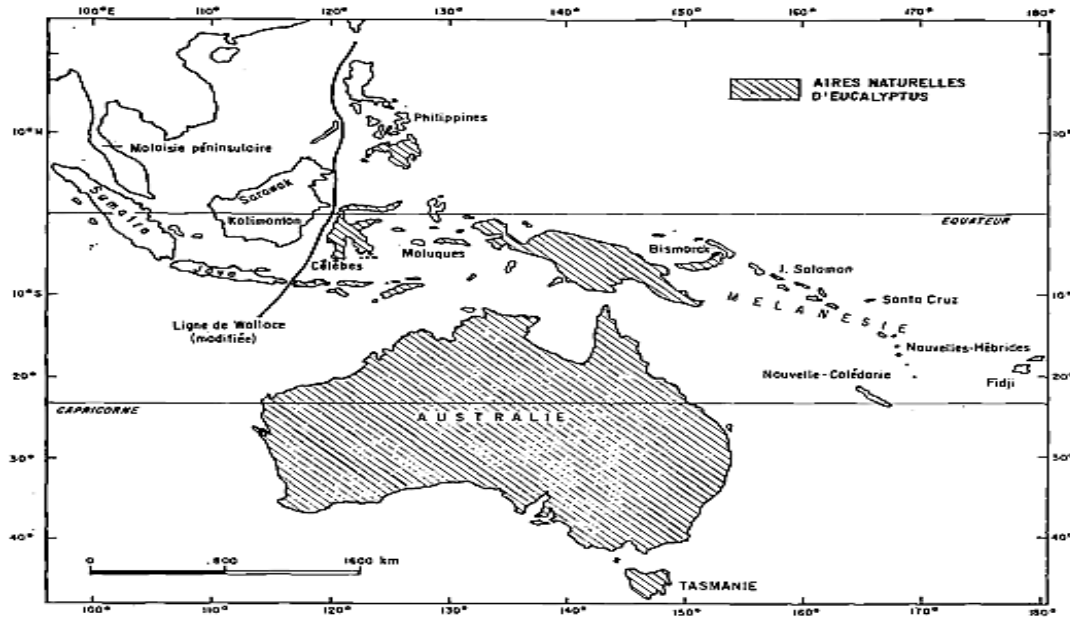


Figure 10: Distribution naturelle du genre *Eucalyptus* (FAO, 1982).

L'eucalyptus a été naturalisé dans de nombreuses régions, y compris en Afrique, où sa plantation remonte à 1900. Aujourd'hui, il est principalement cultivé dans les régions tropicales d'Afrique, où il est souvent utilisé comme bois de chauffage. Cependant, son importance est moindre dans les plantations à grande échelle (FAO, 1982; Le Maitre et al., 2004).

Eucalyptus camaldulensis est une espèce d'arbre largement cultivée pour ses propriétés environnementales et la production de bois, en particulier comme bois de chauffage. Sa distribution géographique s'étend à plusieurs régions du monde, avec des introductions réussies en dehors de son habitat naturel en Australie (Bekele-Tesemma et al., 1993; FAO, 1982).

Cette espèce est désormais présente en Asie, en Afrique, en Europe, ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud. Son succès dans divers pays s'explique par sa croissance rapide, sa capacité d'adaptation à différents types de sols et sa tolérance à la sécheresse (**Figure 11**) (**Boland et al., 2006**).

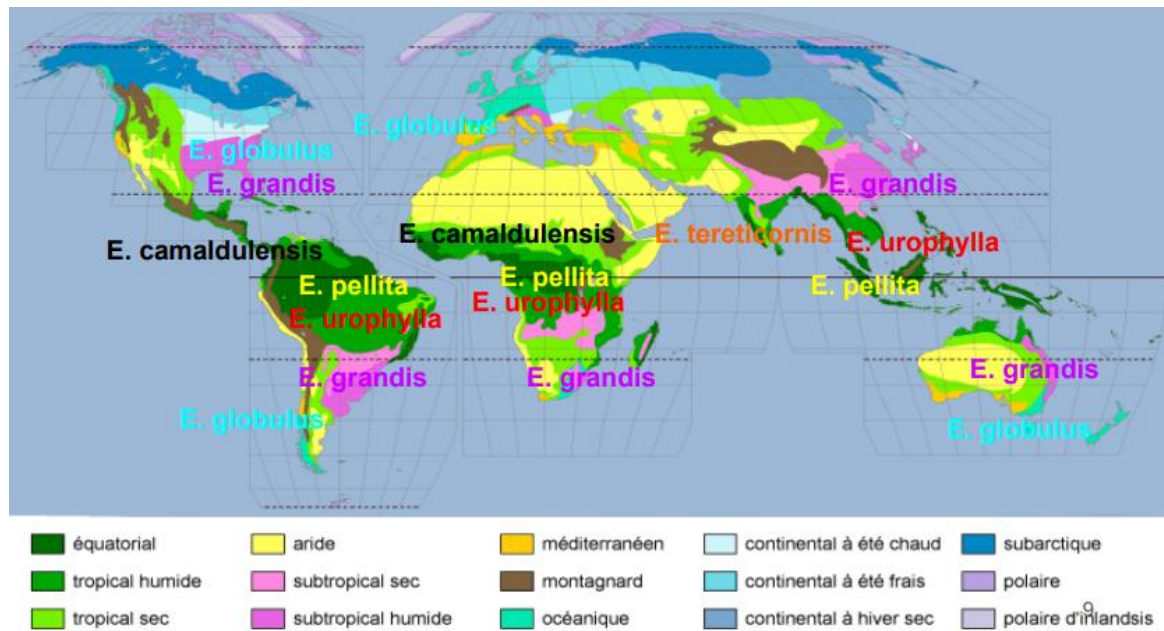


Figure 11: Répartition d'*E camaldulensis* dans le monde (**Bouvet, 2013**).

En Algérie, l'eucalyptus a été introduit par les Français entre 1860 et 1870 (**Boudy, 1952**), lorsque les colons français ont introduit cette espèce pour assainir les terrains marécageux et améliorer les conditions sanitaires (**Chevalier, 1952**).

Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'eucalyptus ont concerné notamment l'Est (El-Kala, Annaba, Skikda), le centre (Tizi-Ouzou, Baïnem) et l'Ouest (Mostaganem) en Algérie. Ces plantations visaient à répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers, avec pas moins de 130 espèces d'eucalyptus plantées sur le territoire national (**FOSA Document national de prospective - L'Algérie, s. d.; Verhaegen et al., 2014**).

La distribution géographique de l'*E camaldulensis* en Algérie présente une signification notable. Cette espèce est présente dans diverses régions du pays. Selon les données recueillies, le rendement de l'*E camaldulensis* varie de 0,2 % à 6,27 % dans différentes régions algériennes. Par exem-

ple, le rendement le plus élevé a été enregistré à Tizi Ouzou avec 6,27 %, tandis que le rendement le plus faible a été observé à Blida avec 0,2 % (Amira & Sandli Rihab, 2020).

D'autres régions telles que Constantine, Mostaganem, Tiaret, Biskra, Oum El Bouaghi, Jijel, Guelma, Tébessa, Ouargla et Alger présentent également des rendements spécifiques pour l'*E camaldulensis*. Cette distribution géographique souligne la diversité de la présence de cette espèce en Algérie, avec des variations de rendement selon les régions (Amira & Sandli Rihab, 2020).

L'*E camaldulensis*, une espèce pionnière, a été largement planté en raison de sa capacité à s'adapter à divers environnements (Noureddine, 2014). En outre, d'autres espèces d'eucalyptus ont été introduites dans des parcelles d'essai, notamment à Reghaïa, Bouchaoui et El-Alia dans la région d'Alger (Noureddine, 2014; Planchon, 1875).

Cette zone d'introduction s'est avérée extrêmement favorable à la croissance des eucalyptus, favorisant des croisements naturels qui ont conduit à la création d'hybrides, dont l'Eucalyptus "Algériensis" (Planchon, 1875; Trabut, 1914).

2.4.3 Importance et utilisation d'*Eucalyptus Camaldulensis*:

L'*Eucalyptus camaldulensis*, également connu sous le nom d'eucalyptus rouge, est une espèce d'arbre très polyvalente et largement utilisée dans divers domaines. Voici une analyse détaillée de son importance et de ses différentes utilisations:

2.4.3.1 Importance écologique:

- ❖ Espèce très adaptable qui peut croître dans une large gamme de conditions climatiques et édaphiques, ce qui en fait une essence résiliente face aux changements environnementaux (Nahal, 1989; Turnubull, s. d.).
- ❖ Joue un rôle crucial dans les écosystèmes où il est présent, en offrant un habitat et une source de nourriture pour la faune locale (*Eucalyptus camaldulensis* — Wikipédia, s. d.).

- ❖ Utilisé pour la réhabilitation des terres dégradées et la stabilisation des sols érodés grâce à son système racinaire étendu (**Turnubull, s. d.**).

2.4.3.2 Importance économique:

L'E *camaldulensis* est une source économique importante pour plusieurs raisons :

- ❖ **Production de bois :** L'E *camaldulensis* est largement utilisé dans divers domaines industriels en raison de ses propriétés uniques. Son bois est utilisé dans la construction, la fabrication de meubles et comme bois de chauffage. En outre, le bois de cet arbre est réputé pour sa haute qualité et sa résistance aux insectes et aux champignons, le rendant ainsi particulièrement prisé pour les constructions et les meubles (**Goudiaby et al., 2017; Sawadogo, 1981; Thomson & Merwin, 1985; Verhaegen et al., 2014**).
- ❖ **Industrie papetière :** La pulpe de l'E est largement utilisée dans la production de papier en raison de la qualité de ses fibres (**Goudiaby et al., 2017; Sawadogo, 1981; Thomson & Merwin, 1985; Verhaegen et al., 2014**).
- ❖ **Bois énergie :** L'E *camaldulensis* est utilisé pour la production de charbon de bois, qui est une source d'énergie renouvelable et durable. La production de charbon de bois est une industrie importante en Afrique de l'Ouest, où l'E *camaldulensis* est largement planté pour répondre aux besoins en énergie (**Goudiaby et al., 2017; Sawadogo, 1981; Thomson & Merwin, 1985; Verhaegen et al., 2014**).
- ❖ **Reboisement :** L'E *camaldulensis* est utilisé pour la reforestation en Afrique de l'Ouest, notamment dans les régions de l'Ouest africain, où il est largement planté pour répondre aux besoins en bois énergie et en papier (**Sawadogo, 1981**).
- ❖ **Consommation locale :** L'E *camaldulensis* est consommé localement pour la production de bois de feu, de meubles et de constructions, ce qui contribue à l'économie locale.
- ❖ **Fabrication des produits anti-ravageurs de cultures :** Des études ont montré que les produits à partir de l'E *camaldulensis* peuvent être efficaces contre divers ravageurs, tels que *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum*, qui sont des insectes nuisibles pour les cultures et les denrées stockées. Ces études ont également montré que ces produits peuvent être utilisés

de manière efficace pour contrôler les populations de ravageurs sans causer de dommages environnementaux significatifs (Welle et al., 2022).

2.4.3.3 Utilisations d'Eucalyptus

Depuis longtemps, l'Eucalyptus a été largement utilisé pour ses propriétés assainissantes et médicinales. Historiquement, les aborigènes utilisaient ses racines comme une pompe naturelle pour assécher les marais, en plaçant une extrémité dans l'eau stagnante et l'autre dans un récipient. Les feuilles étaient employées pour soulager la fièvre et divers autres maux, et les pharmacopées chinoise, indienne et gréco-européenne ont rapidement intégré leurs usages médicinaux (*Eucalyptus Information / Mount Sinai - New York, s. d.; L'Eucalyptus - Bienfaits, Utilisation, Préparation, Indications, 2011*).

Au 19^{ème} siècle, l'huile essentielle d'eucalyptus était utilisée pour désinfecter les cathéters urinaux dans les hôpitaux anglais. Actuellement, l'eucalyptus entre dans la composition de rince-bouche et de dentifrices pour l'hygiène bucco-dentaire et est utilisé dans de nombreuses préparations pharmaceutiques pour traiter les affections des voies respiratoires (*8 Medicinal Health Benefits of Eucalyptus Leaves, s. d.; Eucalyptus, s. d.*).

