



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche
« Toxicologie Fondamentale & Appliquée »

THÈME

**Le pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'une plante médicinale
endémique (wilaya d'El –Tarf. Extrême nord de l'Algérie).**

Soutenu le : 16/ 06 /2025

Présenté Par :
BENLOUCHAT NARDJES & HAOUILI AYA

Devant le jury composé de :

Pr Djabali Nacira	Pr	Présidente	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Dr ouibrahim Amira	MCB	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Dr Rekioua Naouel	MCA	Promotrice	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Dr Salemkour Nora	MCA	Co-Promotrice	CRSTRA - Biskra

Année universitaire 2024 - 2025



Remerciements

بسم الله الرحمن الرحيم

Nous remercions ALLAH tout puissant et miséricordieux, pour nous avoir donné le courage, la patience, la force et la volonté pour pouvoir finir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sentiments les plus vifs et les plus sincères pour remercier notre encadreur Dr Rekouia Naouel qui a accepté de nous encadrer pendant notre mémoire de fin d'étude, pour sa gentillesse, sa disponibilité, son soutien et ces conseils tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions également l'ensemble des membres de jury d'avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail :

Pr Djabali Nacira Présidente à l'Université Chadli Bendjedid El-Tarf ;
Dr Ouibrahim Amira Examinatrice à l'Université Chadli Bendjedid El-Tarf ;
Dr Salemkour Nora Co-Promotrice à CRSTRA - Biskra

Mes vifs remerciements vont à tous les membres de l'équipe de laboratoire du Département pour leur accueil, leur sympathie aussi que leur idées constructives.

Merci à ceux de près ou de loin qui nous a aidé et encouragé dans la concrétisation de ce projet, trouvant notre gratitude et nous sincères remerciements.



Dédicace

Tout d'abord, je remercie « Allah » le tout-puissant d'avoir atteint ce Stade.
mon père bien-aimé, qui a été mon ombre durant toutes les années des études.

À ma mère, qui a été mon roc et ma source d'inspiration tout au long de ce
parcours,

À ma famille, qui m'a entouré d'amour et de soutien tout au long de mon
parcours,

Aussi je dédie ce travail d'études à mes frères : Ramzi et Rabah et Wahid.

À ma jolie sœur : Warda, qui est près de mon cœur, ma muse
et mon autre moitié, je te dédie cette recherche, j'ai été heureuse
de ton expérience, de ton enseignement et de tes idées.

À mon binôme Aya et toutes les amies.

À tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université.

À tous ceux qui tiennent une place dans mon cœur, avec les quels je partage
les mots de tendresse, d'amour et d'amitié.

Votre amour et votre encouragement ont été ma source de motivation.

NARDJES



Dédicace

Avec l'aide de DIEU, j'ai pu réaliser ce modeste travail de fin d'étude
à que je dédie A:

Ma chère Maman celle qui c'est sacrifiée durant sa vie afin
de me voir réussir, celle qui a éclairé mon chemin de ma vie par ces
conseils,

Mon cher père pour me voire arriver à cette étape
celui qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études,

A mes frères ziad et Ayoub,

A ma sœur Malek qui a été toujours à mes côtés.

A toutes la famille,

Pour votre présence, votre soutien et votre affection depuis tout ce parcours

A mes meilleurs amies qui je les trouve toujours derrière moi surtout
dans les périodes les plus difficiles (aya, djihad))

Sans oublier mon binôme Nardjes Pour son soutien moral, sa patience et sa
compréhension tout le long de ce projet.

À mon cher fiancé

« RAMZI » pour son soutien constant, pour l'encouragement et l'aide qu'il
m'a toujours accordé.

aya

Résumé

Cette étude a évalué l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle des tiges d'*Eucalyptus globulus*, extraite par hydrodistillation. Testée sur 16 souches pathogènes, l'huile a montré une efficacité remarquable. Les plus fortes zones d'inhibition à 40 µl ont été observées contre *Staphylococcus aureus* (30 mm), *Candida albicans* (30 mm), *Streptocoque hémolytique (gorge)* (27 mm) et *Candida albicans* (ECBU) (26 mm), confirmant un effet dose-dépendant. Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) variaient de 2,68 g/l (*Candida albicans*) à 110,73 g/l (Bacille pyocyanique). Les CMB atteignent 110,73 g/l pour certaines souches résistantes. L'huile a montré un effet bactéricide sur toutes les bactéries testées, et un effet fongistatique sur les levures, avec un rapport CMB/CMI > 4. Ces résultats confirment le potentiel thérapeutique de cette huile comme alternative naturelle aux antimicrobiens classiques.

Mots-clés : *Eucalyptus globulus*, hydrodistillation , huiles essentielles , zone d'inhibition, CMI, CMB, activité antimicrobienne.

Abstract

This study evaluated the antimicrobial activity of essential oil extracted from the stems of *Eucalyptus globulus* using hydrodistillation. The oil was tested in vitro against 16 pathogenic strains and demonstrated remarkable efficacy. At a dose of 40 µl, the largest inhibition zones were observed against *Staphylococcus aureus* (30 mm), *Candida albicans* (30 mm), *Streptococcus* (27 mm), and *Candida albicans* (ECBU) (26 mm), confirming a dose-dependent effect. The minimum inhibitory concentrations (MIC) ranged from 2.68 g/l (*Candida albicans*) to 110.73 g/l (*Pseudomonas aeruginosa*), with corresponding minimum bactericidal concentrations (MBC) reaching up to 110.73 g/l. The oil exhibited bactericidal effects on all bacterial strains and fungistatic activity on yeasts, with CMB/MIC ratios > 4. These findings support the potential of *Eucalyptus globulus* essential oil as a natural alternative to conventional antimicrobial agents.

Keywords: *Eucalyptus globulus*, hydrodistillation, essential oils, inhibition zone, MIC, MBC, antimicrobial activity

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية المضادة للميكروبات لزيت أساسي مستخرج من سيقان *Eucalyptus globulus* باستخدام طريقة التقطير المائي. تم اختبار الزيت ضد 16 سلالة ممرضة، وأظهر فعالية ملحوظة. لوحظت أكبر مناطق تثبيط عند تركيز 40 ميكرو لتر ضد *Staphylococcus aureus* و *Candida albicans* 30 مم، 27 مم ضد *Streptococcus*، و 26 مم (ECBU) *Candida albicans* ، مما يدل على تأثير يعتمد على الجرعة. تراوحت التركيزات المثبطة الدنيا (CMI) من 2.68 غ/ل لـ *Candida albicans* إلى 110.73 غ/ل لـ *Bacillus pyocyanique*. أما التركيزات القاتلة الدنيا (CMB) فبلغت 110.73 غ/ل لبعض السلالات المقاومة. أظهر الزيت تأثيراً قاتلاً على جميع السلالات البكتيرية وتأثيراً توفيقياً على الخمائر، بنسبة CMB/CMI أكبر من 4. تؤكد النتائج إمكانيات هذا الزيت كبديل طبيعي فعال للمضادات الحيوية التقليدية.

الكلمات المفتاحية : *Eucalyptus globulus* ، التقطير المائي ، الزيوت الأساسية ، منطقة التثبيط، CMI ، CMB ، النشاط المضاد للميكروبات .

Liste des figures

Figures	page
Figure 01 :L'Eucalyptus globulus (Rekioua, 2023).	07
Figure 02 : Répartition des Myrtacées dans le monde (Géraldine., 2013).	09
Figure 03 : l'écorce (site web 1).	10
Figure 04 : photographie des feuilles de l'eucalyptus globulus (site web 2).	10
Figure 05 : les fleurs de l'eucalyptus globulus (site web 3).	11
Figure 06 : les fruits de l'eucalyptus globulus (site web 4).	11
Figure 07 : Sites et mécanismes d'action des composants HE sur les bactéries (Burt.,2004).	20
Figure 08 : Schéma général de travail expérimental	23
Figure 09 : Eucalyptus globulus (Rekioua, 2023).	23
Figure 10: Localisation géographique du Région de la récolte ((www.Google earth.com).	24
Figure 11: Séchage de la plante dans l'étuve (Nardjes,Aya.,2025).	25
Figure 12: Broyage du matériel végétal (Nardjes,Aya.,2025).	25
Figure 13 : Schéma du dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodistillation avec un Clevenger (farhat A.,2010).	26
Figure 14: phase de séparation de l'HE par décantation (Nardjes,Aya.,2025).	26
Figure 15: Stérilisation des matériels (Nardjes,Aya.,2025).	27
Figure 16 : repiquage des souches microbiennes (Nardjes,Aya.,2025).	28
Figure 17 : Préparation de la suspension bactérienne (Nardjes,Aya.,2025).	29
Figure 18 : Les étapes d'ensemencement sur milieu MH (Nardjes,Aya.,2025).	30
Figure 19: Application des disques (Nardjes,Aya.,2025).	30
Figure20 : Les étapes de Détermination de la zone d'inhibition par la méthode de diffusion des disques sur l'aire d'évaporation (Nardjes,Aya.,2025).	31
Figure 21 : Méthode de détermination de la CMI en milieu solide (Nardjes,Aya.,2025).	31
Figure 22: Méthode de détermination de la CMB en milieu solide (Nardjes,Aya.,2025).	32
Figure 23 : Huile essentielle des tiges jeunes d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	34
Figure 24 : Résultats de l'aromatogramme (Nardjes,Aya.,2025).	36
Figure 25 : Résultats du test microatmosphérique de l'HE d'E.g. (Nardjes,Aya.,2025).	38
Figure 26 : Résultats de la concentration minimale inhibitrice CMI (Nardjes,Aya.,2025)	39
Figure 27 :La concentration minimale inhibitrice Bactéricide (CMB, CMF) (Nardjes,Aya.,2025)	40

Liste des tableaux

Tableaux	page
Tableau 01: Quelques familles des plantes médicinales (Rabiai., 2014).	5
Tableau02: Distribution géographique d'Eucalyptus globulus en Algérie(Foudil-Cherif. 1991).	9
Tableau 03 : Compositions chimiques des Huiles essentielles d'Eucalyptus.	12
Tableau 04 : Classification systématique d'Eucalyptus globulus (P. Erau.,2019 ,AGP III. 2009).	24
Tableau 05 : les différentes souches utilisées dans notre étude.	27
Tableau 06: Tableau descriptif des milieux de cultures utilisés.	28
Tableau 07 : Sensibilité et degré d'activité selon le diamètre d'inhibition (Ponce <i>et al.</i> , 2003)	29
Tableau 08 : Sensibilité bactérienne vis-à-vis de deux doses de l'huile essentielle d'E.g	35
Tableau 09 : Diamètres des zones d'inhibitions (en mm) de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	36
Tableau 10 : Sensibilité bactérienne aux composés volatils de l'huile essentielle des tiges d'E.g	37
Tableau 11 : Diamètres des zones d'inhibitions (en mm) de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	38
Tableau 12 : Concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus</i>	39

Liste des abréviations

Abréviation	Nom Complet
PMA	plantes médicinales et aromatiques
PAM	plantes médicinales aromatiques
HIE/H.E	Huile essentielle
MTR	Médecine traditionnelle
E.G	Eucalyptus globulus
AFNOR	L'Association Française de Normalisation
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
g	Gramme
APG.	angiosperm phylogeny group
E	Eucalyptus
%	Pourcentage
MHE	Masse de l'huile essentielle en g.
MmV.	Masse initiale de matière végétale en g
R%	Rendement en pourcentage %
MH	Mueller-Hinton
GN	Gélose nutritive
DMSO	Dimethyl sulfoxyde
CMI	concentration minimale inhibitrice
CMB	concentration minimale bactéricide
E. Coli	Escherichia coli
OMS	Organisation mondiale de la santé