De plus, il sert de dégraissant industriel et présente des propriétés insecticide pour repousser les moustiques et les tiques, anti-infectieuses, anti-inflammatoires, antitussives, expectorantes et fluidifiantes des sécrétions bronchiques, étant conseillé notamment pour les infections hivernales comme les bronchites et les infections ORL. En usage cutané, il est utilisé pour soulager les douleurs rhumatismales. (*L'Eucalyptus - Bienfaits, Utilisation, Préparation, Indications, 2011; ZAXE, 2018*)

Ainsi, l'*E. camaldulensis* a été largement exploité pour ses propriétés d'assainissement des zones humides et ses multiples usages médicinaux et industriels, ce qui explique son introduction massive en Algérie dans les années 1960-70 pour répondre à ces besoins.

3. Généralités sur les huiles essentielles

3.1 Définition

Le terme "huile" tire son origine de la capacité des composés à se dissoudre dans les graisses et de leur caractère hydrophobe, tandis que "essentielle" fait référence à l'odeur distinctive et souvent puissante dégagée par la plante (**Mouhi, 2017**). Selon la pharmacopée européenne et les normes de l'Agence Française de Normalisation (AFNOR), une huile essentielle est obtenue à partir de matières végétales par distillation à l'eau ou à la vapeur, ou par un procédé mécanique pour les agrumes (**Dhifi et al., 2016 ; Deschepper, 2017**). Bien qu'il existe différentes définitions, la plus courante décrit les huiles essentielles comme des matériaux plus ou moins volatils, isolés de plantes aromatiques, sans subir de changement significatif dans leur composition chimique lors du processus d'extraction (**Rassem et al, 2016 ; Laurent, 2017**).

Les huiles essentielles se distinguent des huiles végétales ou synthétiques par leur composition chimique unique. Elles sont volatiles à température ambiante, ne laissant aucune tache permanente après évaporation et ne subissant pas de saponification (**khezar, 2013**). Les huiles essentielles sont extraites à partir d'essences riches en arômes naturels et en principes actifs, qui possèdent de nombreuses propriétés, notamment des propriétés antibactériennes et antifongiques (**Properzi et al, 2013 ; Butnariu et Sarac, 2018**).

3.2 Composition chimique des huiles essentielles

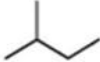
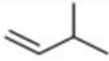
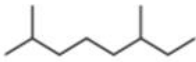
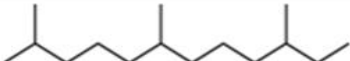
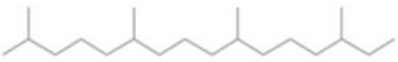
Contrairement à ce que pourrait laisser penser leur nom, les huiles essentielles, bien qu'elles aient une consistance huileuse, ne contiennent pas de corps gras. Elles sont composées de molécules à squelette carboné. Bien qu'elles ne contiennent ni vitamines ni sels minéraux, les huiles essentielles peuvent influencer l'absorption et l'assimilation de ces nutriments par le corps (**Guerrouf, 2017**). Les constituants des huiles essentielles sont généralement classés en deux groupes qui confèrent à ces essences aromatiques leurs propriétés antibactériennes :

1. Les terpénoïdes, également appelés composés terpéniques, forment une famille de composés répandus dans le règne végétal. Ils sont constitués d'unités à cinq atomes de carbone (C5) appelées isoprène. Cette famille est divisée en deux sous-groupes : les monoterpènes et les sesquiterpènes (**Bouras, 2018**). Les terpènes, représentant environ 30 000 composés naturels, se

caractérisent par leur assemblage d'une ou plusieurs unités isoprène (tableau 1). Ils peuvent présenter diverses fonctions chimiques, telles que des alcools, des oxydes, des aldéhydes, des cétones, des acides carboxyliques et des esters (**Bouzabata, 2015**).

2. Les phénylpropanoïdes, également connus sous le nom de composés aromatiques, sont moins courants que les terpénoïdes. Ils englobent plusieurs fonctions, notamment des alcools, des phénols, des dérivés méthoxylés et des composés méthylènedioxy. Ces composés peuvent également contenir divers produits issus du processus de dégradation, impliquant des constituants non volatils (**Bouras, 2018**).

Tableau 2 : Parents hydrocarbonés des terpènes des huiles essentielles (**Bouzabata, 2015**).

Hémiterpènes C5		
	2-méthyl butane	2-méthyl-1,3 butadiène (isoprène)
Monoterpènes C10		
	2,6- diméthyl octane	
Sésquiterpène C15		
	2, 6,10 – triméthyl dodécane (farmésane)	
Diterpènes C20		
	2, 6, 10,14 – tetraméthyl hexadécane	

3.3 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

3.3.1 Hydrodistillation

La technique consiste à placer la matière végétale directement dans un alambic rempli d'eau, puis à la chauffer jusqu'à ébullition. Les vapeurs produites se condensent sur une surface froide, permettant ainsi de séparer les huiles essentielles en fonction de leurs densités respectives (**Figure 12**) (**Mehani, 2015**).

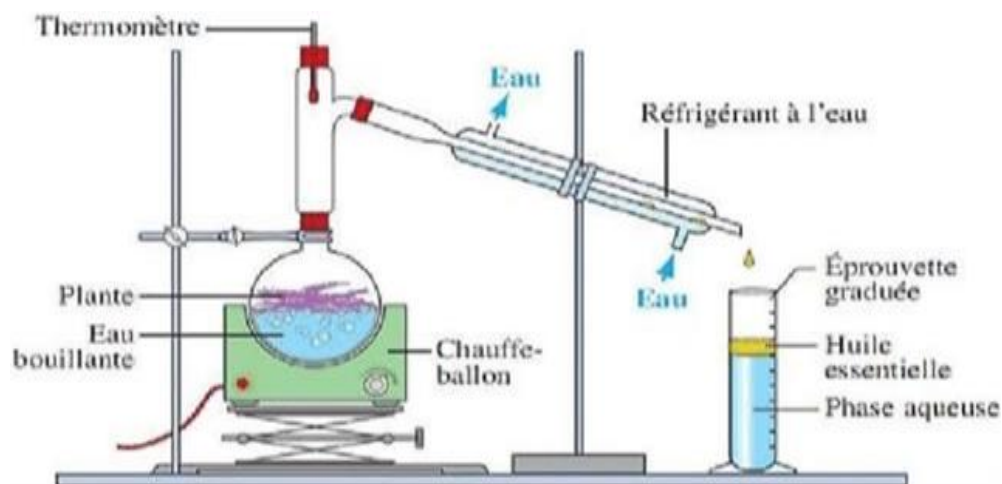


Figure 12 : Montage d'extraction par hydrodistillation (Mehani, 2015).

3.3.2 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Ce type de distillation est recommandé par la pharmacopée française, car il minimise les risques de dégradation et d'hydrolyse des molécules aromatiques en évitant tout contact direct entre l'eau et la matière végétale (Boukhatem et al., 2019). Dans ce processus, la plante est placée dans un alambic au-dessus d'une plaque perforée, située à une certaine distance au-dessus de l'eau bouillante. Ainsi, le matériel végétal est exposé à la vapeur d'eau saturée, mais pas à l'eau bouillante elle-même. La chaleur de la vapeur d'eau provoque la rupture des glandes végétales, libérant ainsi les composés aromatiques. Ces huiles essentielles se diffusent ensuite à travers la plante pour entrer en contact avec la vapeur d'eau circulant à l'extérieur. Les vapeurs, chargées en composés volatils, sont alors condensées et décantées. En raison de leurs différences de densité, les huiles essentielles et l'eau se séparent en deux phases distinctes, et les huiles essentielles sont récupérées (Figure 13) (Bouras M., 2018).

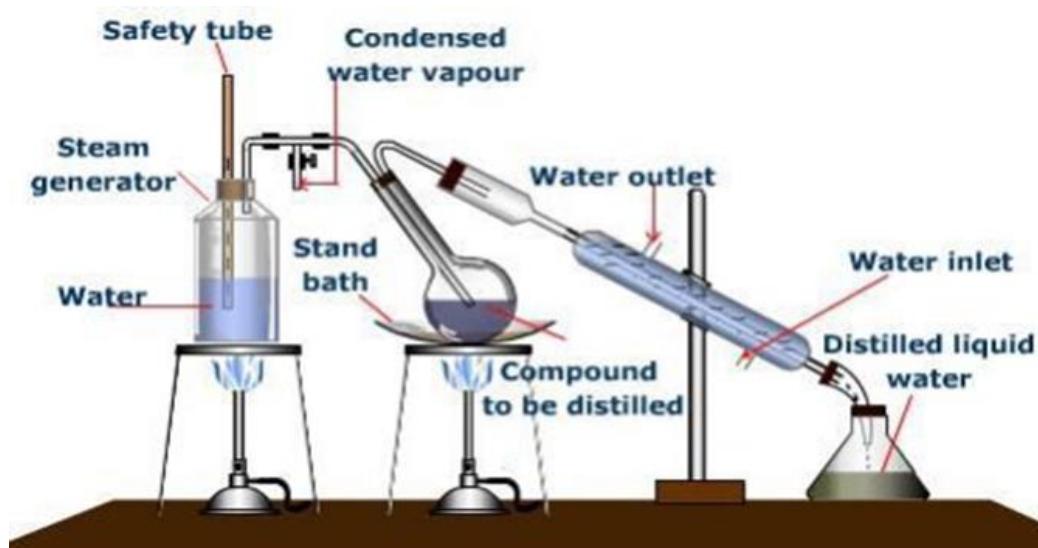


Figure 13 : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau (Rassem ,2016).

3.3.3 Extraction par micro-ondes

Au début des années 1990, une nouvelle méthode d'extraction des huiles essentielles a émergé, appelée hydrodistillation par micro-ondes sous vide. Contrairement aux méthodes traditionnelles, cette technique implique le chauffage de la matière végétale à l'aide de micro-ondes dans une enceinte fermée où la pression est progressivement réduite. Sous l'effet de la chaleur, la vapeur d'eau, produite à partir de l'eau présente naturellement dans la plante, entraîne avec elle les composés volatils. Ces composés sont ensuite récupérés en utilisant les procédés conventionnels de condensation, de refroidissement et de décantation (Zenasni., 2014).

3.3.4 Extraction par CO₂ supercritique

Cette technique se distingue par l'utilisation d'un solvant particulier : le dioxyde de carbone en phase supercritique. Le processus d'extraction commence par la compression du CO₂ à des pressions et des températures dépassant son point critique (P=72,8 bars et T= 31,1°C). Dans cet état supercritique, le CO₂ n'est ni liquide ni gazeux, offrant ainsi un pouvoir d'extraction exceptionnel. De plus, ce pouvoir peut être ajusté selon les besoins en modulant la température du processus. Le CO₂ et d'autres fluides supercritiques agissent comme des solvants lorsqu'ils sont dans cet état, contrairement à leur état gazeux habituel. En raison de sa similarité de polarité avec le pentane, le CO₂ est particulièrement efficace pour extraire les composés apolaires ou lipophiles (Zhao et al., 2014 ; Bouras, 2018).

3.3.5 Expression à froid

Cette méthode d'extraction des huiles essentielles, spécifiquement utilisée pour les zestes d'agrumes, évite le recours à la chaleur. Son principe repose sur la rupture des péricarpes, qui sont des réservoirs naturels d'essences olfactives. Les agrumes sont disposés sur des récipients dotés de pointes métalliques sur leurs parois. Sous l'effet d'un courant d'eau, les essences sont libérées puis récupérées par décantation. Cependant, l'utilisation de l'eau expose au risque d'hydrolyse ou de contamination par des résidus de pesticides ou des micro-organismes. Une alternative émergente consiste à ouvrir les sacs oléifères des agrumes par éclatement, soit par dépression, soit par abrasion de

l'écorce fraîche. Cette méthode réduit l'utilisation de l'eau, minimisant ainsi les risques d'oxydation des composés présents dans ces agrumes (**Pierron, 2014**).

Le produit obtenu, appelé "essence végétale" de zeste d'agrumes, trouve de nombreuses applications dans le domaine pharmaceutique (**Rassem et al., 2016**).

Chapitre II

Matériels et méthodes

4. Extraction de l'huile essentielle

4.1 Matériel végétal

Notre travail de recherche a été réalisé au sein du laboratoire 2 et au laboratoire de bio-végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Constantine 1. Les arbres et les feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* utilisés dans ce travail ont été récoltés et triés durant la période de Mars- avril 2024 à l'université Constantine 1. Trois récoltes ont été effectuées. Une quantité de 400g de feuilles a été obtenue (**Figure 14**).



Figure 14: Feuilles d'*E camaldulensis* (Photo original).

4.2 Matériel et produits du laboratoire

Tableau 3: Matériels et produits utilisés.

Matériels	Produits
Clevenger	Eau distillée
Ballon de 500ml	
Chauffe ballon	
Bécher 500ml	
Tubes en verre	
Baguette de verre	
Balance de précision	
Micropipettes	

4.3 Méthode d'extraction

Les huiles essentielles d'*E camaldulensis* ont été extraites en utilisant la technique d'hydrodistillation. L'appareil utilisé pour l'hydrodistillation est de type Clevenger (*Figure 16*).

4.3.1 Principe de l'extraction par hydrodistillation

On broie le matériel végétal afin de rendre leur introduction plus facile dans un ballon en verre de l'L, rempli d'eau jusqu'aux 2/3 de sa contenance. Par la suite, l'eau est chauffée dans le ballon chauffant jusqu'à ce qu'elle bouillonne, ce qui provoque la formation d'une vapeur qui va entraîner les composants volatils. Ces vapeurs se déplacent et se déversent dans le réfrigérant qui est constamment refroidi à une température de 15°C à 18°C (*Figure 12*).

Lorsque l'huile finale est évaporée, elle est stockée dans des flacons en verre opaque à une température de 4°C (*Figure 17*) (Merabet, 2018).

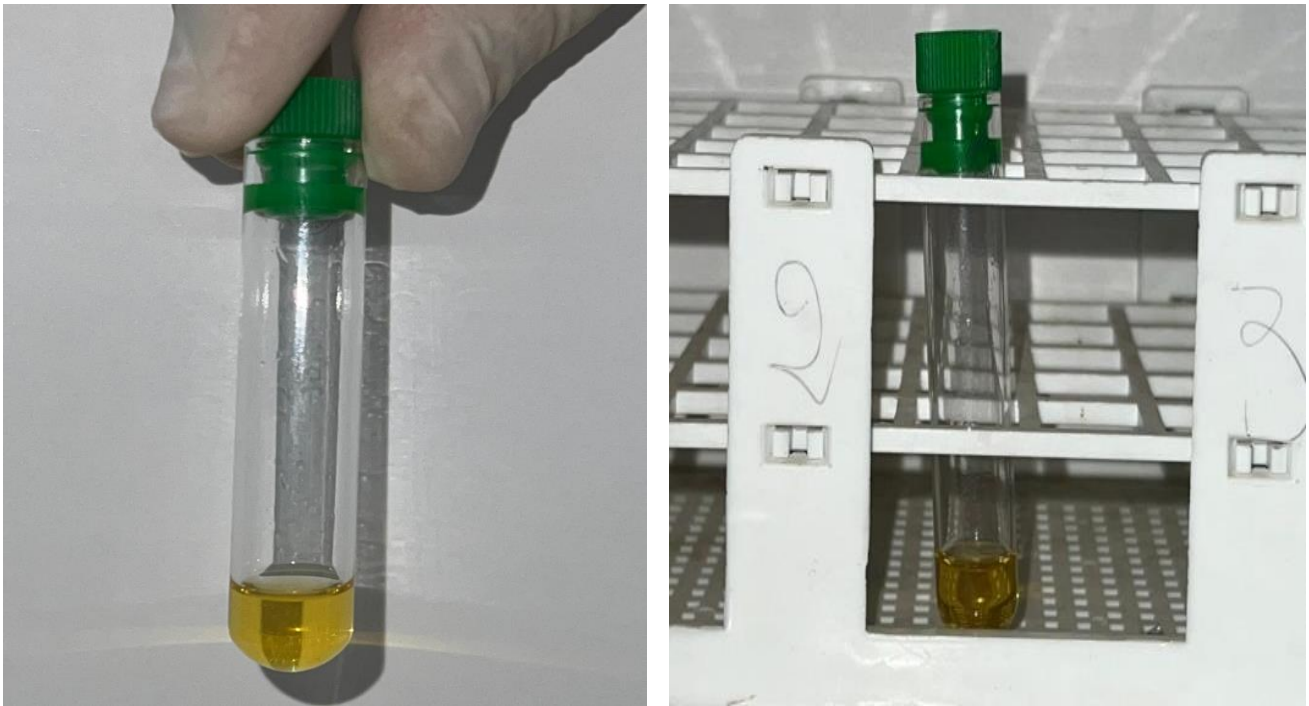


Figure 15 : Huile essentielle d'*E. camaldulensis*

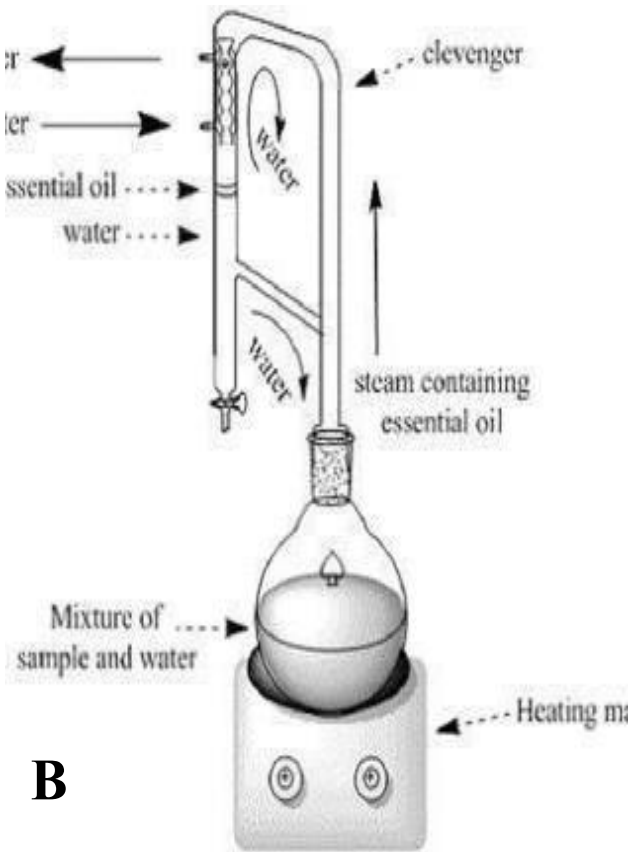
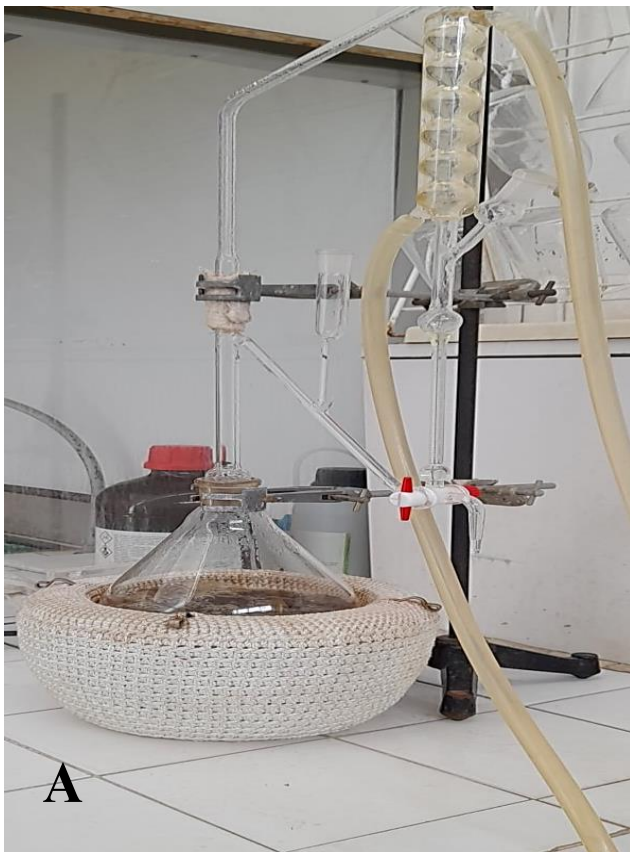


Figure 16: Hydrodistillation, A : Clevenger (photo original) ; B : Schéma représentatif du Clevenger (Samadi et al., 2016).

4.3.2 Protocole

- Laver les feuilles et les découpés en petits morceaux.
- 100 g de la matière végétale est introduite dans un ballon, elle est ensuite immergée avec 500 ml d'eau distillée.
- Le ballon est placé sur chauffe ballon qui est raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction.
- Le mélange eau, feuilles est chauffé à une température voisine de 100°C.
- Le mélange est tenu en ébullition pendant 1h.
- Les vapeurs chargées d'huile essentielle, traversent le réfrigérant et se condensent avant de chuter dans une ampoule de décantation.
- Ensuite l'huile se sépare de l'eau par différence de densité.
- L'huile essentielle est récupérée puis placée dans un Tube en verre de 1.5 ml hermétiquement fermé et conservée à 4°C à l'abri de la lumière.

4.3.3 Détermination et calcul du rendement

Le rendement correspond à la plus grande quantité d'huile essentielle produite par une masse donnée de végétal pendant une période spécifique. Il s'agit de la relation entre la quantité d'huile essentielle obtenue et la quantité de matériau végétal utilisé. Le rendement a été calculé en se basant sur la relation suivante :

$$R (\%) = \text{Masse (HE)} / \text{Masse (M V S)} \times 100$$

R (%) : Rendement en huile essentielle.

Masse (HE) : masse de l'huile essentielle en (g).

Masse (MVS) : masse du matériel végétal sec de la plante en (g) (Merabet, 2018).

4.3.4 Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles extraites ou obtenues de l'extérieur sont stockées dans des tubes en verre. Les molécules constitutives des huiles essentielles sont relativement instables, ce qui rend leur conservation difficile. Les huiles essentielles sont altérées par trois facteurs :

- **La température** : il est nécessaire de stocker à une température basse (de 04°C à 8°C).
- **La lumière** : conserver dans le noir et dans un récipient opaque, de préférence brun.
- **L'oxygène** : les bouteilles doivent être complètement remplies et fermées de manière étanche, il est envisageable d'ajouter des antioxydants.

Dans ces circonstances, la durée de stockage autorisée varie de 02 à 05 ans.

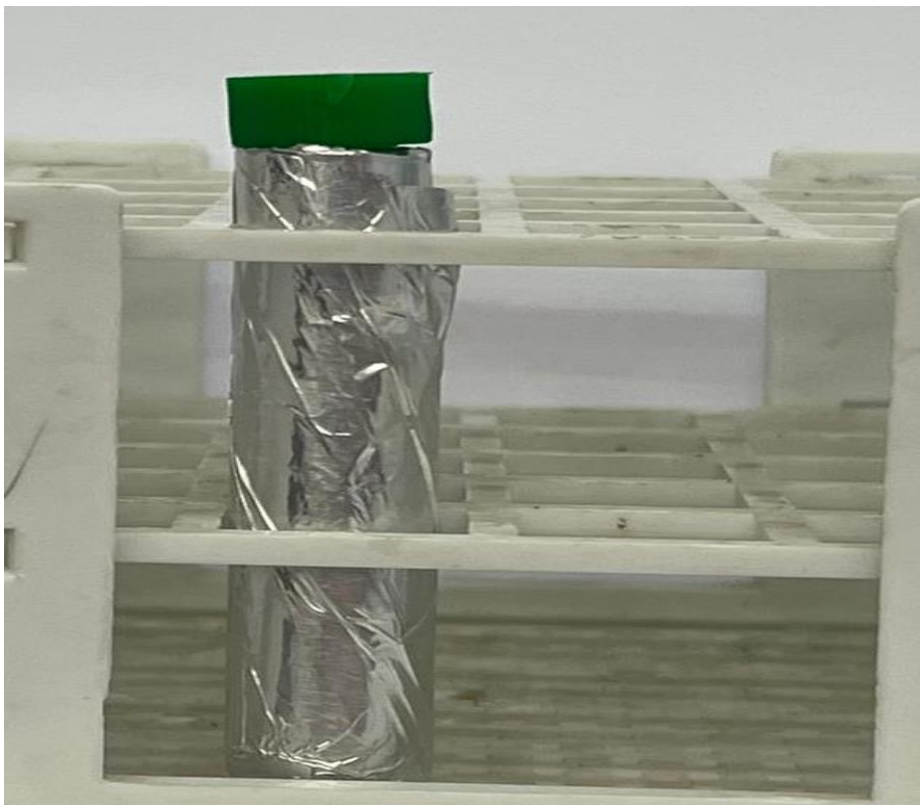


Figure 17: Tube en verre contenant de l'huile essentielle *d'E camaldulensis* recouvert d'aluminium pour une conservation à 04°C

5. Procédés d'étude microbiologique

5.1 Matériel microbienne

Dans le but de tester la sensibilité de germes bactériens vis-à-vis des agents antimicrobiens standards (antibiotiques) et biologiques (huile essentielle). Nous avons utilisée quatre souches bactériennes (2 à Gram négatif et 2 à Gram positif) de référence appartenant de l'institut Pasteur d'Alger (*Tableau 4*).