Liste des annexes

Annexe 01. Les matériels non biologiques utilisés

Annexe 02. Les appareils du laboratoire utilisé

Annexe 03. Préparation du milieu de la culture

Table des Matières

Remerciements	
Dédicace	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
المخلص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
Introduction -----	1
Synthese bibliographique-----	3
Chapitre i :Étude monographique d'eucalyptus Globulus-----	4
1. Les plantes médicinales et aromatiques-----	5
1.1. Définition des plantes médicinales et aromatiques (pma)-----	5
1.2. Types des plantes médicinales -----	6
1.2.1. Les plantes spontanées -----	6
1.2.2. Les plantes cultivées -----	6
2. Utilisation des plantes médicinales-----	6
3. Intérêts des plantes médicinales -----	6
4. Eucalyptus globulus -----	7
4.1. Généralités sur eucalyptus globulus -----	7
4.2. Historique et origine -----	8
4.3. Répartition géographique de la plante -----	8
4.3.1. Dans le monde: -----	8
4.3.2. En algérie -----	9
4.4. Description morphologique et botanique -----	9
• l'écorce :-----	10
• feuilles -----	10
• fleurs -----	10
• fruits-----	11
• les racines :-----	11
4.5. Principaux constituants d'eucalyptus globulus -----	11
4.6. Utilisation des eucalyptus -----	12
4.6.1. Utilisation en médecine -----	13
4.6.2. Utilisation thérapeutique -----	13
4.7. Propriétés des huiles essentielles d'eucalyptus globulus -----	13
4.7.1. Propriétés antioxydants -----	13
4.7.2. Expectorante et mucolytique -----	13
4.7.3. Antibactériennes et cicatrisantes -----	14
4.7.4. Analgésique et anti inflammatoire -----	14
4.7.5. Antivirale -----	14
4.7.6. Antifongique -----	14
4.7.7. Insecticide -----	15
4.8. Toxicologie de l'huile essentielle de l'eucalyptus globulus -----	15
Chapitre II : Les huiles essentielles -----	16
1. Les huiles essentielles -----	17

2. Localisation des huiles essentielles dans la plante : -----	17
3. Domaines d'utilisation des huiles essentielles : -----	18
3.1. Secteur de l'industrie agroalimentaire : -----	18
3.2. Secteur de l'industrie de la parfumerie et du cosmétique : -----	18
3.3. Secteur de l'industrie pharmaceutique : -----	18
3.4. Secteur de l'industrie chimique : -----	18
4. Rôle des huiles essentielles : -----	18
5. Activités biologiques des huiles essentielles : -----	19
5.1. Activité antiseptique : -----	19
5.2. Activité antibiotique : -----	19
5.3. Activité antibactérienne : -----	19
5.4. Activité antifongique : -----	20
5.5. Activité antioxydant : -----	20
5.6. Anti-inflammatoires : -----	20
5.7. Antiparasitaires : -----	20
5.8. Antivirales : 20	
La partie Experimentale -----	21
Matériel et Méthodes -----	22
1. Matériel végétal -----	23
1.1. Position systématique d'eucalyptus globulus -----	24
1.2. Récolte et conservation de la plante -----	24
1.3. Séchage de la plante : -----	24
1.4. Broyage du matériel végétal : -----	25
1.5. Extraction de l'huile essentielle -----	25
1.6. Détermination et calcul du rendement en huile essentielle -----	26
2. Matériel biologique -----	26
3. Évaluation de l'activité antimicrobienne : -----	27
3.1. Stérilisation des matériels -----	27
3.2. Préparation du milieu de culture : -----	28
3.3. Repiquage et réactivation des souches bactériennes -----	28
3.4. Suspension bactériennes (inoculum) -----	28
3.5. Méthode des disques (méthode de diffusion) -----	29
3.6. Test micro atmosphère ou méthode en phase vapeur : -----	30
3.7. Détermination des paramètres antimicrobiens cmi et cmb en milieu solide -----	31
Résultats et discussion -----	33
1. Rendement en huile essentielle -----	34
2. Activité antimicrobienne -----	34
2.1. Aromatogramme -----	34
2.1.2 résultats d'analyse quantitative : -----	35
2.2. Microatmosphérique -----	36
2.2.1. Résultats d'analyse qualitative du l'he des tiges d'e.g : -----	36
2.1.2 résultats d'analyse quantitative : -----	37
Discussion -----	38
2.3. Détermination des paramètres antimicrobiens (cmi et cmb) et type d'activité del'huile essentielle -----	39
Conclusion -----	42
Perspectives -----	46
Références bibliographiques -----	48
Annexes -----	57



INTRODUCTION



L'utilisation des plantes médicinales est très répandue, non seulement dans beaucoup de médecines traditionnelles comme la médecine chinoise, elle se retrouve aussi chez la plupart des peuples dits primitifs d'Afrique, d'Amérique et d'Océanie. Plus de cinq millions d'individus à travers le monde se soignent par la phytothérapie, avec une progression annuelle d'environ 15% 40% des médicaments sont à base de composants actifs issus de plantes .

Ces plantes aromatiques et médicinales représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, hétérosides, quinones, vitamines,...et huiles essentielles .cela a incité les scientifiques à recourir à la phytothérapie, afin d'obtenir des molécules aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Cette phytothérapie peut être subdivisée en deux métabolites secondaires et les huiles essentielles. En effet, il est bien connu que les huiles essentielles présentent une activité antiseptique, non négligeable (**kaloustian et al.,2008**). Elles exhibent une activité antibactérienne (**Benjilal et al.,1986**), antimicrobienne, antioxydant, analgésique, anti inflammatoire, anti-cancérigène, antiparasitaire, et aussi un effet insecticide (**Burt,2004**). Beaucoup d'études ont rapporté leur efficacité contre les germes pathogènes et les contaminants dans les aliments (**Guetierrez, 2008**).

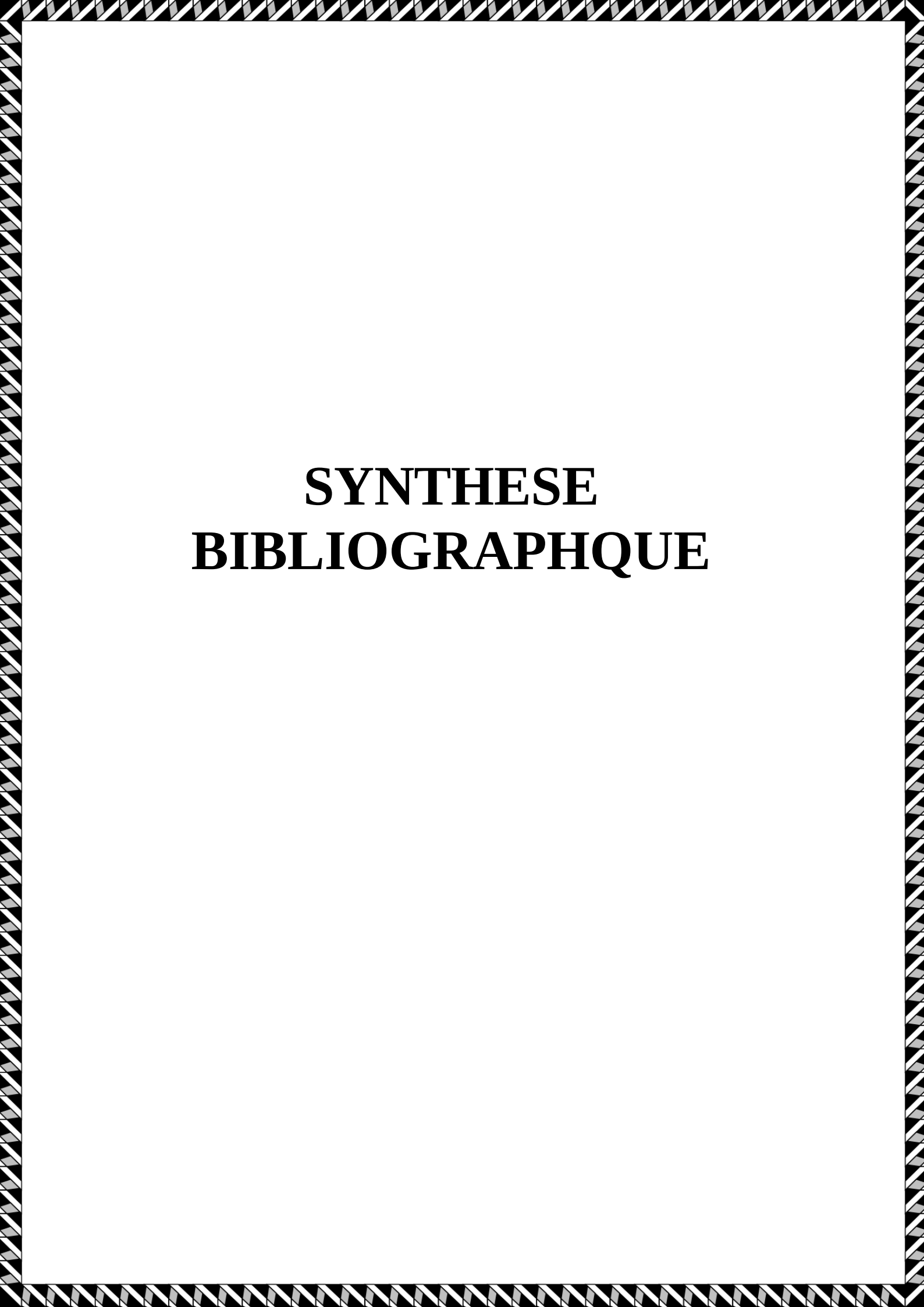
Le monde végétal est à l'origine d'un grand nombre de médicaments. Récemment, des chercheurs ont estimé qu'il existe environ 400000 espèces de plantes dans le monde (**Achak et al., 2009**) ; Les propriétés médicinales des plantes ont été recherchées par de nombreuses études à travers le monde, grâce à leur faible toxicité et à leur caractère économique (**Auddy et al.,2003**). Aujourd'hui la résistance aux antibiotiques constitue un réel problème de santé publique, qui pousse des nombreux professionnels de la santé à trouver des solutions alternatives, comme le recours à la médecine douce, basées sur les propriétés des plantes et notamment des huiles essentielles (HE) (**Asma, 2017**).

Le continent africain est un des continents dotés d'une biodiversité la plus riche dans le monde. L'Algérie possède une richesse floristique considérable, ce potentiel de plantes médicinales comporte des milliers d'espèces présentant divers intérêt et constituent un axe de recherche scientifique et plus particulièrement dans le domaine des substances naturelles (**Delille, 2007**). Parmi les nombreuses plantes à vertus thérapeutiques, nous nous sommes intéressés à l'*Eucalyptus Globulus* également appelé "gommier bleu", est l'un des principaux genres de la famille des myrtacées. En Algérie, l'Eucalyptus occupe une surface de 39.000 ha en 1995 (**Jacovelli, 2010**) et l'espèce E.G est l'une des espèces les plus répandues dans la wilaya d'El Tarf, située au nord-est de l'Algérie. La wilaya d'El Tarf, est une zone méditerranéenne riche en biodiversité et a vu l'implantation de cette espèce dans certaines de ses zones.

Dans ce cadre, il est d'autant plus intéressant de s'intéresser aux propriétés spécifiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* dans ces contextes géographiques et environnementaux. Et on va de valoriser les ressources locale de la région d'El-Tarf. Notre travail s'inscrit dans le cadre d'évaluer l'effet antimicrobiens de l'huile essentielle extraite des tiges de la plante médicinale d'*Eucalyptus globulus* récoltée dans la région de Raml souk wilaya d'El-Tarf. Sur ce, ce manuscrit réalisé est subdivisé comme suit :

- La première partie est relative à l'étude bibliographique.
- La deuxième partie représente la partie expérimentale où nous présenterons les techniques utilisées dans ce travail
- La troisième partie dédiée à la présentation des résultats obtenus

- La quatrième partie est accordée à la discussion.
- Enfin, la cinquième partie est réservée à la conclusion et les perspectives.



SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I :

Étude monographique d'eucalyptus globulus



1. Les plantes médicinales et aromatiques

Les plantes aromatiques et médicinales peuvent être appliquées dans divers secteurs (pharmacie, parfumerie, cosmétique et agroalimentaire) grâce à leurs caractéristiques thérapeutiques, organoleptiques et odorantes ou encore en tant que source d'isolats pour les synthèses hémossynthétiques. Donc, ces plantes aromatiques sont à la source de produits à haute valeur ajoutée (comme les huiles essentielles, les extraits, les résines, etc.) qui se caractérisent presque habituellement par des compositions complexes nécessitant une analyse préalable avant leur possible valorisation (Fadi., 2011). L'eucalyptus et le laurier, tout comme de nombreuses autres plantes, possèdent des propriétés pharmacologiques susceptibles de mener à des applications thérapeutiques.

1.1. Définition des plantes médicinales et aromatiques (PMA)

On appelle une plante médicinale toute plante, ou au moins une partie, possède des propriétés médicinales (Lakhdar, 2015) ; Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine, etc.) peut être employée dans le but de se soigner. Ce groupe des plantes peut être utiliser également comme aliment, condiment ou, aussi, comme moyen de la préparation des boissons hygiéniques (Grenez, 2019). En revanche, Les plantes médicinales aromatiques (PAM) sont utilisées depuis au moins 7 000 ans avant notre ère par les hommes et sont à la base de la phytothérapie. Les plantes aromatiques sont un ensemble des plantes utilisées en cuisine et en phytothérapie pour les arômes qu'elles dégagent et leurs huiles essentielles que l'on peut extraire. Ce sont des végétaux qui contiennent suffisamment de molécules aromatiques dans un ou plusieurs organes producteurs : feuilles, tiges, tigelles, fruits, bulbes, racines, graines, fleurs, écorce, ...etc. (Wikipédia, 2018)

Ils sont également utilisés dans la fabrication de produits cosmétiques et pharmaceutiques. Leur efficacité relève de leurs composés, très nombreux et très variés en fonction des espèces, qui sont autant de principes actifs différents. Exemples : menthe pouliot, camomille, sauge, thym, romarin, ...

Ces plantes sont largement utilisées dans les cultures traditionnelles du monde entier et deviennent de plus en plus populaires dans la société moderne (Van., 2018). Elles sont utilisées en pharmacie humaine et vétérinaire, en cosmétologie, soit en préparations galéniques, soit encore sous forme de principes actifs pour l'obtention de médicaments.

Tableau 01: Quelques familles des plantes médicinales (Rabiai, 2014).

Familles	Espèces
Liliacées	Tulipe, Ail, Poireau
Lamiacées	Basilic, Menthe, Origan, Lavande
Lauracées	Laurier
Polygonacées	Rhubarbe
Borraginacées	Bourrache, Consoude
Papavéracées	Pavot, Chélidoine
Ombellifères	Cerfuil, Persil, Coriandre
Myratacées	Eucalyptus, Girofle
Chénoposacées	Arroche
Saxifragacées	Groseillier, Cassiser

CHAPITRE I : Étude monographique d'*Eucalyptus globulus*

Il ressort du tableau 1 que l'*Eucalyptus* fait partie de la famille de Myrtacées, ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'huiles essentielles des zones tempérées, subtropicales à tropicales, poussant principalement en Australie, en Amérique, dans la région méditerranéenne, en Afrique subsaharienne, Madagascar, et les îles du Pacifique.

1.2. Types des plantes médicinales

La classification des plantes médicinales est caractérisée sur deux origines à la fois. En premier lieu les plantes spontanées dites "sauvages" ou "de cueillette", puis en second les plantes cultivées (**Ouedraogo et al., 2021**).

1.2.1. Les plantes spontanées

Les plantes spontanées sont toutes les plantes qui poussent naturellement dans une région sans y avoir été introduites par l'homme. Ce sont des espèces spontanées que l'homme utilise mais ne sème pas et ne cultive pas (**Bellakhder, 1997**). Les plantes spontanées vivaces constituent un facteur de protection de l'environnement contre l'érosion éolienne et hydrique, ainsi que la fixation du sol et des dunes, type de sol, du climat, la température, l'altitude...etc. Cette diversité fait de ces plantes des véritables réservoirs de spécificités génétiques (**Salfo, 2021**).

1.2.2. Les plantes cultivées

Pour l'approvisionnement de marché des plantes médicinales et la protection de la biodiversité floristique, le reboisement des plantes médicinales est indispensable pour assurer leur disponibilité prévisible au moment et en quantité voulu et, entre autre, assurer le non besoin de déplacer aux forêts pour éviter de détruire les espèces sauvages et protéger les plantes actuellement rares ou en voie de disparition et, enfin, garantir un contrôle plus facile de la qualité, de la sécurité et de la propreté des plantes. La teneur en principes actifs d'une plante médicinale varie avec l'organe considéré, mais aussi avec l'âge de la plante, l'époque de l'année et l'heure de la journée. Il y a donc une grande variabilité dont il faut tenir compte pour récolter au moment le plus opportun (**Bouacherine & Benrabia, 2017**).

2. Utilisation des plantes médicinales

Pendant longtemps, les plantes ont été utilisées uniquement en nature, sous forme de tisanes ou de poudres. Maintenant beaucoup sont présentées en gélules, mais il existe de nombreuses formes d'utilisation des plantes médicinales. Quelle que soit leur présentation, elles jouissent d'un regain d'intérêt largement suscité et entretenu par la publicité ainsi que par d'innombrables ouvrages de vulgarisation. (**Chabrier, 2010**).

De plus en plus des plantes sont utilisées en mélange. Pour ces préparations, des règles de bonnes pratiques officinales ont été instaurées. De nombreux paramètres sont à respecter comme le nombre de plantes, les associations possibles, la saveur, ou encore le goût qui devra être adapté au client. L'âge du patient et son état devront également être pris en compte (**Chabrier, 2010**).

En Algérie, l'utilisation des plantes médicinales est très répandue. La connaissance des plantes et de leurs propriétés médicinales a été transmise par les générations, pour le traitement de diverses maladies (diabète, morsures de serpent et des scorpions, brûlures, les maladies respiratoires, allergies, les maladies digestives...).

3. Intérêts des plantes médicinales

La plupart des espèces végétales contiennent des substances qui peuvent agir sur l'organisme humain et animal. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie.

Elles présentent en effet, des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus (**Iserin et al., 2001**). Les plantes médicinales sont importantes pour la recherche pharmaceutique et

l'élaboration des médicaments, directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première pour la synthèse des médicaments (**Decaux, 2002**). La raison fondamentale est que les principes actifs végétaux proviennent de processus biotiques répandus dans tout le monde vivant, alors que l'essentiel des médicaments de synthèse sont des xéno-biotiques aux effets secondaires indésirables (**Bruneton, 2009**).

Les PAs sont, par définition, des plantes dont les tissus sécrètent suffisamment d'essence végétale. Elles contiennent les molécules aromatiques ou odorantes dans un ou plusieurs de ses organes producteurs : feuille, fleurs, fruits, écorces, graines, racines, etc. toute plante à odeur n'est pas toujours une plante aromatique, pour exemple le tilleul est un arbre odorant mais il n'existe pas d'huile essentielle de tilleul (**Bechaalany, 2005**).

4. *Eucalyptus globulus*

L'eucalyptus est un genre de fleurs d'arbres et d'arbustes dans la famille des myrtes, Myrtaceae. Les plantes médicinales jouent un rôle important dans la santé mondiale et l'un des agents principalement utilisés depuis des siècles pour traiter et guérir plusieurs maladies.

4.1. Généralités sur *eucalyptus globulus*

Les *Eucalyptus* appartiennent à la famille des Myrtacées grande famille de 72 genres et 300 espèces. Ils comptent environ 600 à 700 espèces et variétés (**Warot, 2006**) ; La famille des Myrtacées est une famille des plantes dicotylédones qui comprend plus de trois mille espèces réparties en 48 à 134 genres environ. Ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'huiles aromatiques, des zones tempérées, subtropicales à tropicales (**Govaerts et al., 2008**). Les *Eucalyptus* sont pour la plupart de très grands arbres qui font partie de la famille des Myrtacées. Leur nombre est d'environ 600 à 700 espèces et variétés. Ce sont des angiospermes, dicotylédones (**Warot, 2006**). Ils sont originaires d'Australie mais on en retrouve également en Amérique du sud, en Afrique, en Europe et en Asie, où ils ont appris à s'acclimater. (**Koziol, 2015**).



Figure 01 : L'*Eucalyptus globulus* (Rekioua, 2023).

- **Odeur** : forte, fraîche, balsamique « odeur d'une baume », camphrée.
- **Saveur** : chaude aromatique, un peu amère, suivie d'une sensation de fraîcheur prononcée et agréable.
- **Biotope** : très cultivé sur le littoral dans l'air de l'oranger, il préfère les terrains humides. Le but, c'est d'assainir les régions marécageuses.

- **Récolte** : en Février et en Novembre à la taille des arbres.
- **Partie à utiliser** : essentiellement par ses feuilles adultes poussant sur les rameaux âgés (**Daroui-Mokaddem, 2012**).

4.2. Historique et origine

Le nom de l'espèce *Eucalyptus* provient du grec "eu", "beau" et "kalyptos", "caché" en lien avec le calice de la fleur qui se présente sous forme de capsule rigide dont l'opercule se libère au moment de la floraison. La variété "globulus" provient de "globus" (petite boule) en lien avec la morphologie de son fruit (**Lardry & Haberkorn, 2007**). Le genre *Eucalyptus* est endémique en Australie et en Tasmanie. Il est cultivé de nos jours dans quelques régions subtropicales d'Afrique, d'Asie (Chine, Inde, Indonésie) et d'Amérique du Sud ainsi qu'en Europe méridionale et aux États-Unis (**Bouamer et al., 2004**). Son introduction en Algérie par les français en 1860 comme espèce pionnière (**Goetz et al., 2012**).

- **Origine d'*Eucalyptus*** : Australie où il compose 95% des forêts naturelles, Tasmanie, Malaisie et Îles Indonésiennes.
- **Noms vernaculaires** : Calitouss « le nom le plus connue en Algérie », Calibtus et Kafor, ces noms sont les plus populaires en Algérie où ils sont utilisés dans différentes régions en Algérie.
- **Nom commun** : Gommier fait allusion à la gomme résineuse qu'ils exsudent quand ils sont blessés. Arbre à fièvre dans les régions où ils sont plantés en prévention du paludisme.

4.3. Répartition géographique de la plante

Les *Eucalyptus* sont de grands arbres dont certaines espèces peuvent atteindre 100 mètres de hauteur, originaire d'Australie, notamment de la province de Tasmanie ; l'*Eucalyptus* fut rapidement planté dans les régions subtropicales de l'Asie et du bassin méditerranéen. Possédant une exceptionnelle capacité d'absorber l'eau du sol sur lequel il croît, l'*Eucalyptus* assèche rapidement les marais qu'il colonise. Il élimine ainsi les milieux de reproduction des insectes qui transmettent la malaria, d'où le nom « d'arbre à la fièvre » ou Australien fevertree.

4.3.1. Dans le monde:

Les *Eucalyptus* sont indigènes au continent australien, où ils dominent d'ailleurs 95 % des forêts. Certaines espèces, notamment *Eucalyptus globulus*, ont été introduites en Europe, où elles se sont très bien acclimatées sur les rivages méditerranéens, ainsi qu'au Portugal, où d'immenses forêts d'*Eucalyptus* ont été plantées pour la production de pâte à papier. Ces espèces ont également été plantées en Afrique du Nord, notamment au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Libye. On les rencontre aussi dans les îles de Madagascar, de Malte et de La Réunion, en Afrique du Sud, au Brésil, au Chili...ect. Le total des plantations d'*eucalyptus* dans le Monde Méditerranéen est de l'ordre de 540.000 ha (**Baid, 2018**).