Tableau 4: Les différentes souches utilisées dans le test antibactérien

Souche	Gram
<i>Escherichia coli</i>	Négatif
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Négatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif
<i>Bacillus cereus</i>	Positif

5.2 Matériel et produits du laboratoire

Tableau 5: Matériel et produits utilisés dans le test antibactérien.

Matériel	Produits
Autoclave	Eau physiologique
Bain-marie	HE
Boîtes de pétris	Gélose Muller Hinton
Econvillonnage	DMSO
Embouts jaunes et bleus	
Eppendorfs	
Micropipettes	
Papier wattman	
Pipettes Pasteur	

6. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

6.1 Méthode de diffusion sur milieu gélosé (Aromatogramme)

L'aromatogramme est une méthode de mesure *in vitro* du pouvoir antibactérien des HEs. Cet examen est l'équivalent d'un antibiogramme ou les antibiotiques sont remplacés par des HEs.

Elle a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des produits à tester et de s'appliquer à un grand nombre des espèces bactériennes (Mehani, 2015). Cette méthode nous a permis de déterminer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*E camaldulensis* en présence des bactéries testées.

Des disques absorbants stériles, imprégnés d'une quantité d'huiles sont placés sur une gélose inoculée avec les souches bactériennes. La diffusion de l'huile dans la gélose permet de suivre l'inhibition et la croissance des bactéries, ce qui va créer une zone claire appelée zone d'inhibition autour du disque.

- **Principe**

L'aromatogramme permet d'évaluer la résistance de la croissance des germes testés lorsqu'ils sont exposés au contact des huiles essentielles étudiées. La méthode consiste à placer un disque en cellulose stérile de 9 mm de diamètre dans un milieu gélose préalablement coulé dans une boîte de pétri etensemencé par 10^4 UFC/ML du micro-organisme testé. Après avoir incubé, on peut évaluer les résultats en mesurant le diamètre (en mm) de la zone claire et indemne de colonies autour du disque absorbant, connue sous le nom de zone d'inhibition (Figure 18) (Wilkinson, 2006).

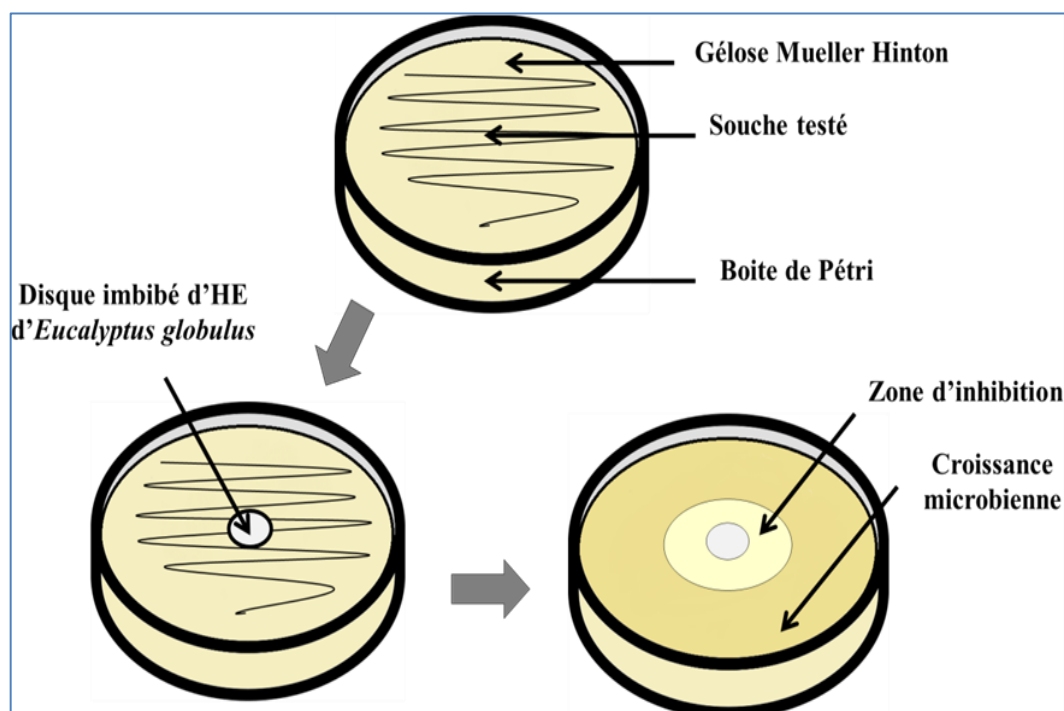


Figure 18 : Aromatogramme sur gélose MH (Zaika, 1988).

6.2 Protocole

6.2.1 Stérilisation du matériel

Stériliser l'eau physiologique, le milieu de culture, les tubes à essai et les disques en papier Wattman à l'autoclave à 120°C pendant 15 min.

6.2.2 Préparation des boîtes de pétri

On a procédé à la liquéfaction de milieu de Mueller Hinton (MH) à l'aide d'un bain marie à 120°C pendant 15-20 min, nous avons coulé aseptiquement une couche de 4 mm d'épaisseur dans les boîtes de pétri (90 mm de diamètre) qui ont été séchées durant 30 min à température ambiante. L'ensemencement doit se faire dans les 15 min qui suivent la préparation de l'inoculum (*Figure19*) (*Figure22*) (Ericsson et Sherris, 1971).



Figure 19 : La gélose de Mueller Hinton stérile est coulée dans des boîtes de pétri (*photo original*).

6.2.3 Préparation des disques

On a utilisé le papier Wattman N°4 coupé en disques de 4 mm ces derniers doivent avoir un contour régulier pour donner une zone d'inhibition facile à mesurer les disques. Une fois préparés les disques sont placés dans un flacon en verre et autoclavé à une température de 120°C pendant 20 min pour éviter tous types de contamination.



Figure 20 : Préparation des disques.

6.2.4 Préparation de la suspension bactérienne

A partir d'une culture jeune (18 à 24 h) et pure sur milieu d'isolement nous avons raclés à l'aide d'une pipette pasteur stérile quelques colonies (quatre colonies) bien isoler et parfaitement identiques. Ensuite nous avons déchargé la pipette pasteur dans 5 ml d'eau physiologique. Enfin, nous avons bien homogénéisé cette dernière afin d'avoir une solution équivalente à 0.5 Mc Farland (*Figure 21*).

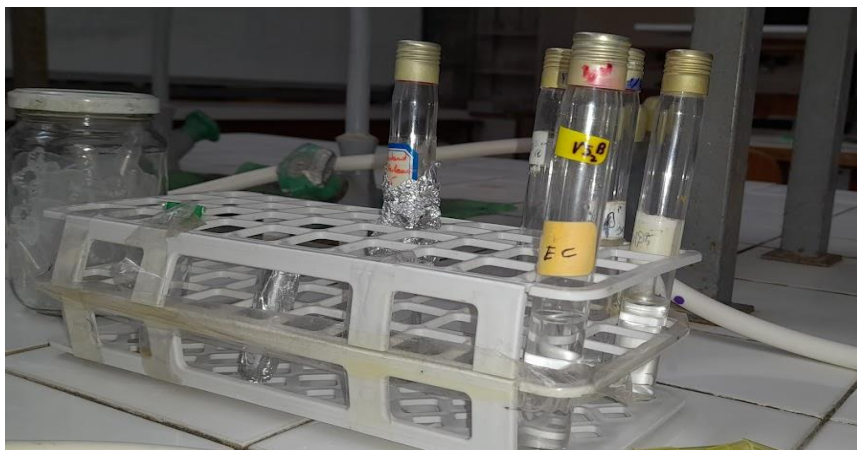


Figure 21 : Préparation de la suspension bactérienne (Photo original)

6.2.5 Ensemencement

Après solidification des milieux de culture et préparation des suspensions, on a réalisé un ensemencement par stries serrés à l'aide d'un écouvillon ou d'une pipette pasteur trempée dans la suspension. L'opération doit se faire 3 fois en tournant la boîte de pétri d'un angle de 60° à chaque fois (*Figure 22*). On a numéroté la base de chaque boîte de pétri avec des numérotations convenant au nombre de dilution.



Figure 22 : Ensemencement sur milieu solide (Photo original).

6.2.6 Préparation des dilutions par DMSO

Les huiles essentielles ont été diluées dans une quantité de DMSO (*Tableau 6*), ce dernier a été testé afin de confirmer l'absence d'une activité antimicrobienne (*Figure 23*).

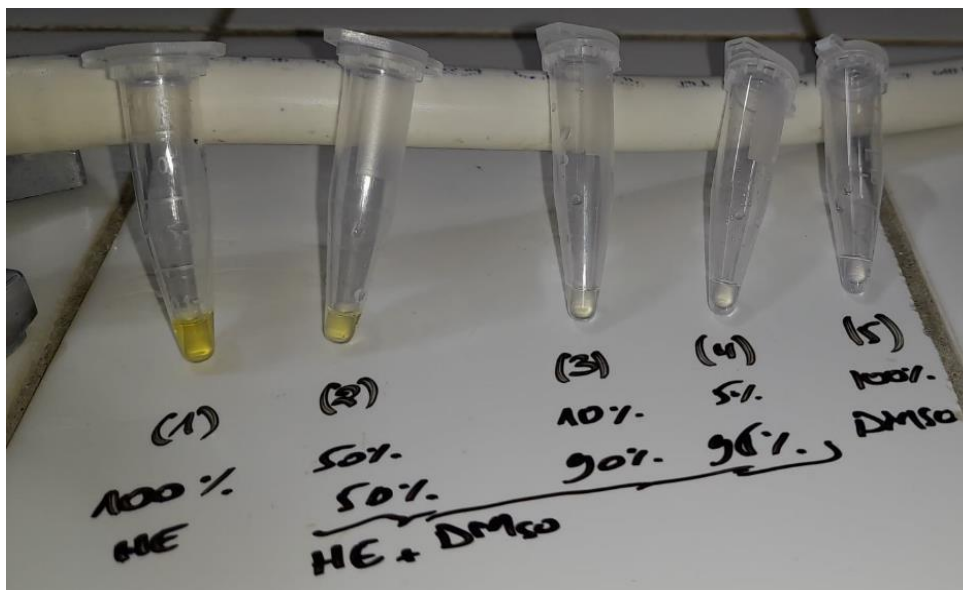


Figure 23 : Préparation des dilutions (Photo original).

Tableau 6: Concentrations de l'HE utilisées.

Dilution	Concentration	Quantité
1ère dilution (HE pure)	100%	100 μ l HE+ 0 μ l DMSO
2ème dilution	50%	50 μ l HE+50 μ l DMSO
3ème dilution	10%	10 μ L HE +90 μ l DMSO
4ème dilution	5%	5 μ l HE+ 95 μ l DMSO
5ème dilution (DMSO pure)	100%	0 μ l HE+ 100 μ l DMSO

6.2.7 Dépôt des disques

Pour chaque souche testée on a déposé des disques de papier Whatman sur la surface des boîtes de pétri à l'aide d'une pince stérilisée au bec bunsen, puis à l'aide d'une micropipette on a prélevé 10 μ l de chaque dilution d'HE qu'on a mis sur les disques de papier Whatman. Enfin, Les boîtes de pétri sont mises dans l'étuve à température 37°C pendant 24 heures (*Figure24*) (*Figure25*).



Figure 24 : Numérotation des boîtes de pétri et Placement des disques dans les boîtes (**Photo original**).

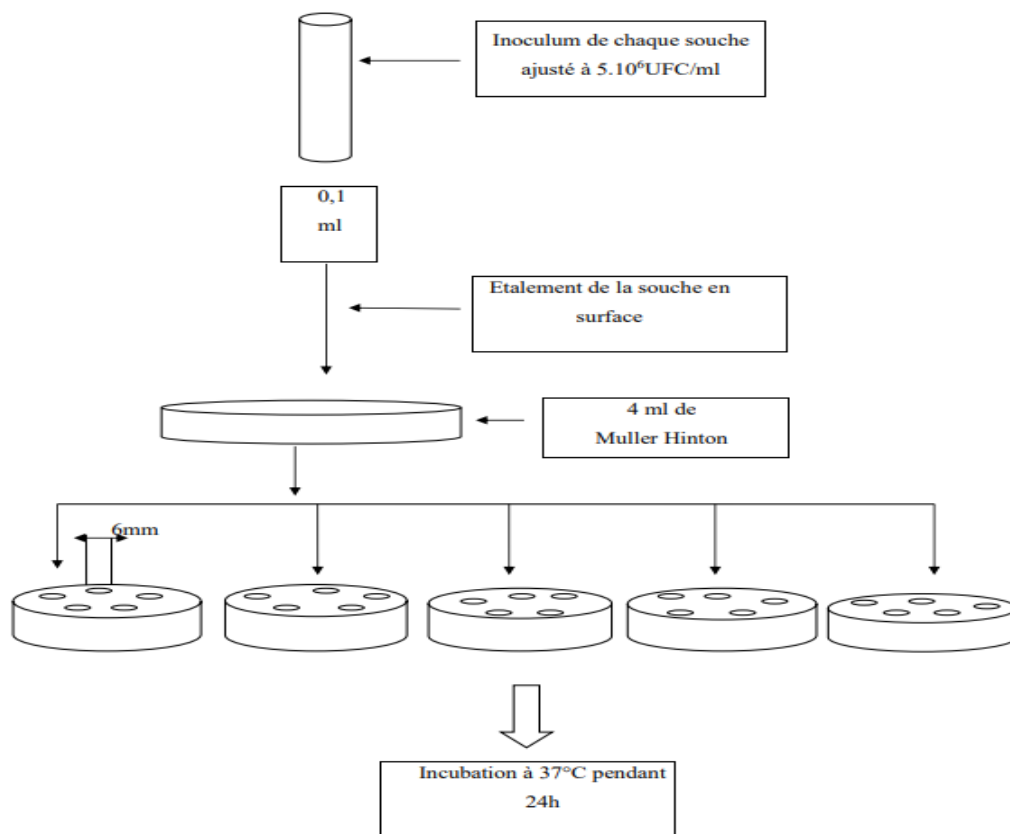


Figure 25: Schéma récapitulatif du protocole

6.2.8 Expression des résultats

La lecture se fait par la mesure précise du diamètre (D) de la zone d'inhibition à l'aide d'une règle (Figure 24). La sensibilité à l'huile a été classée par le diamètre des halos d'inhibition plus la zone d'inhibition mesurée est grande, plus le germe est sensible (Tableau 7) (Ponce et al., 2003 ; Moreira et al., 2005).

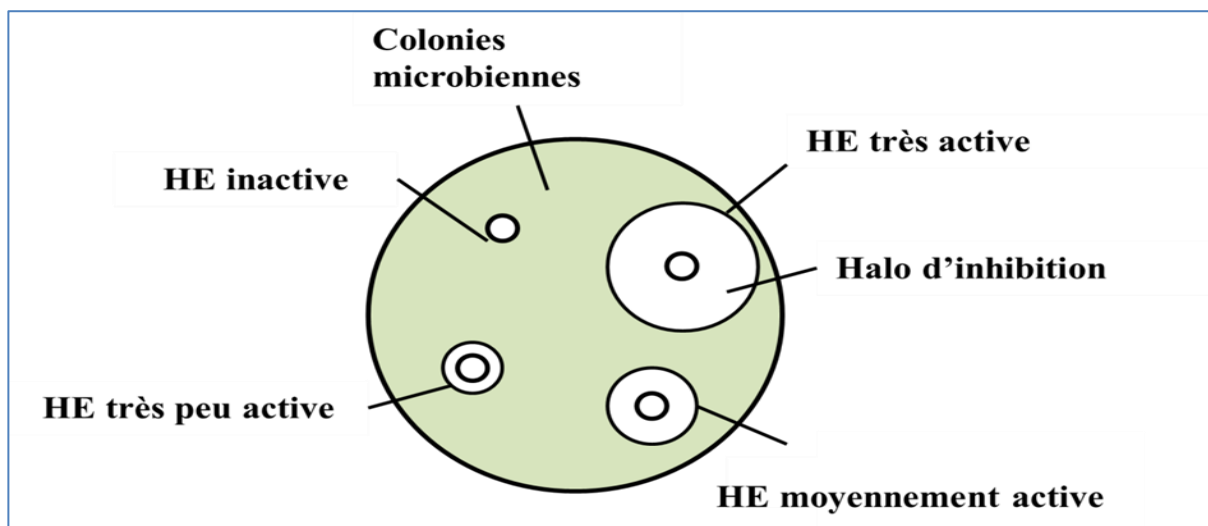


Figure 26 : Les différentes zones d'inhibition microbienne (Baudoux et al., 2003).

Tableau 7: Degrés des sensibilités de la croissance microbienne et leur diamètres des zones d'inhibition (Ponce et al., 2003) et (Moreira et al.,2005).

Diamètre d'inhibition	Sensibilité
D<10mm	Non sensible (-) « résistante »
Entre 10 à 14 mm	Sensible(+)
Entre 15 à 20mm	Très sensible (++)
Plus de 20 mm	Extrêmement sensible (+++)

6.3 Etude de la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques (Antibiogramme)

La méthode de l'antibiogramme par diffusion à partir de disque en milieu gélosé a été utilisée pour étudier la sensibilité des bactéries aux antibiotiques .La diffusion représente l'une des méthodes les plus anciennes pour évaluer la sensibilité ou la résistance des bactéries à divers antibiotiques (Jehl et Cattoen, 2016). Un volume de suspension microbienne standardisée a été ensemencé par étalement sur des boîtes de MH à l'aide d'un écouvillon stérile, puis laisser sécher pendant 10 à 15 min à la température ambiante (Denis et al., 2011).

A l'aide d'une pince stérile flambée à proximité d'un bec bensen les disques d'antibiotiques sont déposés à la surface de la boîte gélosée de MH précédemment encensé .La boîte gélosée ainsi préparée est maintenue à la température ambiante pendant 30min à 1h .Afin de permettre la pré-diffusion, ensuite elle a été incubée à 37°C pendant 24h à 48h.

En examinant l'antibiogramme, on peut identifier si une souche bactérienne était sensible (S), intermédiaire (I) ou résistante (R) à un antibiotique spécifique. D'après la norme nationale de l'anti-

biogramme en médecine humaine et vétérinaire de 2011 et le comité de l'antibiogramme de la Société française de microbiologie (2015) (Ammari et al., 2011 ;Jehl et al.,2015). On mesure donc la zone d'inhibition, y compris le diamètre du disque à l'aide d'un pied à coulisse. Les zones d'inhibition résultantes seront uniformément circulaires ou aucune croissance n'est observée.

Tableau 8: Charges des disques par les antibiotiques utilisés

Antibiotique	Charge du disque en µg
Pénicilline	6
Ofloxacine	5
Cefotaximine (S)	30
Fosfomycine trométamol	200
Spiramycine	100
Clindamycine	2

Chapitre III

Résultats et discussion

7. Détermination du rendement de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis*

Le rendement R en huile essentielle est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RHE} = \text{Masse d'huile essentielle(g)} / \text{Masse du matériel végétal utilisé(g)} \times 100$$

$$M' = 0.5467\text{g} \quad M = 400\text{g} \quad \text{donc} \quad M'/M \times 100$$

Nous avons obtenu les résultats suivants :

$$\text{RHE}\% = (M'/M) \times 100$$

$$\text{RHE}\% = (0.5467/400) \times 100$$

$$\text{RHE}\% = 0,13 \%$$

Le rendement en huile essentielle est exprimé en pourcentage de la matière végétale sèche. Il est variable selon différents facteurs comme le séchage de la matière végétale, le broyage et la durée d'extraction. Le rendement de l'huile essentielle de notre espèce est indiqué dans le (*Tableau 9*).

Tableau 9: Rendement de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Espèce	Masse de la matière végétale (g)	Masse de l'huile essentielle (g)	Rendements (%)
<i>E. camaldulensis</i>	400	0.5467	0,13

Le rendement enregistré pour l'huile essentielle de l'espèce *E.camaldulensis* dans différentes régions d'Algérie est donné dans le (*Tableau 10*).

Tableau 10: Rendement d'*Eucalyptus camaldulensis* dans différentes régions d'Algérie.

Rendements (%)	Origines	Références
0,13	Constantine	Notre travail
0,99	Ouargla	Mehani, 2015
0,68 - 0,21	Mitidja, Alger	Bouferkas et al., 1996
0,42	Tizi Ouzou	Nait Achour, 2012
0,6	Ain Timouchent	Salemkour et Rahaoui, 2019
0,7	constantine	Benayache et al., 2001
0,33	(Bainem, Alger)	Foudil-Cherif, 1991
0,84	sidi Bel Abas	Ghalem et Benali, 2014
0,98	Tébessa	Djebbari et Barki, 2021
1,92	AinTimouchent	Belbachir, 2019
0,2-2.6	Guelma	Hadjadji et Chemlel, 2018

Selon les études publiées dans diverses régions d'Algérie, les rendements de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* varient de 0,2% à 2,6%, ce qui correspond aux deux valeurs caractéristiques de l'espèce de Guelma (**Tableau 10**). Une étude a révélé un taux de (0,68% - 0,21%) d'huile essentielle extraite des plantes cultivées dans la plaine de Mitidja (**Bouferkas et al., 1996**). Ce taux est considérablement plus élevé à celui obtenu lors de notre extraction, ce qui peut être attribué aux facteurs pédologiques tels que la texture, la composition, la porosité et le pH du sol. Cependant, notre performance est similaire à celle obtenue par l'espèce d'Ain Timouchent, qui s'élève à 0,60% (**Salemkour et Rahaoui, 2019**).

De plus, certains auteurs au Nigéria et au Maroc ont réussi à obtenir respectivement un rendement de 0,26% et 3,8% (**Zrira et Benjlali, 1991 ; Oyedeji et al., 1999**). Le premier correspond à la performance de notre espèce, tandis que le second est plus élevé. Certains auteurs ont réussi à obtenir un rendement légèrement supérieur à notre, avec des résultats de 3,8% et 2,51% re-

spectivement (Singh et al., 1989 ; Zrira et Benjilali, 1991). Il est possible que cela soit dû à un manque de minéraux amendements, ces derniers contribuent à l'augmentation de la masse végétale et de la quantité d'huile essentielle extraite. Par contre, notre résultat est assez similaire à celui observé au Nigéria avec 0,26%, au Congo avec 0,3% et à Taiwan avec 0,57% (Oyedeji et al., 1999 ; Ciman-ga et al., 2002 ; Cheng et al., 2009).

Pour résumer, de nombreuses recherches ont confirmé que les variations observées dans le rendement en huile essentielle peuvent être liées non seulement à l'origine de la plante, mais aussi à l'interaction d'une variété de facteurs (biotiques et abiotiques). La température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation, le régime des vents, l'apport d'engrais organiques et/ou minéraux, ainsi que les méthodes d'extraction, sont parmi ces facteurs. Il a une influence directe sur les espèces de plantes.

8. Résultat de l'activité antibactérienne

La présence d'une huile antibactérienne permet de prévenir ou de combattre les bactéries et les infections bactériennes. Une bactérie est un micro-organisme procaryote unicellulaire. Quelques-unes sont utiles, voire nécessaires à la vie, tandis que d'autres sont dangereuses, voire mortelles, en provoquant des enfermements. Les bactéries représentent les organismes les plus nombreux de notre planète. Deux grands types de bactéries sont principalement présents : les bactéries Gram positif (avec une paroi épaisse de peptidoglycane mais sans membrane externe) et les bactéries Gram négatif (avec une paroi cellulaire mince mais avec membrane externe).

Les zones d'inhibition sont mesurées en moyenne à partir de trois essais \pm écart type, et les diamètres obtenus lors de cette étude varient de 9,33 mm à plus de 26 mm (*Tableau 11*). Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne de notre plante, nous avons utilisé une échelle qui a réparti les diamètres des zones d'inhibition (D) de la croissance bactérienne en 4 catégories :

- ✓ **Extrêmement sensible (+++)** : plus de 20 mm
- ✓ **Très sensibles (++)** : de 15 mm à 20 mm
- ✓ **Sensibles (+)** : 10 mm à 14 mm
- ✓ **Nom sensibles (-)** : moins de 10 mm.

Tableau 11: Diamètres des zones d'inhibitions des HEs d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Souches Bactériennes	Dilution N1 100µl	Dilution (N2) 50 µ	Dilution (N3) 10 µl	Dilution (N4) 5 µl	DMSO 100 µl
<i>Escherichia coli</i> Gram –	18 mm (++)	12 mm (+)	/	12 mm (+)	0 mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Gram –	/	/	/	/	0 mm
<i>Staphylococcus aureus</i> Gram+	26 mm (+++)	19,33 mm (++)	11,33 mm (+)	9,33 mm (-)	0 mm
<i>Bacillus cereus</i> Gram+	13,33 mm (+)	10 mm (+)	/	/	0 mm

(++) : Très sensibles, (+) : Sensibles, (-) : Non sensibles

- **Dilution 100% :**

L'huile a montré une excellente activité sur les trois souches bactériennes testées en effet, la bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus* était extrêmement sensible à l'huile pure donnant la plus grande valeur du diamètre de la zone d'inhibition 26 mm.