Figure 02 : Répartition des Myrtacées dans le monde (Géraldine, 2013).

4.3.2. En Algérie

Les *Eucalyptus* ont été introduits dans 18 arboretums dans les années 40 et 50, couvrant les zones bioclimatiques humides et semi-arides. Entre 1854 et 1860, des plantations de pieds d'*Eucalyptus* ont été effectuées dans tout le pays (Nait Achour, 2012). Plusieurs espèces ont obtenu d'excellents résultats dans les zones subhumides et semi-arides du pays, principalement en dessous de 800 mètres d'altitude, et dans des régions où les précipitations annuelles dépassent les 400 mm. Selon l'FAO (1982), les surfaces plantées étaient estimées à 28 200 hectares en 1965.

entre 1860 et 1870, l'*Eucalyptus globulus* s'est rapidement développé en Algérie (Rahmane & Bentboula, 2018). Les arbres à base d'*Eucalyptus*, tels que *E. globulus*, *E. camaldulensis* sont les plus couramment plantés dans la région méditerranéenne, notamment à l'Est (El-Kala, Annaba, Skikda), au centre (Tizi-Ouzou, Bainem) et à l'Ouest (Mostaganem), dans le but de satisfaire les besoins nationaux en produits ligneux et papetiers (Goetz et al., 2012).

Tableau 02 : Distribution géographique d'*Eucalyptus globulus* en Algérie (Foudil-Cherif, 1991).

Wilaya	Blida	Boumerdes	Relizane	Skikda	S.Belabas	Sétif	El tarf
Nom Local	Kafour	Kafour	Calatous	–	Ouerg El Kafour	Calatous	Calatous
Superficie	41ares	93ha70ares	–	2250 Ha	342 Ha	10 A	1000

4.4. Description morphologique et botanique

Eucalyptus globulus est une arbre aromatique de 30 à 100m de haut et plus de 1.5m de diamètre (Chibah et al., 2018), les feuilles jeunes sont opposées, ovales, luisantes et pendantes sur les jeunes rameaux. Les feuilles adultes sont alternes, falciformes, épaisses et coriaces, lancéolées et aiguës, de couleur vert foncé. Les boutons floraux, en forme de toupie, sont côtelés et recouverts d'un opercule aplati portant un bouton central, les fleurs sont blanches solitaires ou groupées par 2 ou 3. Elles possèdent 4 sépales rugueux et cireux, soudés en urne. Les fleurs sont bisexuées et régulières. La tige lisse, les rameaux sont assez robustes anguleux, le fruit est une capsule le fruit une capsule ligneuse en forme de 15 mm, largement sommitales ou arrondies, noir terne. Loculicide et anguleuse renferment plusieurs graines. Les graines sont exalbuminees à ovules anatropes, le tronc, dont les lames corticales extérieures sont souvent détachées, les filets des étamines sont allongés, les anthères subovales et les grains de pollen sont de forme triangulaire aplatie oblique (Lamara et al., 2022).

- **l'écorce :**

L'écorce est de couleur et de texture variable selon les espèces. Souvent elle présente plusieurs couleurs, comme un platane, et se détache en lambeaux qui tombent au sol, mais l'écorce peut être aussi dure, fibreuse, floconneuse, lisse (figure 03).



Figure 03 : l'écorce (<https://guide-huile-essentielle.com/huile-essentielle-eucalyptus-bienfaits.>).

- **feuilles**

Les eucalyptus portent des feuilles persistantes, glabres mais différentes en fonction de l'âge des rameaux : (**Brosse,2000**)

-sur les jeunes rameaux, possèdent des feuilles larges, courtes, avec un vrai limbe nervure

(vignette), les feuilles sont opposées, ovales et sessiles. Elles sont couvertes d'une pruine donnant à l'arbre cette couleur bleu-gris à l'origine du nom gommier bleu (**Btineau.,2011**).

-sur les rameaux plus âgés, possèdent des feuilles aromatiques, épaisses, vert foncé, courtement pétiolées (**Goetz et al., 2008**). Les feuilles sont alternes, falciformes, légèrement épaissies, pendantes et pétiolées. Les feuilles des rameaux âgés sont officinales et les Hes sont extraites car celles situées sur les rameaux juvéniles sont moins riches en principes actifs.



Figure 04 : photographie des feuilles de l'*Eucalyptus globulus* (<https://www.achat-vente-palmiers.com/fr/eucalyptus/2979-eucalyptus-globulus.html>).

- **Fleurs**

Les fleurs sont très variées. Elles ont de très nombreuses étamines qui peuvent être de couleur blanche, crème, jaune, rose ou rouge. (**Bruneton., 1999**) . Elles ont de couleur blanc crème (en bouton de couleur blanc-bleu), solitaires relativement larges à l'aisselle des feuilles et produisent un abondant nectar que les abeilles transforment en un miel à saveur prononcée. (**Adouani et al., 2021**). La base des sépales adhère à l'ovaire infère ; le calice et la corolle sont

soudes et sa paroi renferme des poches d'essence aromatique (Goetz, 2008).



Figure 05 : les fleurs de l'*Eucalyptus globulus*
(<https://www.aujardin.info/plantes/eucalyptus-globulus.php>).

- **Fruits**

Le fruit est la capsule anguleuse du calice, il renferme deux types de graines .les fruits a maturité ont la forme d'un cône, ils sont secs, et de couleur brune. Les fruits ligneux mesurent de 1,5 a 2,5 cm de diamètre ont une capsule très dure. Ils ont également des valves qui se soulèvent pour laisser échapper les graines lors de leur chute sur le sol (Goetz., 2008).



Figure 06 : les fruits de l'*Eucalyptus globulus*
(<https://www.lepeupledacote.com/plante/eucalyptus-globulus-gommier-bleu-de-tasmanie>).

- **Les racines :**

Les racines de l'eucalyptus globulus s'tendent assez horizontalement dans le sol et sont plutôt traçantes que pivotantes, leur caractère particulier est d'avoir peu de consistance quand elles sont jeunes, aussi toute espèce de labour devient-il préjudiciable à une plantation. Mais, au bout de la deuxième année, les individus acquièrent assez de force pour que les herbes qui les entourent ne puissent plus leur nuire. Par les propriétés absorbantes si énergiques des racines, l'eucalyptus globulus est regardé comme essentiellement propre à l'assainissement des lieux rendus insalubres par un sous-sol marécageux. (Adouani *et al.*, 2021).

4.5. Principaux constituants d'*eucalyptus globulus*

Ces principaux composants sont : (Chibah *et al*, 2018)

- Flavonoïdes (des hétérosides de flavones avec les aglycones suivants : quercétine, myricétine, kaempférol et rutine).
- Flavines.
- Aldéhydes phloroglucidiques.
- Tanins galliques. (Daroui-Mokaddem, 2012)
- Substances lipidiques anti oxydantes.

CHAPITRE I : Étude monographique d'*Eucalyptus globulus*

- L'huile essentielle (HE) contenant des sous composants terpéniques en site le principale qui le Eucalyptol (**Sarda, 2012**)

La teneur en huile essentielle est comprise entre 0,5 et 3,5%. Le 1,8 – cinéole ou eucalyptol est le constituant majoritaire (70-80%) ; les autres constituants sont majoritairement terpéniques. Quelques études ont été réalisées sur les huiles essentielles des feuilles d'E. globulus, et plus de 30 composés ont été identifiés. Le composé majoritaire est le 1,8-cinéole où eucalyptol (50 à 80 %).

Tableau 03 : Compositions chimiques des Huiles essentielles d'Eucalyptus.

Composés des H E	Références
1,8-cinéole : 72,71 % alpha-pinène : 9,22 % alpha-terpinéol : 2,54 % globulol : 2,77 %	Liu <i>et al.</i> , 2009
1,8-cinéole : 85,8 %. alpha-pinène : 7,2 % béta-myrcène : 1,5 %	Vratnica, 2011.
1,8-cinéole : 45,4 % limonène : 17,8 % p-cymène : 9,5 % alpha-pinène : 4,2 % alpha-terpinéol : 3,6 %	Malik et Tyagi 2011
1,8-cinéole : 46,5 % terpinène-4-ol : 23,46 % p-cymène : 8,10 % spathulenol : 8,94 % globulol : 2,52 %	Abimbola <i>et al.</i> , 2012-
1,8-cinéole : 47,05 % cymène : 3,48 % α -pinène 7,69 % globulol : 8,65 %	Taleb-Toudert, 2015.
1,8-cinéole : 78,45 % o-cymène (2.18%) α -pinène (1,69%)	Atmani-Merabet <i>et al.</i> , 2018.

4.6. Utilisation des Eucalyptus

E. globulus est utilisé pour contrôler les moustiques qui causent le paludisme, il a la capacité de lutter contre le paludisme. La plantation d'E. Globulus a été utilisée pour désinfecter l'atmosphère avec son parfum volatil. Au 19ème siècle, l'Eucalyptus était considéré comme antipyrétique, analgésique ...L'écorce est considérée comme un antipyrétique antispasmodique et antispasmodique (**Goetz & Ghedira, 2012**) Partout dans le monde, de nombreux Eucalyptus sont utilisés pour produire du bois de service: poteaux en bois, bois minéral, bois de chauffage, poteaux en bois et bois de construction (**Kara & Saidi, 2016**).

De nos jours, ses feuilles sont toujours utilisées en pharmacie, sous forme d'HE, de tisane (**pelt, 2004**). Les feuilles d'*Eucalyptus globulus* sont la principale source d'huile d'eucalyptus dans le monde. Utilisé pour ses vertus médicinales, notamment antitussives et expectorantes, elle n'en a pas moins de propriétés fébrifuges, toniques, astringentes, antiseptiques,

hémostatique et vermifuges. et elle peut jouer également un rôle majeur dans l'assainissement des pays infestés par le paludisme.

4.6.1. Utilisation en médecine

L'utilisation de l'*Eucalyptus globulus* en médecine a été peu à peu reconnue puis adoptée. Par exemple, l'OMS a approuvé l'usage des feuilles (par voie interne) et de l'huile essentielle (par voie interne et externe) de cette plante, pour traiter l'inflammation des voies respiratoires. Nous allons donc nous intéresser à deux types de médecine : la phytothérapie (est une médecine naturelle qui utilise les plantes afin de lutter contre les maladies, c'est l'une des méthodes thérapeutiques les plus anciennes) et l'aromathérapie (est une médecine qui fait l'usage des extraits aromatiques (Les HE) de plantes, puisqu'elles exploitent les nombreuses vertus de l'eucalyptus).

4.6.2. Utilisation thérapeutique

On utilise les feuilles de cette plante qui sont très odorante, elles sont riches en huile essentielle dont leur composant majeur est l'eucalyptol. Ce dernier possède des propriétés : Mucolytique (il agit comme fluidifiant des sécrétions pulmonaires et favorise leur évacuation), Antitussive (il supprime l'irritation des bronches dans les bronchites aiguës et chroniques), Antiseptique et antibactérienne. L'huile essentielle étant éliminée en grande partie par voie pulmonaire, elle agit directement sur la gorge et les bronches. L'eucalyptus est donc indiqué pour soigner les infections et les inflammations de l'appareil respiratoire tel que le rhume, la bronchite aiguë ou chronique, la toux grasse et la sinusite. Il est à noter que l'utilisation de l'eucalyptus ne se limite pas à ces deux domaines, d'autres ont fait également leur preuve, telle que son utilisation en chimie, en papeterie et même dans la construction...

4.7. Propriétés des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*

Les HE du genre *Eucalyptus* ont fait l'objet d'un grand nombre d'études, ils sont classés en fonction de leurs compositions. Cette dernière qui est responsable de leurs propriétés (**daroui- Mokaddem, 2012**). L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, grâce à son composant majoritaire, le 1,8-cinéole va lui conférer plusieurs propriétés (**Koziol, 2015**).