Ces résultats nous permettent de conclure que l'accroissement du volume de l'huile essentielle induit l'amélioration de son pouvoir inhibiteur. Ceci peut être expliqué par l'augmentation du pourcentage des molécules bioactives responsables de son effet antibactérien (Kheyar et al., 2014).

- **Dilution 50% :**

L'huile a enregistré un très bon effet antibactérien sur les souches bactériennes à Gram positif, avec des zones d'inhibitions de 10 mm pour *Bacillus cereus* et 19,33 mm pour *Staphylococcus aureus*.

us . Pour la souche bactériennes à Gram négatif *Escherichia coli* un bon effet antibactérien a été noté avec de diamètre d'inhibitions 12 mm.

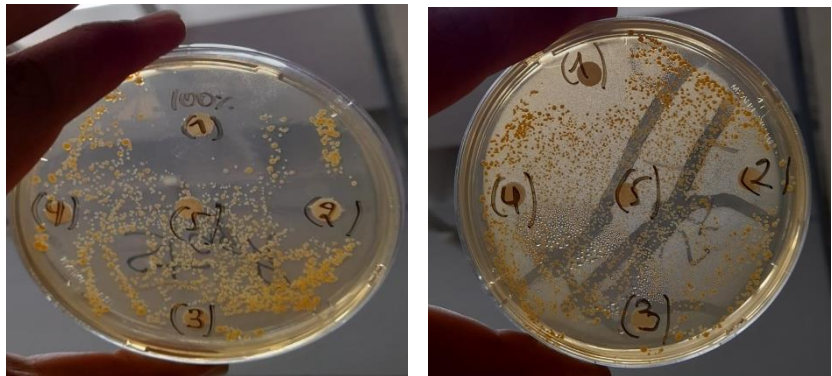
- **Dilution 10% :**

l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* a montré un effet inhibiteur moyen sur la souche bactérienne *Staphylococcus aureus* avec de diamètre d'inhibitions 11,33 mm.

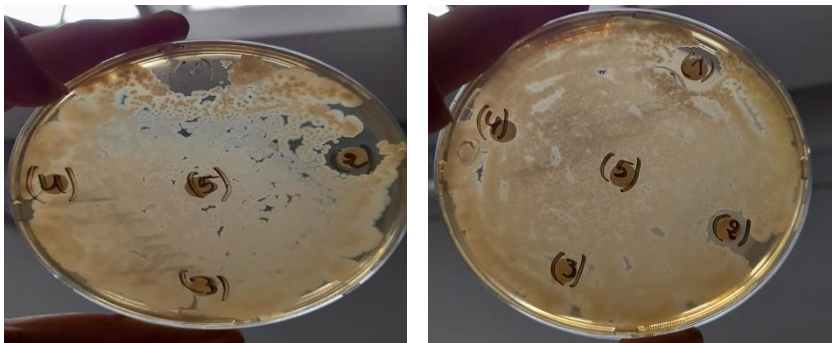
- **Dilution 5% :**

l'HE d'*E.camaldulensis* n'a enregistré aucun effet antibactérien sur la bactérie *Staphylococcus aureus*. Par contre, la bactérie *Escherichia coli* donne un bon effet antibactérien avec de diamètre d'inhibition 12 mm (**Figure 27**).

Staphylococcus aureus



Bacillus cereus



Escherichia coli

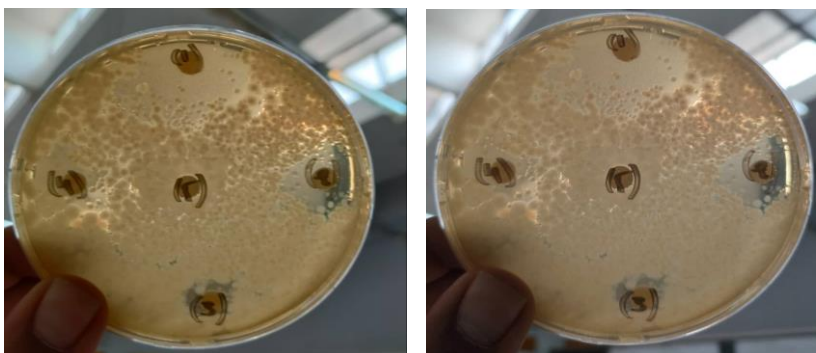


Figure 27: Activité antibactérienne de différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* sur les souches bactériennes testées (**Photo original**).

9. Antibiogramme

Tableau 12: Diamètre des zones d'inhibition de l'antibiogramme en (mm).

Antibiotiques	Bactérie			
	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Pénicilline	/ (R)	/ (R)	30 mm (S)	18 mm (I)
Ofloxacine	21,5 mm (I)		19,5 mm (I)	23 mm (I)
Cefotaximine	37,5 mm (S)			
Fosfomycine trométamol	/ (R)		/ (R)	
Spiramycine		36,5 mm (S)		
Clindamycine				17 mm (I)

(S) : Bactérie sensible à un antibiotique. **(I)** : Bactérie à une sensibilité intermédiaire contre un antibiotique. **(R)** : Bactérie résistante à un antibiotique.

Nous avons remarqué deux souches résistantes contre Pénicilline se sont : *E. coli* et *Bacillus subtilis*, ainsi deux souches résistantes contre Fosfomycine trométamol se sont *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Les souches sensibles sont : *Pseudomonas aeruginosa* (30 mm) contre Pénicilline et *E. coli* (37,5 mm) contre Cefotaximine et *Bacillus subtilis* (36,5 mm) contre Spiramycine.

Les bactéries à une sensibilité intermédiaire sont : *Staphylococcus aureus* (18 mm) contre Pénicilline et *E. coli* (21,5 mm), *Pseudomonas aeruginosa* (19,5 mm), *Staphylococcus aureus* (23 mm) contre Ofloxacine et *Staphylococcus aureus* (17 mm) contre Clindamycine (**Tableau 13**) (**Figure 28**).

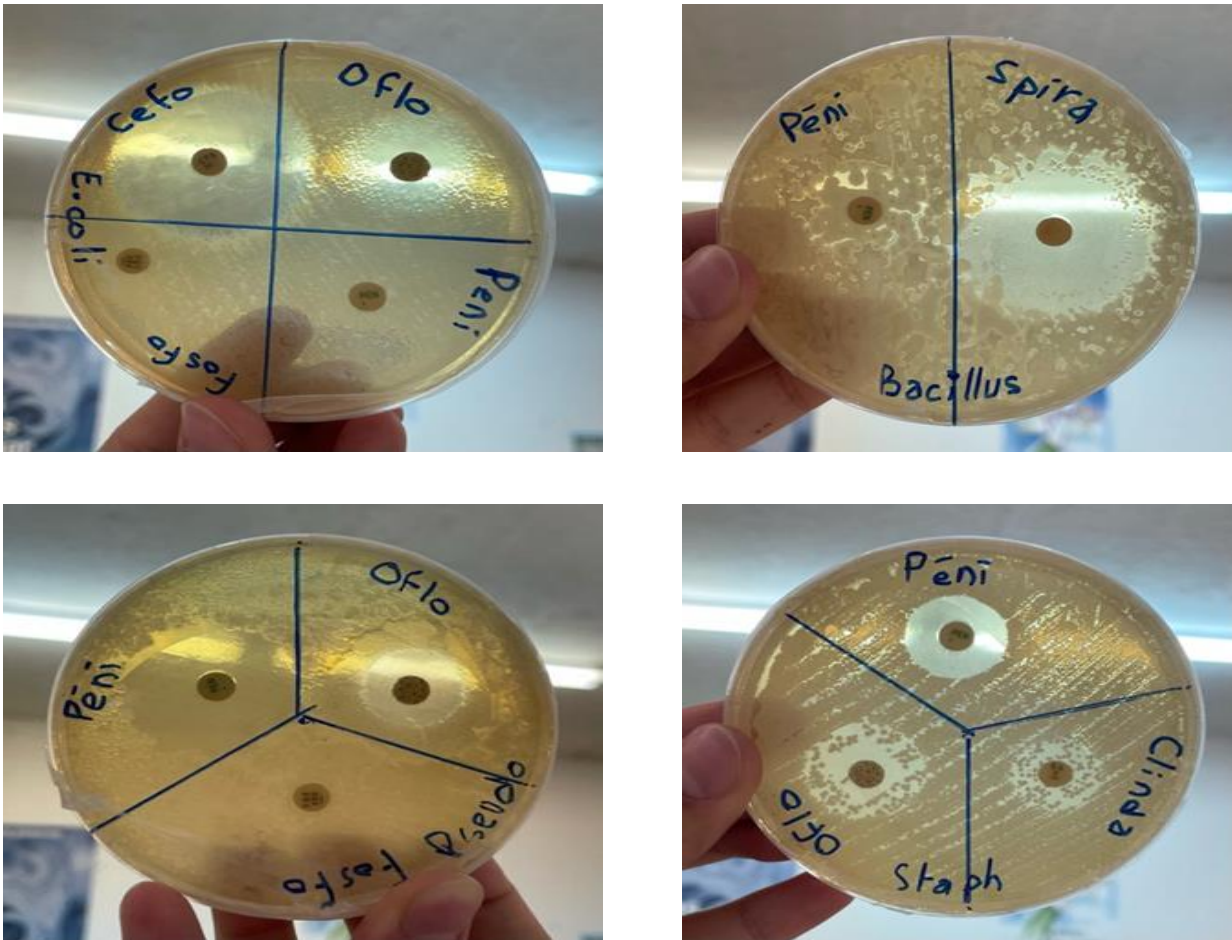


Figure 28 : Résultats de l'antibiogramme (Photo original).

Péni : Pénicilline, **Oflo :** Ofloxacine, **Cefo:** Cefotaximine, **Fosfo :** Fosfomycine trométamol, **Spira :** Spiramycine. **Clinda :** Clindamycine.

Conclusion

Les huiles essentielles ont des propriétés biologiques significatives, telles que leur activité antimicrobienne, ce qui leur permet d'être employées dans divers secteurs.

Cette étude vise principalement à évaluer le pouvoir antimicrobien de la plante *E.camaldulensis*, qui est utilisée dans la pharmacopée traditionnelle pour traiter diverses maladies.

L'utilisation de l'hydrodistillation (type Clevenger) pour extraire l'huile essentielle à partir des petits rameaux et feuilles frais d'*Eucalyptus camaldulensis* a donné un rendement de 0,13 %.

La méthode de diffusion des disques sur un milieu gélosé appelé « Aromatogramme » a été utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre quatre souches bactériennes (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*).

En ce qui concerne la sensibilité des espèces microbiennes à l'huile essentielle, nous avons constaté que la bactérie *Staphylococcus aureus* était particulièrement sensible à l'huile pure, avec une valeur de diamètre de la zone d'inhibition la plus élevée (26 mm).

Tous les antibiotiques ne réussissaient pas à lutter contre les souches étudiées. Le diamètre d'inhibition de Cefotaximine contre *E. coli* est le plus élevé, atteignant 37,5 mm.

L'*E camaldulensis* est considéré comme une ressource essentielle pour les études à venir dans les secteurs de l'industrie alimentaire et de la pharmaceutique.

Après avoir examiné ces résultats, il serait donc pertinent de mener :

- Des recherches plus approfondies sur l'espèce *E camaldulensis* d'Algérie.
- Étudier expérimentalement ses diverses caractéristiques chimiques et biologiques.
- D'autres techniques pour extraire les HEs.
- Examiner d'autres propriétés biologiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, comme son effet antifongique, antiviral, ainsi que son effet anti-inflammatoire.
- Évaluer la capacité antioxydante et antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Conclusion

- Isoler et caractériser les composés actifs présents dans l'extrait afin de déterminer les différentes molécules qui sont responsables des diverses activités biologiques de cette plante.