4.7.1. Propriétés antioxydants

Les HEs sont reconnues comme étant des antioxydants naturels, capables de piéger les radicaux libres et réduire leur formation (**Li et al., 2014**). Cette faculté est principalement attribuée aux phénylpropanoïdes et terpénoïdes à noyaux phénoliques contenues dans celles-ci (**Amorati et al., 2013**) qui agissent via différents mécanismes : le piégeage direct des espèces réactives oxygénées, l'inhibition des enzymes les générant, la chélation d'ions de métaux de transitions, responsables de leur production.

Plusieurs études *in vitro* ont démontré que l'HE d'*Eucalyptus globulus* possède des propriétés antioxydants (**Harkat-Madouri et al., 2015**). Ces propriétés sont supposément assignées au 1,8- cinéole qui pourrait agir en synergie avec d'autres composants, particulièrement ceux à structure phénolique (**Mishra et al., 2010**). C'est le cas des α -pinène et β -pinène, composés terpéniques, qui possèdent des activités antioxydants.

4.7.2. Expectorante et Mucolytique

Grâce à une stimulation directe des cellules sécrétrices de la muqueuse bronchique, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va permettre de fluidifier les sécrétions bronchiques afin qu'elles soient expulsées plus facilement. Cette huile va également permettre de relâcher les muscles lisses des voies aériennes (**Koziol, 2015**). Le 1,8-cinéole que contient l'*Eucalyptus*

s'est révélé être efficace pour réduire la dose de corticostéroïdes utilisée par des sujets souffrant d'asthme et pour combattre le rhume ; Elle est utilisée dans de nombreuses spécialités pharmaceutiques en raison de ses multiples vertus sur l'arbre respiratoire.

4.7.3. Antibactériennes et cicatrisantes

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est dotée de propriétés antibactériennes et cicatrisantes. Elle pourra être utilisée afin de désinfecter les plaies et de raccourcir le temps de cicatrisation. Elle sera particulièrement efficace dans le traitement des ampoules, des brûlures, des coupures, des blessures et des plaies (**Koziol, 2015**). Les HEs agissent sur les bactéries non seulement localement, mais aussi, au niveau de différents sites cellulaires (**Bajpai et al., 2013**). Elles peuvent affecter la morphologie des bactéries, ses mécanismes de régulation ainsi que certaines de ses structures spécifiques (**Bouyahya et al., 2017**). Cette huile est active principalement contre les bactéries Gram positif tels que : *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella enteritidis*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogenes* (**European Scientific Cooperative on Phytotherapy, 2009**).

4.7.4. Analgésique et anti inflammatoire

Des études ont prouvé que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* possède des propriétés anti-inflammatoires et analgésiques grâce à la présence de 1,8-cinéole. On pense qu'il s'agirait des propriétés antioxydantes de la plante qui pourraient être à l'origine de l'effet anti-inflammatoire.

L'huile essentielle inhibe la formation des prostaglandines et de cytokines par les monocytes d'où l'effet anti-inflammatoire. Elle sera ainsi utilisée comme antidouleur notamment dans les douleurs musculaires et rhumatismales (**Koziol, 2015**) ; Il est démontré aussi qu'un traitement rapide avec le 1,8 cinéol est efficace et semble sans danger chez les patients atteints des rhino sinusite aigue non purulente, aussi il a été prouvé que ce dernier est un régulateur actif de l'inflammation des voies respiratoires dans la BPCO (la broncho-pneumopathie chronique obstructive) en intervenant dans la physiopathologie de l'inflammation des voies respiratoires de la membrane muqueuse (**Erau, 2019**).

4.7.5. Antivirale

Les virus donnent lieu à des pathologies très variées dont certaines posent des problèmes non résolubles aujourd'hui. Les huiles essentielles constituent une des solutions pour traiter ces fléaux infectieux, les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques (**Bouacha et al., 2017**). L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est utilisée en médecine pour son potentiel thérapeutique antiviral. Elle a été particulièrement étudiée pour traiter les symptômes des maladies infectieuses aéroportées, telles que le COVID-19, qui appartient au genre Beta coronavirus de la famille des Coronaviridae. Les recherches in vitro, in vivo et in silico ont permis de mieux comprendre la composition chimique et les mécanismes moléculaires antiviraux de l'huile essentielle (**Mieres, 2021**). Des études ont démontré que l'HE d'*Eucalyptus globulus* possède une forte activité antivirale contre l'herpès simplex virus (HSV).

4.7.6. Antifongique

En plus de ses propriétés antibactériennes et antivirales, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* présente des propriétés antifongiques. Ces trois propriétés rendent l'usage de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* en diffusion très recommandé (**Koziol, 2015**). L'HE est un produit à fort potentiel antifongique (**Moghaddam & Mehdizadeh, 2016**). En effet, une étude a démontré que l'HE d'*Eucalyptus globulus* déforme les hyphes, diminue le volume des

cellules fongique, induit une fragilisation du bio film de *Candida albicans*.

Les principales molécules responsables de cette toxicité fongique sont les terpénoïdes et flavonoïdes lipophiles, qui interagissent avec les composants membranaires et modifient leur arrangement. Dans une autre étude, l'HE d'*Eucalyptus globulus* a inhibé complètement la croissance des mycéliums du phytopathogène *Colletotrichum* spp, agent de la maladie de l'Anthracnose qui touche les fruits de la tomate. L'Eucalyptol et le Terpinen-4-ol, molécules dominantes de l'huile, seraient responsables de cette action (**Osaro et al., 2016**). Dans une étude parallèle, l'HE d'*Eucalyptus globulus* inhiberait la croissance d'*Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*.

4.7.7. Insecticide

La présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été (**Kozioł, 2015**). Des compositions à base de limonène présentant une activité insecticide contre les fourmis, les araignées, les mouches, les chenilles... ont été également mises au point. Ces insecticides d'un nouveau type sont non toxiques pour les animaux et l'homme, pouvant même être utilisés à proximité de nourriture. Ils présentent en plus l'avantage d'être biodégradables (**Hydra & Guettaf, 2016**). Par ailleurs, d'autres propriétés ont été mises en évidence, notamment:

- antidouleur
- hypoglycémiants
- anticancéreus

4.8. Toxicologie de l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus*

Les HEs ont des effets secondaires, en raison de plusieurs facteurs comme la composition, le surdosage, la durée, la fréquence, l'âge et la santé de la personne. L'HE d'*Eucalyptus globulus* est interdite d'utilisation chez les enfants de moins de 7 ans, les femmes enceintes et allaitantes et les sujets asthmatiques (**Lobstein et al., 2017**).

Heath Canada préconise son utilisation à des doses inférieures à 25% dans la fabrication des produits cosmétiques. La Commission allemande, quant à elle, recommande une dose allant de 300 à 600 mg par jour et une concentration de 5-20% pour les applications dermiques. Elle contre-indique cependant, son utilisation interne dans le cas d'inflammation du tractus gastro-intestinal, des voies biliaires ou dans les maladies hépatiques sévères. En Australie, L'HE d'*Eucalyptus globulus* est classée en 6^{ème} position dans le tableau des poisons (**Tisserand & Young., 2014**).

Cette haute toxicité est due à la présence élevée de 1,8-cinéole et d' α -pinène. À des doses dépassant le seuil recommandé, le 1,8- cinéole peut provoquer une dépression respiratoire, baisser le seuil épileptogène (seuil à partir duquel un stimulus va déclencher une crise chez un patient sujet souffrant d'épilepsie), entraîner l'hypotension, l'hypothermie et une confusion mentale (**Mongreville, 2017**).



CHAPITRE II :

Les huiles essentielles



1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, isolés par hydrodistillation ou par expression mécanique. Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits mais également à partir de gommés qui s'écoulent du tronc des arbres. Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation, expression à froid, comme les agrumes. De nouvelles techniques permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes (Fkih,2014).

Elles sont caractérisées par leur couleur, leur odeur, leur densité et leur hémotype: familles biochimiques. Chaque huile essentielle possède donc ses caractéristiques, son parfum, ses propriétés. Les Huiles Essentielles se définissent par :

- leur nom latin qui précise l'espèce botanique et évite les confusions.
- la partie ou organe dont est tirée l'huile essentielle : racines, feuilles, fleurs, graines.
- son mode d'obtention : distillation à la vapeur d'eau ou expression.
- le hémotype ou principe actif caractéristique qui donne les effets physiologiques majeurs.

2. Localisation des huiles essentielles dans la plante :

Les huiles essentielles sont fabriquées dans des cellules glandulaires spécialisées recouvertes d'une cuticule. Ils sont ensuite stockés dans des cellules à huiles essentielles (Lauraceae ou Zingiberaceae), dans des poils sécréteurs (Lamiaceae), dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae) ou dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae).

Ils peuvent également être transportés dans l'espace intracellulaire lorsque les poches d'essence sont situées dans les tissus internes. Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales composées d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupes peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (Lavoisier, 1993).

- **Les poils sécréteurs** ou trichomes qui peuvent se présenter sous quatre formes : ils peuvent se composer de plusieurs cellules sécrétrices associées pour constituer un plateau porté par un pédicelle: des poils courts et pelés, des poils captés par court ou lobe ou bosses.
- **Les cellules épidermiques** : il s'agit de cellules plus petites que les autres cellules épidermiques. Elles sont davantage perméables car leur paroi ne contient pas de cutine ; ce type de cellules se rencontre généralement dans les pétales de fleurs Chez la rose.
- **Les poches sécrétrices** : leur genèse débute par la division d'une cellule Parenchymateuse en quatre cellules, qui forment en leur centre une poche.

3. Domaines d'utilisation des huiles essentielles :

Les huiles essentielles ont une utilisation très large, toutefois on peut distinguer quatre domaines majeurs de leur application à grande échelle : l'industrie agroalimentaire, le secteur de la parfumerie et de la cosmétique, l'industrie pharmaceutique et l'industrie chimique.

Les industries agroalimentaires, parfums et cosmétiques, pharmaceutiques et chimiques font partie des secteurs qui ont été significativement affectés par la pandémie Covid-19 (**Agrimer, 2020**).

3.1. Secteur de l'industrie agroalimentaire :

Les huiles essentielles sont utilisées comme conservateurs de denrées alimentaires et Comme aromates. C'est le cas des huiles essentielles de girofle, de vanille, de menthe, de Gingembre, de citronnelle et de citrus utilisées dans les confiseries, les thés, les sirops, les boissons, les biscuits et dans les produits laitiers (**Önder, 2018**).

3.2. Secteur de l'industrie de la parfumerie et du cosmétique :

Les secteurs de la parfumerie et du cosmétique constituent les plus gros consommateurs d'huiles essentielles. Elles entrent dans la fabrication de parfums, shampooings, gel douches, crèmes, laits, déodorants corporels et dans d'autres produits d'entretien (savons, détergents, lessives, assouplissants de textile).

3.3. Secteur de l'industrie pharmaceutique :

L'industrie pharmaceutique utilise les huiles essentielles dans le domaine des Antiseptiques externes. Elle tire également profit des propriétés bactériostatiques, bactéricides, antifongiques, protectrices, etc., des essences naturelles. L'agence Européenne du Médicamenta référencé de nombreuses huiles essentielles dans la prise en charge de diverses pathologies notamment, les huiles essentielles d'Anis vert, Arbre de thé, Bergamote, Cannelle de Ceylan, Carvi, Eucalyptus globuleux, etc. On note par exemple, l'utilisation de l'huile essentielle de l'arbre à thé pour le soin des plaies superficielles, des piqûres d'insectes, des démangeaisons et des inflammations de la muqueuse buccale. L'huile essentielle de Mentha piperita est utilisée pour le traitement des symptômes des troubles digestifs (spasmes, flatulences, douleurs abdominales, colopathie fonctionnelle) et aussi pour le traitement des céphalées (**Socasau, 2017**).

3.4. Secteur de l'industrie chimique :

L'industrie chimique utilise les huiles essentielles, comme matière première pour les médicaments, de vitamines, d'arômes, etc. Les huiles essentielles entrent également dans de nombreuses formulations de biopesticides grâce à leur large spectre d'action sur les insectes et les agents pathogènes. L'HE de clou de girofle est par exemple utilisée pour lutter contre le champignon *Glomerella cingulata* responsable de la pourriture du raisin mûr. On peut également citer l'huile essentielle d'orange qui est autorisée en France comme insecticide et acaride (**Gundel et al., 2019**).

4. Rôle des huiles essentielles :

Elles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal. Elles protègent les plantes contre les microorganismes (champignons,...) et les prédateurs (acariens, nématodes, insecte...). Préconisent la culture des plantes aromatiques dans les

serres car elles présentent dans leurs feuilles et leurs tiges de nombreuses huiles et substances secondaires qui peuvent agir comme des substances répulsives pour les insectes (**Bruneton, 1999**). Sont responsables de l'odeur caractéristique des plantes aromatiques qui est importante pour attirer les insectes pollinisateurs de graines (**De Sousa, 2015**).

5. Activités biologiques des huiles essentielles :

Le regain d'intérêt des huiles essentielles réside dans leurs propriétés et activités distinctes et cela grâce à la diversité de leurs constituants et leurs activités biologiques reconnues (**Kanko et al., 2004**).

5.1. Activité antiseptique :

La grande majorité des huiles empêche le développement des germes microbiens et les détruit comme elle désactive les toxines (**Huguette, 2008**).

5.2. Activité antibiotique :

D'après des testes au laboratoire, il a été conclu que l'antibiotique exerce une action bactéricide directe sur l'entérocoque, par contre l'huile essentielle guérit sans exercer cette action (**Durrafour & Lapraz, 2002**).

5.3. Activité antibactérienne :

Les molécules aromatiques possédant le coefficient antibactérien le plus élevé sont les Phénols, les aldéhydes et les cétones (**Huguette, 2008**). Bien que les propriétés antimicrobiennes de l'HE et de ses composants soient connues dans le passé, le mécanisme d'action n'a pas été étudié en détail. Compte tenu du grand nombre de composés chimiques présents dans l'HE, il est possible que leur activité antibactérienne ne soit pas attribuable à un mécanisme spécifique mais qu'il existe de multiples composants dans la cellule. Ces mécanismes ne sont pas tous indépendants, certains sont produits parallèlement à d'autres (**Burt, 2004**).

Une caractéristique importante des HE est la nature hydrophobe de leurs composants, ce qui les amène à diffuser dans les lipides des membranes cellulaires bactériennes et mitochondriales (Figure 9), perturbant ainsi leurs structures et les rendant plus perméables. Ils peuvent produire un flux d'ions et d'autres composants cellulaires qui conduit à la mort cellulaire.

Les composants HE agissent également sur les protéines membranaires telles que les ATPases, qui sont situées dans la membrane cytoplasmique et liées par des molécules lipidiques. Les hydrocarbures cycliques peuvent agir sur ces dernières, s'accumuler dans la bicouche lipidique et faciliter les interactions protéines-lipides.

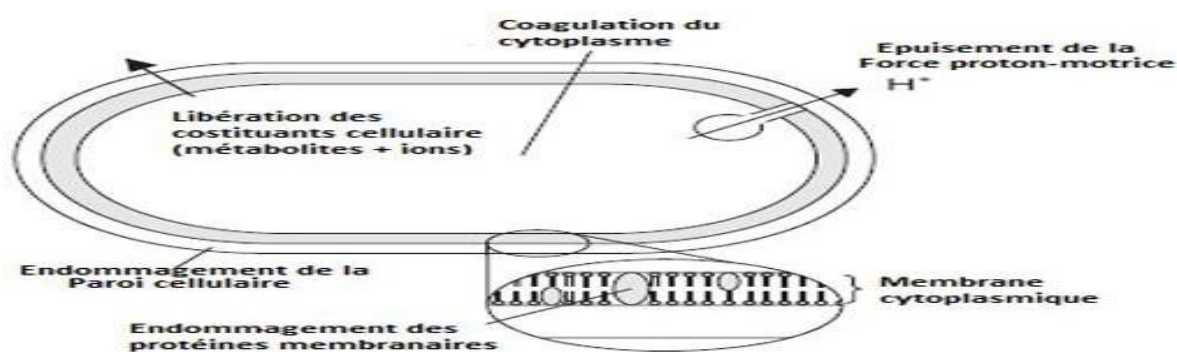


Figure 07 : Sites et mécanismes d'action des composants HE sur les bactéries (**Burt, 2004**).

5.4. Activité antifongique :

Certaines huiles s'opposent au développement des moisissures en inhibant la germination des spores (**Halimi, 2007**).

5.5. Activité antioxydant :

Les huiles essentielles, ont été largement évaluées concernant leurs activités antioxydantes. Elles ont été utilisées dans les aliments industriels comme des antioxydants naturels (**Hellali et al., 2016**).

5.6. Anti-inflammatoires :

Les aldéhydes contenus dans un grand nombre d'huiles essentielles ont la propriété de combattre les inflammations (**Moro Buronzo, 2009**).

5.7. Antiparasitaires :

Elles sont efficaces pour protéger des attaques des insectes, en particulier des moustiques en tenant à distance tous ces petits indésirables (**Moro Buronzo, 2009**).

5.8. Antivirales :

Les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques contenues dans les huiles essentielles qui ont la capacité de combattre certaines pathologies virales (**Moro Buronzo, 2009**). Ces huiles assurent d'autres fonctions comme les calmantes, anxiolytiques, cicatrisantes, insecticides et antioxydants (**Festy, 2014**).

LA PARTIE EXPERIMENTALE



Matériel et Méthodes



Cette étude a été réalisée au niveau de laboratoires pédagogiques (Biologie végétale, phytochimie, biochimie et microbiologie) de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Chadli Bendjedid El-Tarf. Pendant une période qui s'étale du mois de février au mois de mai de l'année universitaire 2025. Notre travail consiste à mettre en œuvre le pouvoir antimicrobien, in-vitro, de l'huile essentielle des tiges d'*Eucalyptus globulus* contre 16 microorganismes pathogènes. En outre, à déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricide (CMB). Et ce, pour une éventuelle utilisation en lutte biologique.

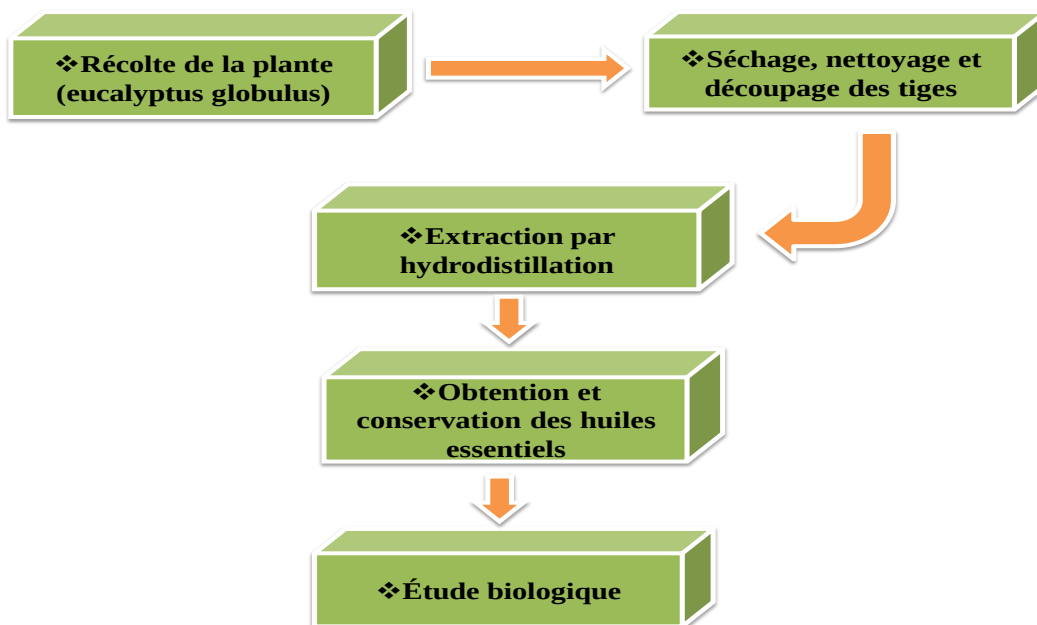


Figure 08 : Schéma général de travail expérimental

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude été l'huile essentielle des tiges d'*Eucalyptus globulus*. Cette plante a été choisie, à cause de leur disponibilité, leur grande utilisation par la population de la région d'El-Tarf et le manque de travaux de recherche sur les propriétés biologiques en particulier les propriétés antimicrobiennes de leurs huiles essentielles.



Figure 09 : *Eucalyptus globulus* (Rekioua, 2023).

1.1. Position systématique d'*Eucalyptus globulus*

L'*Eucalyptus globulus* occupe la position taxonomique suivant :

Tableau 04 : Classification systématique d'*Eucalyptus globulus* (P. Erau.,2019 ,AGP III., 2009).

Règne	Végétale
Division	Magnoliophyta
Sous Règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida -Dicotylédones
Sous Classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Eucalyptus
Espèce	<i>Eucalyptus globulus</i> (Labill.)

1.2. Récolte et conservation de la plante

L'*Eucalyptus globulus* a été collecté au mois d'avril 2025, a RAML SOUK, Wilaya d'El Tarf. (Latitude: 36° 47' 10" nord, et une longitude: 8° 32' 8" Est)

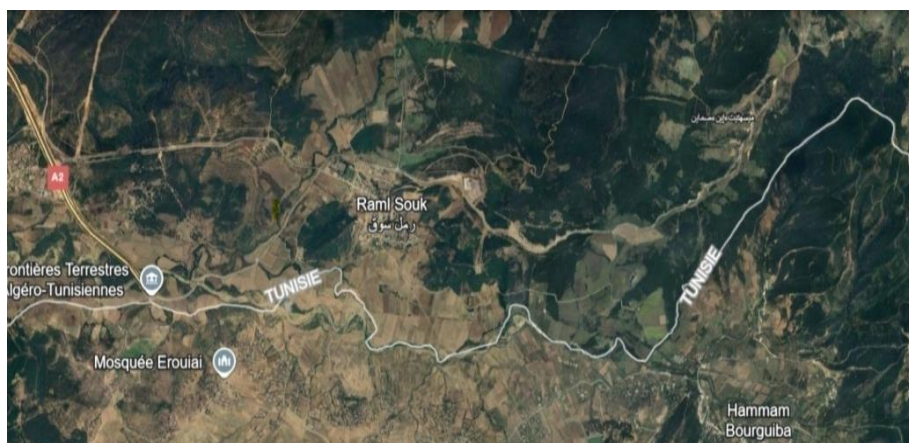


Figure 10 : Localisation géographique du Région de la récolte ((www.Google earth.com)).

1.3. Séchage de la plante :

Après la récolte, la plante subit divers traitements : le tri, séparation des tiges des feuilles et découpage des tiges pour le séchage. Ce dernier s'effectue dans l'étuve à température ambiante (40 °C) et à l'abri de l'humidité pendant 3 jours. Une fois séchées, les tiges seront conservées dans des sacs en papier dans un milieu sec (**Figure 11**).



Figure 11 : Séchage de la plante dans l'étuve (Nardjes,Aya.,2025)

1.4. Broyage du matériel végétal :

Après séchage des tiges de *E.globulus* le jour d'extraction ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre végétale homogène. Cette opération se réalise le jour de l'extraction pour que l'huile ne s'évapore pas.



Figure 12: Broyage du matériel végétal (Nardjes,Aya.,2025)

1.5. Extraction de l'huile essentielle

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été extraite par la méthode d'hydrodistillation avec le dispositif de type Clevenger.