A

- Aćimović, M. (2021).** Essential oils : Inhalation aromatherapy—a comprehensive review. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 4(2), 547-557.
- Agidew, M. G. (2022).** Phytochemical analysis of some selected traditional medicinal plants in Ethiopia. *Bulletin of the National Research Centre/Bulletin of the National Research Center*, 46(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00770-8>
- Alami, A. E., & Chait, A. (2017).** Enquête ethnopharmacologique et ethnobotanique sur les plantes médicinales dans le Haut Atlas central du Maroc. Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research). <https://doi.org/10.5281/zenodo.843894>
- Albaugh, J. M., Dye, P. J., & King, J. S. (2013).** Eucalyptus and Water Use in South Africa. *International Journal of Forestry Research*, 2013, e852540. <https://doi.org/10.1155/2013/852540>
- Aleksic Sabo, V., & Knezevic, P. (2019).** Antimicrobial activity of Eucalyptus camaldulensis Dehn. plant extracts and essential oils: A review. *Industrial Crops and Products*, 132, 413-429. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.051>
- Ali, N., Ahmed, G., Ali Shah, S. W., Shah, I., Ghias, M., & Khan, I. (2011).** Acute toxicity, brine shrimp cytotoxicity and relaxant activity of fruits of callistemon citrinus curtis. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11(1), 99. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-11-99>
- Amira, B., & Sandli Rihab, G. N. (2020).** Etude du potentiel de rendement en huiles essentielles de deux espèces végétales du Nord-Est Algérien (Eucalyptus camaldulensis et Citrus sinensis). [Working Paper]. SNV.STU. <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/9120>
- Ammari H, Benslimani A, Rahal K, Tali-Maamar H, Kechih-Bounar S. 2011.** Standardisation de l'antibiogramme a l'échelle nationale (médecine humaine et vétérinaire), 6^eédition , OMS,195.
- Atmani-Merabet, G. (2018).** Huiles essentielles de trois espèces d'Eucalyptus d'Algérie : composition et activité acaricide (Varroa destructor) (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat. Algérie : Université des Frères Mentouri, Constantine 1).
- Atmani-Merabet G., Fella S., Belkhiri A. (2020).** Comparative study of two Eucalyptus species from Algeria: chemical composition toxicity and acaricidal effect on Varroa destructor. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 33(3), 144-148.
- Azim, W. M. a. E., & Balah, M. A. (2016).** Nanoemulsions formation from essential oil of Thymus capitatus and Majorana hortensis and their use in weed control. *Indian Journal of Weed Science*, 48(4), 421. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2016.00108.8>

B

Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., & Kaur, S. (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, 256(12), 2166-2174.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.008>

Baudoux D et Zhiri A .(2003). Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française, AMYRIS., vol. 2, 6 vol.

Bekele-Tesemma, A., Birnie, A., & Tengnäs, B. (1993). Useful Trees and Shrubs for Ethiopia : Identification, Propagation, and Management for Agricultural and Pastoral Communities. Regional Soil Conservation Unit, Swedish International Development Authority.

Benayache F., Benayache S., Benyahia S. (2001). Leaf oils of some Eucalyptus species growing in Algeria. *J Essent Oil Res*, 13(3) : 210-213.

Benazzeddine, S. (2010). Memoire Online—Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à -vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae) Sidali BENAZZEDDINE. Memoire Online.
https://www.memoireonline.com/03/13/7081/m_Activite-insecticide-de-cinq-huiles-essentielles-vis--vis-de-Sitophilus-oryzae-Coleoptera--Curc2.html

Benbelaid, F., Khadir, A., Bendahou, M., Zenati, F., Bellahsene, C., Muselli, A., & Costa, J. (2016). Antimicrobial activity of *Rosmarinus eriocalyx* essential oil and polyphenols : An endemic medicinal plant from Algeria. *Journal of Coastal Life Medicine*, 4(1), 39–44.
<https://doi.org/10.12980/jclm.4.2016j5-221>

Benchaa, S. (2021). Adventices des cultures : Phytodiversité et moyens de lutte (Doctoral dissertation).

Belbachir,kh.A. (2019). Etude phytochimique et l'Activité Antioxydante de la plante *Eucalyptus camaldulensis*, Mémoire de Master, Université de Ain Temouchent.

Boland, D., Brooker, M., Chippendale, G., Hall, N., Hyland, B., Johnston, R., et al. (1984). Forest trees of Australia. Nelson and CSIRO Melbourne.

Boland, D., Brooker, M., Chippendale, G., Hall, N., Hyland, B., Johnston, R., Kleinig, D., McDonald, M., & Turner, J. (2006). Forest Trees of Australia.
<https://doi.org/10.1071/9780643069701>

Borouhaki, M. T., Mollazadeh, H., & Afshari, A. R. (2016). Pomegranate seed oil: A comprehensive review on its therapeutic effects. *Int J Pharm Sci Res*, 7(2), 430.

Boudy, P. L. J. (1874-1957) A. (1952). Guide du forestier en Afrique du Nord. La Maison rustique. Paris.

Références bibliographiques

Bouferkas, F. ; Touabet, A. ; et Foudil, Y. (1996). Extraction et analyse des essences de trois espèces d'Eucalyptus Algérien et l'étude de comportement chromatographique de deux polymères.

Boukhatem, M. N., & Setzer, W. N. (2020). Aromatic herbs, medicinal Plant-Derived essential oils, and phytochemical extracts as potential therapies for coronaviruses: future perspectives. *Plants*, 9(6), 800. <https://doi.org/10.3390/plants9060800>

Bouras, M. (2018) Thèse de Doctorat : Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques. Université Badji mokhtar-annaba. Algérie.

Bouzabataa A., Bighellia A., Abedb L., Casanova J and Tomia F. (2014). Composition and Chemical Variability of Eucalyptus bosistoana Essential Oil from Algerian Sahara. *Natural Product Communications*, 9(5), 701-702.

Bouzabata, A. (2015). CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE PLANTE MÉDICINALE ET AROMATIQUE MYRTUS COMMUNIS L (Doctoral dissertation, Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.).

Bren, L., & Gibbs, N. (1986). Relationships between flood frequency, vegetation and topography in a river red gum forest. *Australian Forest Research*, 357-370.

Brooker, M. I. H., & Kleinig, D. A. (2006). Field Guide to Eucalypts. Bloomings Books.

Brown, P. (2005). EUCLID Eucalypts of Southern Australia (Second Edition). *South African Journal of Botany*, 71(1), 130-131. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30166-6](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30166-6).

C

C, D. R. J., Rencoret, J., Gutiérrez, A., Kim, H., & Ralph, J. (2022). Unconventional lignin monomers—Extension of the lignin paradigm. In *Advances in botanical research* (pp. 1–39). <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2022.02.001>

Chevalier, A. (1952). Travaux français sur le genre Eucalyptus. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 32(353), 105-112. <https://doi.org/10.3406/jatba.1952.6483>

D

Del Río, J. C., Rencoret, J., Gutiérrez, A., Kim, H., & Ralph, J. (2022). Unconventional lignin monomers—extension of the lignin paradigm. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 104, pp. 1-39). Academic Press.

Denis F, Bingen E, Martin C, Ploy MC, Quentin R .2011. Bactériologie médicale : Techniques usuelles. 2nd Edition Elsevier Masson, 640.

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie (Doctoral dissertation).

Références bibliographiques

Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities : A critical review. *Medicines*, 3(4), 25.

Dieye, P. I., & Sarr, S. O. (2021). Lutte contre la COVID-19 : la phytothérapie africaine au secours de la médecine moderne en panne. *Afrique Science*, 18(3), 13-21.

Djebbari H et Barki D. (2021). Etude de l'effet antibactérien de l'huile essentielle de deux plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus camaldulensis*). Mémoire de Fin d'étude, université Larbi Tébessi, Tébessa, Algérie.

Dmitrović, S., Perišić, M., Stojić, A., Živković, S., Boljević, J., Živković, J., Aničić, N., Ristić, M., & Mišić, D. (2015). Essential oils of two *Nepeta* species inhibit growth and induce oxidative stress in ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) shoots in vitro. *Acta Physiologiae Plantarum/Acta Physiologiae Plantarum*, 37(3). <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1810-2>

Drihem, S., & Labdi, K. (2016). PHYTOTHERAPIE ENTRE LA CONFIANCE ET LA ME-FIANCE. Mémoire professionnel infirmier de la sante publique. Institut de formation paramédical BISKRA (Algérie).

E

Erau, P. (2019). L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine.

Ericsson, H. M., Sherris, J. C., (1971). Antimicrobial susceptibility testing-Report of an international collaborative study. *Acta Pathol. Microbiol. Sect .B .Suppl.*, 217 pp : 1-90.

Eucalyptus camaldulensis—Wikipédia. (s. d.). Consulté 30 mai 2024. A l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_camaldulensis

Eucalyptus : Health Benefits, Side Effects, Uses, Dose & Precautions. (s. d.). RxList. Consulté 31 mai 2024. A l'adresse <https://www.rxlist.com/supplements/eucalyptus.htm>

Eucalyptus Information | Mount Sinai—New York. (S. d.). Mount Sinai Health System. Consulté 31 mai 2024. A l'adresse <https://www.mountsinai.org/health-library/herb/eucalyptus>

F

FAO. (1982). Les eucalyptus dans les reboisements. **FOSA Document national de prospective—L'Algérie. (S. d.). Consulté 30 mai 2024.** A l'adresse <https://www.fao.org/4/X6771F/X6771F02.htm>

Faye, M. (2010). Nouveau procédé de fractionnement de la graine de Neem (*Azadirachta Indica* A. Jussi) sénégalais : production d'un bio-pesticide d'huile et de tourteau (Doctoral dissertation).

Foudil-Cherif, Y. (1991). Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'*Eucalyptus globulus* Labill et *Camaldulensis*. Université Des Sciences et de La Technologie Houari Boumedienne, USTHB, ALGER.

G

Gayet C. Michel P. Guide de poche de la phytothérapie. Paris : Quotidien Malin Editions ; 2013.

Ghalem, BR.; Benali, M. (2014). Antibacterial activity of essential oil of North West. *Eucalyptus*, *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(10), 799-804.

Ghimire, S. K., Awasthi, B., Rana, S., Rana, H. K., Bhattarai, R., & Pyakurel, D. (2016). Export of medicinal and aromatic plant materials from Nepal. *Botanica Orientalis*, 10, 24–32. <https://doi.org/10.3126/botor.v10i0.21020>

Goudiaby, A. O. K., Sall, S. D., Coly, I., Djiba, S., Ndour, N., & Ndoye, I. (2017). Influence du couvert de *Eucalyptus camaldulensis* (dehn) sur la diversité spécifique des herbacées dans la zone de Diembéring (Basse Casamance, Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.6>

Guerrouf, A. (2017). Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire (Doctoral dissertation).

H

Hadjadji, A.; Chemlel, M. (2018). Etude de l'activité antifongique de quelques huiles essentielles sur des champignons phytopathogènes, Thèse d'obtention du Diplôme de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma.

Hazrati, H., Saharkhiz, M. J., Niakousari, M., & Moein, M. (2017). Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 142, 423–430. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.041>

J

Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants : Past history and future perspective. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>

Jehl F, Lina G ,Bonnet R, Bru JP, Caron F, Cattoir V, Chardon H, Courvalin P, Dubreuil L Jarlier V, Lambert T, Lefort A, Merens A, Nicolas-Chanoine MH, Plesiat P, Poly MC, Soussy CJ, Varon E, Weber P. 2015. Comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie

(Recommandation de 2015).The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing - EUCAST, 117.

Jehl, F., & Cattoen, C. (2016). Comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie. Recommandations 2016. V1. 0 Février, 117.

Jesus Cardenas, allergologue. (2017). Eucalyptus. Les propriétés médicinales de l'eucalyptus, validation médicale.

K

Kerio, L. C., Wachira, F. N., Wanyoko, J. K., & Rotich, M. K. (2012). Characterization of anthocyanins in Kenyan teas : Extraction and identification. Food Chemistry, 131(1), 31-38.

Kheyar N ., Meridja D ., , Belhamel K. (2014). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Inula viscosa*, *Salvia officinalis* et *Laurus nobilis* de la région de Bejaia. Algerian Journal of Natural Products 2:1(2014)18-26 18.

Kommedahl, T. (1963). Eucalypts of Australia. Journal of the Minnesota Academy of Science.

Koziol, N. (2015). Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité.

L

Laurent, J. (2017). Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine (Doctoral dissertation, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Le Maitre, D., Richardson, D., & Chapman, A. (2004). Alien plant invasions in South Africa : Driving forces and the human dimension. South African Journal of Science, 100.

L'Eucalyptus—Bienfaits, Utilisation, Préparation, Indications. (2011, décembre 31). https://www.passeportsante.net/.https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=eucalyptus_ps

Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, X., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H., & Chen, S. (2016). An overview of plant phenolics compound and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. Molecules/Molecules Online/Molecules Annual, 21(10), 1374. <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>

M

Mehani, M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camendulensis* dans la région Ouargla (Doctoral dissertation).

Références bibliographiques

Merabet G. (2018). Thèse de doctorat : Huiles essentielles de trois espèces d'Eucalyptus d'Algérie composition et activité acaricide (*Varroa destructor*). Université des frères Mentouri constantine1.

Messaouda, M. M. (2019). Etude de l'effet biopesticide de quelques extraits naturels d'une plante appartenant à la famille des Lamiacées (Doctoral dissertation, Université de Annaba).

Moreira M.R., Ponce A.G., De Valle C.E., Roura S.I, 2005. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen .*Lebensmittel-Wissenschaft and-Technologie- LWT*, 38, 565- 570p.

Mouhi, L., Moghrani, H., Nasrallah, N., Amrane, A., & Maachi, R. (2017). Anti-inflammatory activity of essential oil of an endemic *Thymus fontanesii* Boiss. & Reut. with chemotype carvacrol, and its healing capacity on gastric lesions. *Journal of Food Biochemistry*, 41(3), e12359.

N

Najem, M., Belaidi, R., Harouak, H., Bouiamrine, E. H., Ibijbijen, J., & Nassiri, L. (2018). Occurrence de plantes toxiques en phytothérapie traditionnelle dans la région du Moyen Atlas central Maroc. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(2), 5651-5673.

Nait Achour, K. (2012). Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'Eucalyptus poussant dans la région de Tizi Ouzou. Mémoire de Magister, Université A. Mira, Bejaia, Algérie.

Nahal, I. (1989). Eucalyptus et conditions écologiques en région méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*, XI(1), 03-08.

Nama, M. C., Malonga, K. F., Kahumba, B. J., & Kakoma, S. (2021). CARTOGRAPHIE ET CARACTÉRISTIQUES DES TRADI-PRATICIENS ET PHYTOTHÉRAPIE EN MÉDECINE TRADITIONNELLE DANS LA VILLE DE LUBUMBASHI EN RDC. *International Journal of Social Sciences and Scientific Studies*, 1(4), 72-88.

Navarrete, P., Pizzi, A., Pasch, H., Rode, K., & Delmotte, L. (2013). Characterization of two maritime pine tannins as wood adhesives. *Journal of adhesion science and technology*, 27(22), 2462-2479.

Noureddine, L. (2014). impact de la faune entomologique sur le deperissement de l'eucalyptus camaldulensis dans les regions de setif et bordj bou arreridj. Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER EN BIOLOGIE ANIMALE. <http://dspace.univ-se-tif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/1894/1/MAGISTER%20LAADEL%20Noureddine%202014.pdf>.

O

OULLAI, L., & CHAMEK, C. (2018). Contribution à l'étude ethnopharmacognosique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des affections de l'appareil digestif en Kabylie.

P

Penfold, A., & Willis, J. (1961). The eucalypts : Botany, cultivation, chemistry, and utilization. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-eucalypts-%3A-botany%2C-cultivation%2C-chemistry%2C-and-Penfold-Willis/bccf20288aab870e64507427a7f5a1f9bf33fcd8#related-papers>.

Pervaiz, T., Songtao, J., Faghihi, F., Haider, M. S., & Fang, J. (2017). Naturally occurring anthocyanin, structure, functions and biosynthetic pathway in fruit plants. *J. Plant Biochem. Physiol*, 5(2), 1-9.

Pierron, C. (2014). Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Planchon, J.-E. (1875). L'EUCALYPTUS GLOBULUS AU POINT DE VUE BOTANIQUE, ECONOMIQUE ET MEDICAL. *Revue des Deux Mondes*, 3e période, tome 7, 1875, 149-174.

Ponce AG , Fritz R , Del valle C, Roura SI. 2003. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Food Science and Technology*, 36, 679- 684 .

R

Rassem, H. H., Nour, A. H., & Yunus, R. M. (2016). Techniques for extraction of essential oils from plants : A review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16), 117-127.

S

Salemkour, B & Rahaoui, R. (2019). Etude De L'effet Antimicrobien des Extraits et de l'Huile Essentielle d'une Plante Médicinale (*Eucalyptus camaldulensis*) de La Région d'Ain Timouchent. Mémoire de Master. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Aïn-Témouchent, Algérie.

Sawadogo, A. (1981). Importance des eucalyptus dans les reboisements en Afrique de l'ouest : évaluation économique de leur utilisation. MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES Présenté en vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural Option : Eau et Forêts.

Sebai & Boudali, M. (2012). La phytothérapie entre la confiance et la méfiance. Mémoire professionnel infirmier de la sante publique. Institut de formation paramédical CHETTIA (Algérie).

Singh, P., Shukla, R., Kumar, A., Prakash, B., Singh, S., & Dubey, N. K. (2010). Effect of *Citrus reticulata* and *Cymbopogon citratus* essential oils on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production on *Asparagus racemosus*. *Mycopathologia*, 170, 195-202.

Sofiane, G., & Wafa, N. In Vitro Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities Valorisation of Methanol Extract of *Rosmarinus eriocalyx* Jord. & Fourr.

Références bibliographiques

Soumare, A. (2018). Les plantations d'Eucalyptus au Sahel : Distribution, importance socio-économique et inquiétude écologique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. https://www.academia.edu/56746685/Les_plantations_d_Eucalyptus_au_Sahel_distribution_importance_socio_%C3%A9conomique_et_inqui%C3%A9tude_%C3%A9cologique

Stape, J. L., Gonçalves, J. L. M., & Gonçalves, A. N. (2001). Relationships between nursery practices and field performance for Eucalyptus plantations in Brazil. *New Forests*, 22(1), 19-41. <https://doi.org/10.1023/A:1012271616115>.

T

Taleb, M. S. (2017). Aromatic and Medicinal Plants in Morocco : Diversity and Socio-Economic Role. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 11(12), 812–816. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1314574>.

Tareau, M. (2019). Les pharmacopées mélangées de Guyane : ethnobotanique d'une phytothérapie en mouvement. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02452873>.

Thomson, L. A. J., & Merwin, M. L. (1985, juin). Recolte de graines d'eucalyptus camaldulensis dehn. Au victoria occidental. <https://www.fao.org/4/s4009f/S4009F20.htm>.

Trabut, M. L. (1914). Naturalisation d'un Eucalyptus en Algérie : Eucalyptus algeriensis Trab.; Bulletin de la Société Botanique de France, 61(5), XIII-XIV. <https://doi.org/10.1080/00378941.1914.10832605>.

Turnbull, J. W. (s. d.). Information sur les ressources génétiques forestières no 2. Consulté 30 mai 2024, à l'adresse <https://www.fao.org/4/E4209F/E4209F07.htm>.

V

Verhaegen, D., Randrianjafy, H., Rakotondraoelina, H., Trendelenburg Rakotonirina, M.-C., Andriamampianina, N., Montagne, P., Rasamindisa, A., Chaix, G., Bouillet, J.-P., & Bouvet, J.-M. (2014). Eucalyptus robusta pour une production durable de bois énergie à Madagascar : Bilan des connaissances et perspectives. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 320(320), 15. <https://doi.org/10.19182/bft2014.320.a20541>.

W

Welle, F., Gueye, M. T., Sarr, I., Sarr, A. K., Cissokho, P. S., Diarra, K., & Balde, B. (2022). Etude de l'efficacité de la poudre d'Eucalyptus camaldulensis Dehn sur Sitophilus zeamais (Motschulsky) et Tribolium castaneum (Herbst) ravageurs du sorgho stocké au Sénégal : Study of the effectiveness of Eucalyptus camaldulensis Dehn powder on Sitophilus zeamais (Motschulsky) and Tribolium castaneum (Herbst) pests of stored sorghum in Senegal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(3), Article 3. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.19>.

Références bibliographiques

Wilkinson J.M.(2006). Methods for testing the antimicrobial activity of extracts. Chapter VIII.pp.157-165. In Ahmad I., Aqil F. and Owais M. Modern Phytomedicine : Turning Medicinal Plants into Drugs. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 405 p.

Z

Zaika L.L.(1988). Spices and Herbs: Their Antimicrobial Activity and Its Determination. Journal of Food Safety, 9, 97-118.

ZAXE. (2018, juillet 4). Tout ce que tu dois savoir sur l'eucalyptus. zaxeblog. <https://roxylab.wixsite.com/zaxeblog/post/tout-ce-que-tu-dois-savoir-sur-l-eucalyptus>.

Zenasni, L. (2014). Etude de polymorphisme chimique des huiles essentielles de Thymus saturoioides Coss et d'Origanum compactum Benth et du genre Nepeta et évaluation de leur propriété antibactérienne.

Zhao, X., Zeng, J., Gao, H., & Wang, Y. (2014). Optimization and composition of volatile Oil from Polygonatum odoratum (Mill Druce) using supercritical fluid extraction. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 13(5), 779-786.

Résumé

Dans le but de valoriser les plantes médicinales et aromatiques algériennes, ce travail se concentre sur les huiles essentielles dotées d'importantes activités antimicrobiennes et de nombreuses propriétés thérapeutiques. Plus précisément, nous nous intéressons à l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, récolté dans la région de Constantine, en Algérie. L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles, réalisée par hydrodistillation type Clevenger, a donné un rendement de 0,13%. L'évaluation du pouvoir antimicrobien d'*Eucalyptus camaldulensis* par la méthode de diffusion sur milieu gélosé, appelée « aromatoگرامme », a été réalisée contre quatre souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les zones d'inhibition observées étaient de 18 mm pour *E. coli*, 26 mm pour *S. aureus*, 13,33 mm pour *B. cereus*. Les résultats montrent que l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* possède la plus forte activité antimicrobienne contre *S. aureus*. Tous ces résultats mettent en lumière les diverses applications thérapeutiques de cette plante dans la médecine traditionnelle et encouragent la recherche de nouvelles molécules naturelles à propriétés antibactériennes, dans le but de les exploiter dans différentes industries : pharmaceutique, cosmétique et alimentaire.

Mots clés

Eucalyptus camaldulensis, hydrodistillation, Huile essentielle, Antibioگرامme,

Aromatoگرامme

ملخص

بهدف تعزيز النباتات الطبية والعطرية الجزائرية، يركز هذا العمل على الزيوت الأساسية التي تمتلك نشاطات مضادة للميكروبات وخصائص ، التي تم جمعها في (*Eucalyptus camaldulensis*) علاجية عديدة. على وجه الخصوص، نحن نهتم بالزيت الأساسي لشجرة الكاليتوس منطقة قسنطينة بالجزائر. تم استخراج الزيوت الأساسية من الأوراق بواسطة التقطير المائي باستخدام جهاز كليفنجر، وقد أعطت نسبة باستخدام طريقة الانتشار في وسط *Eucalyptus camaldulensis* استخراج قدرها 0.13%. تم تقييم القدرة المضادة للميكروبات لزيت (*Staphylococcus aureus*)، العنقودية الذهبية (*Escherichia coli*) مغذي، المعروفة بـ "الأروماتوجرام"، ضد أربع سلالات بكتيرية هي: الإشريكية القولونية كانت مناطق التثبيط (*Pseudomonas aeruginosa*)، والزائفة الزنجارية (*Bacillus cereus*)، العصوية الشمعية (*lococcus aureus*) التي تم ملاحظتها هي 18 ملم للإشريكية القولونية، 26 ملم للعنقودية الذهبية، و13.33 ملم للعصوية الشمعية. أظهرت النتائج أن الزيت الأساسي لشجرة الكاليتوس يمتلك أقوى نشاط مضاد للميكروبات ضد العنقودية الذهبية. كل هذه النتائج تسلط الضوء على التطبيقات العلاجية المتنوعة لهذه النبتة في الطب التقليدي وتشجع البحث عن جزيئات طبيعية جديدة ذات خصائص مضادة للبكتيريا بهدف استخدامها في مختلف الصناعات: الصيدلانية، التجميلية، والغذائية

الكلمات المفتاحية

كاليتوس كامالدولنسيس، التقطير المائي، زيت أساسي، المضاد الحيوي، الأروماتوجرام

Abstract

To promote the use of Algerian medicinal and aromatic plants, this work focuses on essential oils with significant antimicrobial activities and numerous therapeutic properties. Specifically, we are interested in the essential oil of *Eucalyptus camaldulensis*, harvested in the Constantine region of Algeria. The extraction of essential oils from the leaves, performed by hydrodistillation using a Clevenger apparatus, yielded 0.13%. The antimicrobial activity of *Eucalyptus camaldulensis* was evaluated using the agar diffusion method, known as the "aromatogram," against four bacterial strains: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, and *Pseudomonas aeruginosa*. The observed inhibition zones were 18 mm for *E. coli*, 26 mm for *S. aureus*, and 13.33 mm for *B. cereus*. The results show that the essential oil of *E. camaldulensis* has the strongest antimicrobial activity against *S. aureus*. All these results highlight the various therapeutic applications of this plant in traditional medicine and encourage the search for new natural molecules with antibacterial properties, aiming to utilize them in different industries: pharmaceutical, cosmetic, and food.

Key word

Eucalyptus camaldulensis ,hydrodistillation, Essential oil, Antimicrobial activity, Aromatogram