➤ Principe

Le principe consiste à faire bouillir le mélange d'eau (700ml) et (100g) de tige pour lequel l'huile essentielle est souhaité extraire, les cellules végétales s'éclatent et libèrent des molécules odorantes, qui sont ensuite emportées par la vapeur d'eau générée ils passent dans un refroidisseur d'eau, où ils se condensent, qui sont ensuite collectés dans un récipient (Mebarki, 2010 ; Abdelli, 2017).

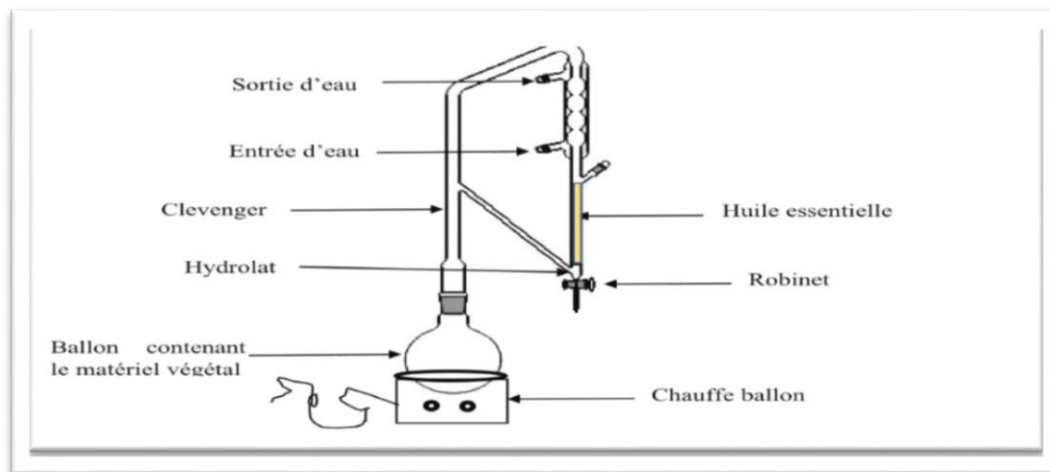


Figure 13: Le dispositif d'extraction d'huile essentielle par hydrodistillation type Clevenger (Farhat, 2010).



Figure 14 : Phase de séparation de l'HE (Nardjes,Aya.,2025).

1.6. Détermination et calcul du rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante, il est exprimé en pourcentage et est calculé par la formule suivante :

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

R (%) : Rendement en huile essentielle. Masse (HE) : masse de l'huile essentielle.
Masse (MVS) : masse du matériel végétal sec. (Merabet, 2018)

2. Les souches microbiennes testées

Cette étude a été conduite sur seize (16) microorganismes pathogènes, dont : 7 Gram⁻, 7 Gram⁺ et 02 champignon non filamenteux (Tab. 4). Ces microorganismes cliniques attestés proviennent de laboratoire public et privé de la wilaya d'EL-TARF et d'el Kala.

Tableau 05 : les différentes souches microbiennes utilisées dans notre étude.

N°	Souches	Type De Prélèvement	Famille
Gram ⁻			
1.	Bacille pyocyannique	oculaire	Pseudomonaceae
2.	Escherichia coli	Souche hospitalière	Enterobacteriaceae
3.	Escherichia coli	ECBU	
4.	Klebsiella pneumoniae	ECBU	
5.	Klebsiella pneumoniae	Souche hospitalière	
6.	Pseudomonas aeruginosa	ECBU	Pseudomonaceae
7.	Serratia odorifera	Sang	Yersiniaceae
Gram ⁺			
1.	Staphylocoque aureus	Souche hospitalière	Staphylococcaceae
2.	Staphylocoque Aureus	ECBU	
3.	Listeria monocytogenes	Souche hospitalière	Listeriaceae
4.	Staphylocoque Coagulase Négative	ECBU	Staphylococcaceae
5.	Staphylococcus epidermidis (staphylocque blanc)	souche alimentaire	
6.	Streptocoque Hémolytique	ECBU	streptococcacea
7.	Streptocoque Hémolytique	gorge	
Levure			
1.	Candida Albicans	souche hospitalière	Debaryomycetaceae
2.	Candida Albicans	ECBU	

3. Évaluation de l'activité antimicrobienne :

L'activité antimicrobienne de l'HE étudiée a été menée sur 16 micro-organismes pathogènes. Nous avons adopté :

- La méthode de l'aromatogramme suivi par la CMI et CMB.
- La méthode atmosphérique.

3.1. Stérilisation des matériels

Durant toute la manipulation des tests, l'hygiène est indispensable, voire la stérilisation du matériel. Pour cette raison nous avons enrobé tout le matériel utilisé dans le papier aluminium, et le stérilisé dans l'étuve à 100 °C pendant 30 min : les boîte de pétri, les anses des platines, les pinces, les tubes eppendorfs, les embouts pour micro pipette, pipette pasteur, les tubes à essai et les disques.



Figure 15: Stérilisation des matériels (Nardjes,Aya.,2025)

3.2. Préparation du milieu de culture :

Selon les méthodes utilisées dans ce travail. L'ensemble des milieux de cultures utilisés sont cités dans le tableau 06, leur préparation est décrite dans l'annexe 04.

Tableau 06: Tableau descriptif des milieux de cultures utilisés

Milieu de culture	Utilisation
Gélose nutritive	Repiquage des colonies (culture et isolation de colonies non exigeantes) et pour la conservation bactérienne.
Gélose de Muller Hinton (MH)	Étude de la sensibilité des bactéries aux agents antimicrobiens (teste aromatoگرامme).
La gélose au dextrose de pomme de terre (PDA)	Culture des levures et champignons

3.3. Repiquage et réactivation des souches bactériennes

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 24 heures afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées. Les colonies isolées vont servir à préparer l'inoculum.

L'activité antimicrobienne doit être réalisée avec des souches jeunes en phase de croissance exponentielle.

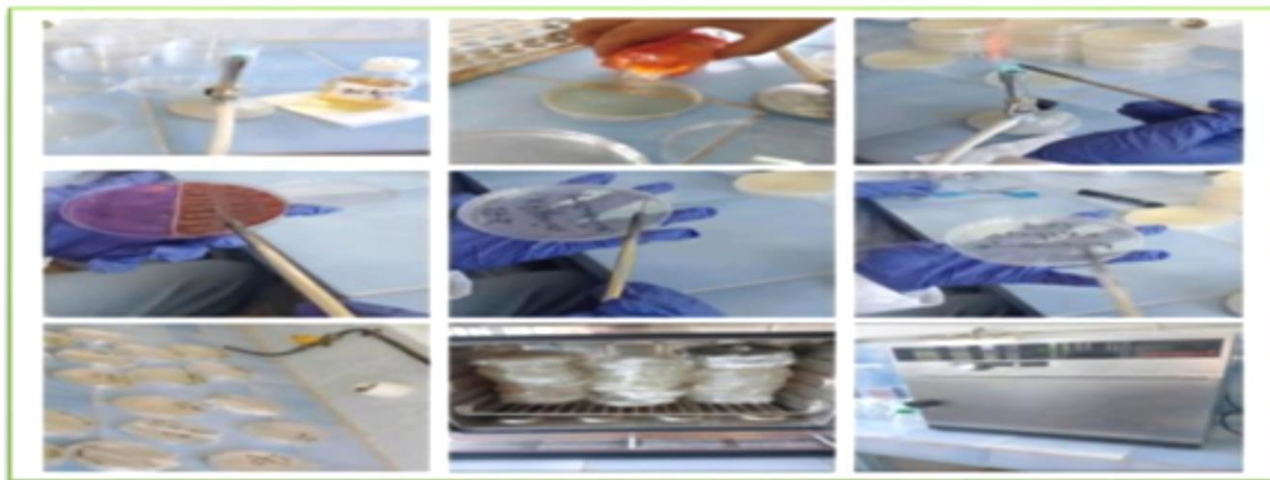


Figure 16 : repiquage des souches microbiennes (Nardjes,Aya.,2025).

3.4. Suspension bactériennes (inoculum)

A partir d'une culture jeune de 24h et à l'aide d'une anse de platine stérile 3 à 5 colonies en phase de croissance exponentielle de chaque souche, bien isolées et parfaitement identiques, ont été prélevé puis décharger chacune dans un tube à essai contenant 5 ml de l'eau physiologique stérile. Enfin, les tubes des suspensions bactériennes ont été agiter au vortex pendant quelque seconde une bonne homogénéisation.



Figure 17 : Préparation de la suspension bactérienne (Nardjes,Aya.,2025).

3.5. Méthode des disques (Méthode de diffusion)

Parmi plusieurs méthodes déterminant le pouvoir antimicrobienne des huiles essentielles, notre choix été celle de la diffusion sur milieu gélosé ou l'**aromatogramme**, contacte directe.

Des disques d'antibiotiques sont placés sur une boîte de gélose avec des bactéries. La zone d'inhibition autour de chaque disque est mesurée et comparée à des critères d'interprétation.

➤ Principe

L'aromatogramme, ou la méthode des disques, est basée sur une technique utilisée en bactériologie médicale «Antibiogramme». L'aromatogramme est une évaluation qualitative qui consiste à tester la sensibilité des microorganismes par la diffusion de l'HE sur le milieu solide dans une boîte de Pétri, avec la création d'un gradient de concentration entre l'HE et le microorganisme cible. L'apparition et l'importance du diamètre de la zone d'inhibition reflète l'impact de l'HE sur les microorganismes. Ainsi, ces dernières seront qualifiées de sensibles ou très sensibles, ou résistantes (Pibiri, 2006; Rekioua, 2023).

➤ Ensemencement

L'inoculum déjà préparé, va servir à ensemer les boîtes de pétri coulées auparavant (Muller Hinton) par un écouvillon (imbibé dans la suspension microbienne / ou inoculum) par des stries serrés.

➤ Application et dépôt des disques

A l'aide d'une pince stérile, trois disques stériles ont été déposés à la surface de la gélose ensemencée et séchée, l'un imbibé de 20µl d'huile essentielle pure et l'autre imbibé de 40µl et le dernier est un disque témoin dépourvu de tout extrait. Les boîtes ensuite ont été incubées pendant 24 h à 37 °C.

➤ Lecture des résultats

Après incubation, la lecture se fait par la mesure de diamètre (en mm) de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'une règle en mesurant la moyenne de deux diamètres perpendiculaires passant par le milieu du disque.

Tableau 07 : Catégories de sensibilité des bactéries à l'HE (Ponce *et al.*, 2003)

Diamètre de la zone inhibitrice	Catégories	Présentation
≤ 8	Résistante	-
9 – 14	Sensible	+
15 – 19	Très sensible	++
≥ 20	Extrêmement sensible	+++

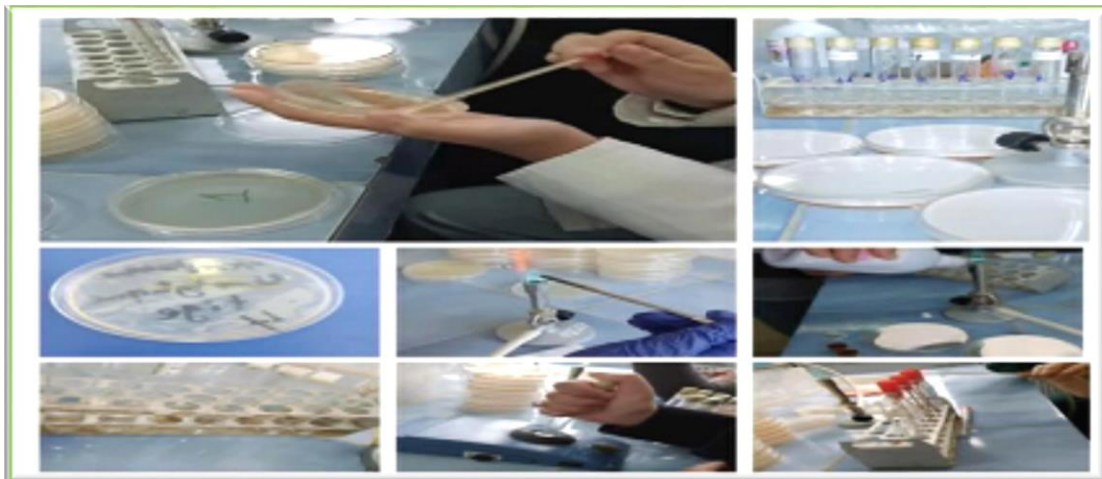


Figure 18 : Les étapes d'ensemencement sur milieu MH (Nardjes,Aya.,2025).



Figure 19 : Application des disques (Nardjes,Aya.,2025).

3.6. Test Micro atmosphère ou méthode en phase vapeur :

La méthode en phase vapeur est une méthode couramment utilisée pour évaluer l'effet des composés volatils de l'huile essentielle.

➤ Principe

Le disque imprégné d'HE est disposé au centre du couvercle de la boîte de Pétri, et non plus en contact avec la gélose. La boîte de Pétri est fermée, couvercle en bas et placée dans une étuve à 37°C. On mesure le halo d'inhibition, dont une zone claire indique une inhibition de croissance due aux composés volatils de l'huile essentielle.

NB : Même étapes à suivre que la méthode précédente (Repiquage, Inoculum, Ensemencement, Dose en HE, Incubation, Lecture des résultats), seulement l'emplacement des disques qui diffèrent.

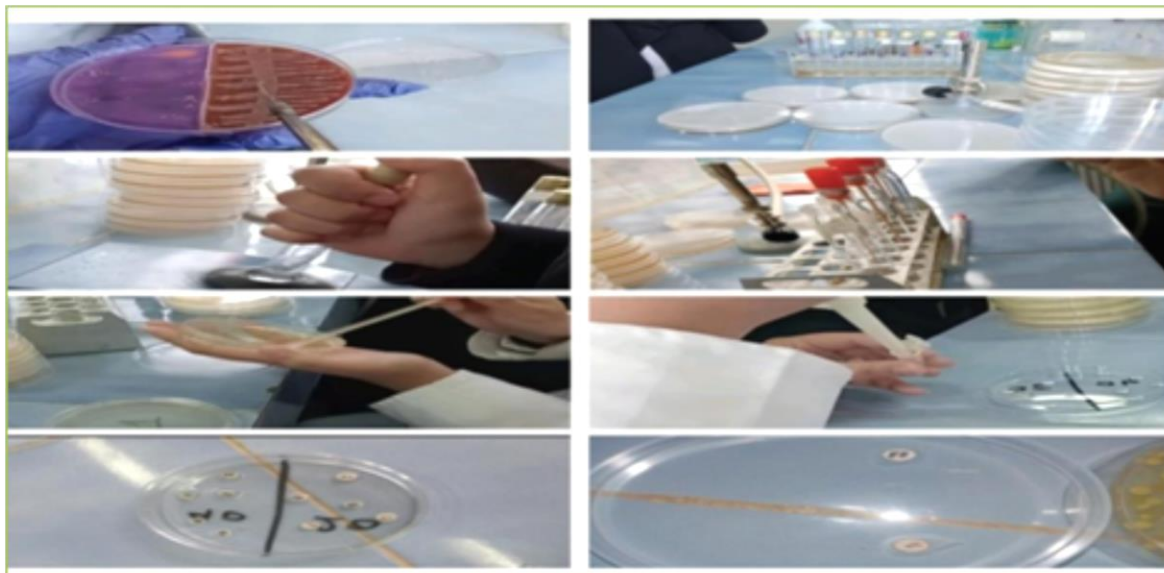


Figure 20 : Étapes de la méthode en phase vapeur (Nardjes,Aya.,2025).

3.7. Détermination des paramètres antimicrobiens CMI et CMB en milieu solide

Les microorganismes montrant une sensibilité à l'huile essentielle, sont sélectionnés pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) (Derwich *et al.*, 2010). L'efficacité de l'huile essentielle testée est son pouvoir antimicrobien se détermine par la mesure de 2 concentrations: La concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB). Ces concentrations nous permettent de prouver le pouvoir antimicrobien et la nature de l'huile essentielle : bactériostatique ou bactéricide.

➤ Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) :

La CMI est la plus faible concentration de la substance antibactérienne (HE) inhibant toute croissance visible après un temps d'incubation de 24h (Yakhlef *et al.*, 2011) . Selon la sensibilité des souches, les résultats de l'aromatogramme nous permettent de préciser la CMI. Le principe de la méthode consiste à diluer directement la substance antibactérienne à tester dans le milieu de culture gélosé et à inoculer ce milieu avec les microorganismes. En diluant différentes concentrations de la substance antibactérienne à tester, on peut définir la valeur la plus faible à laquelle la croissance des microorganismes n'est pas observable, et donc une inhibition de la croissance.

Cette méthode permet donc d'évaluer qualitativement et surtout quantitativement l'activité antibactérienne d'une substance.



Figure 21: Détermination de la CMI en milieu solide (Nardjes,Aya.,2025)

➤ **Détermination de la concentration minimale Bactéricide (CMB) :**

La CMB correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable de tuer plus de 99,9 %. La mise en évidence de l'effet bactéricide ou bien bactériostatique des HEs ne peut s'établir qu'après la réalisation de l'aromatogramme (**Rekioua.,2023**). On distingue que les HEs étudiées exercent deux effets sur les souches microbiennes testées:

-**Effet bactéricide (Effet létal):** absence de croissance bactérienne correspondant à une mortalité totale des bactéries.

- **Effet bactériostatique:** La croissance bactérienne est inhibée suite à l'utilisation des HE.

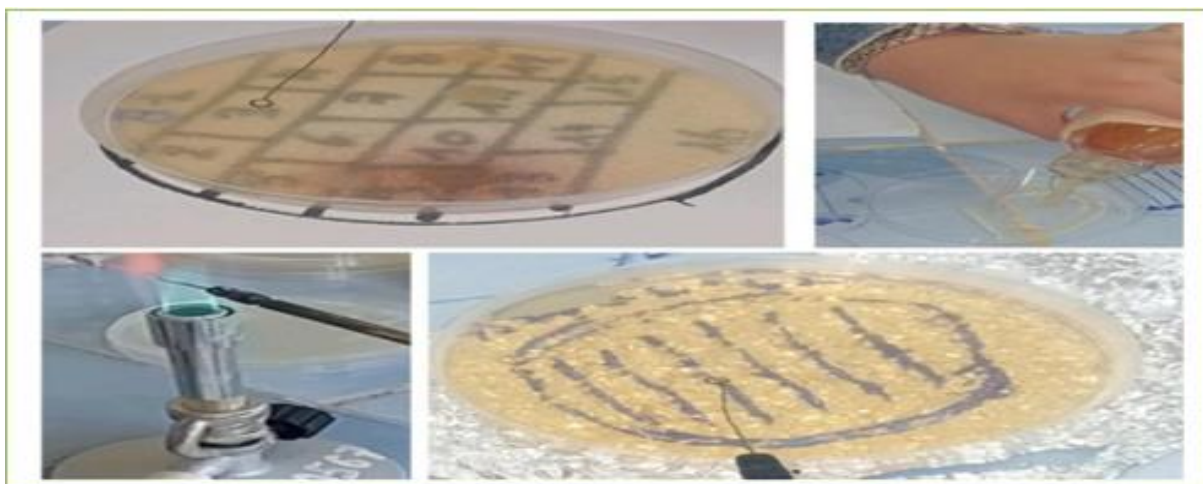


Figure 22: Méthode de détermination de la CMB en milieu solide (**Nardjes,Aya.,2025**).



Résultats et discussion



Après l'extraction par hydrodistillation des tiges d'E.g et l'obtention du l'HE. L'activité antimicrobienne dans ce travail a été testée In vitro par la Méthode de micro-atmosphère et l'aromatogramme sur 16 microorganismes pathogènes suivis par la détermination de la CMI et CMB.

1. Rendement en huile essentielle

L'huile essentielle a été extraite des tiges d'Eucalyptus par L'hydrodistillation avec le dispositif de type Clevenger. Le rendement moyen en HE est de **0,92 %**. Nous avons obtenu une huile de couleur jaune avec une odeur agréable et fraîche.

Le rendement en HE se rapproche (**0.93 %**) a celui obtenus par **Atmani-Merabet *et al.*(2018)** et supérieur (**0.65%, 0.51% et 0.48%**) aux rendement de **Chiba-Djouaher, (2018), Keksi, (2011)** et **Taleb-Toudert, (2015)** respectivement.

Le rendement fourni dans cette étude semble inférieur (**1,65 % et 2,53 %**) à celui indiqué par **Rekioua (2023)** et **Bey-ould si Saïd (2014)** respectivement.

Cette variété en quantité d'HE de la même espèce peut être affecté par plusieurs conditions tel que le moment de la récolte, y compris des facteurs écologiques comme la température, l'humidité, l'ensoleillement et le type de sol pouvant influencer la composition chimique des huiles essentielles (**Oliveira *et al.*, 2005**). De plus, le moment de la récolte des plantes peut influencer la composition des huiles essentielles et donc leur activité antimicrobienne (**Bounatirou *et al.*, 2007**).



Figure 23. Huile essentielle des tiges jeunes d'*Eucalyptus globulus*.

2. Activité antimicrobienne

Le comportement des souches microbiennes a été évalué par le contact direct (Aromatogramme) avec l'HE étudié et par les composés volatils (Micro atmosphérique) de ce dernier.

2.1. Aromatogramme

2.1.1. Résultats d'analyse qualitative du l'HE des tiges d'E.g :

Après 24 heures d'incubation à 37°C, le tableau (08) révèle une variation du développement des souches microbiennes sous l'effet du contact direct avec les différentes doses d'HE de la

plante d'étude. Dont, on enregistre :

- De sensible a très sensible : *Bacille pyocyannique* et *Staphylocoque Coagulase Négative*.
- De très sensible a extrêmement sensible : *Escherichia coli* (ECBU), *Staphylocoque Aureus* et *Streptocoque Hémolytique*.
- Sensible : *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia odorifera*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus epidermidis*.
- Extrêmement sensible : *Streptocoque Hémolytique* (Gorge) et les 2 *Candida Albicans*.
- Résistante : *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*

Tableau 08 : Sensibilité bactérienne vis-à-vis de deux doses de l'huile essentielle d'E.g

N°	Souches	20 µl	40 µl
1.	<i>Bacille pyocyannique</i>	+	++
2.	<i>Escherichia coli</i>	-	-
3.	<i>Escherichia coli</i> (ECBU)	++	+++
4.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ECBU)	+	+
5.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	+	+
6.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-
7.	<i>Serratia odorifera</i>	+	+
8.	<i>Staphylocoque aureus</i> (ECBU)	+	+
9.	<i>Staphylocoque aureus</i>	++	+++
10.	<i>Listeria monocytogenes</i>	+	+
11.	<i>Staphylocoque Coagulase Négative</i>	+	++
12.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	+
13.	<i>Streptocoque Hémolytique</i>	++	+++
14.	<i>Streptocoque Hémolytique</i> (Gorge)	+++	+++
15.	<i>Candida Albicans</i>	+++	+++
16.	<i>Candida Albicans</i> (ECBU)	+++	+++

Les huiles essentielles sont dotées d'une grande activité antibactérienne contre les bactéries Gram- et + (Oyedjei *et al.*, 2005). Ces composants chimiques exercent leur activité antimicrobienne sur les micro-organismes par la perturbation de l'intégrité membranaire. (Knobloch *et al.*, 1989).

2.1.2 Résultats d'analyse quantitative :

Le tableau 09 et la figure 24, présentent les résultats de l'aromatogramme en milieu solide exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition (mm) des souches microbiennes testées par deux doses (20 µL et 40 µL) d'HE.

La croissance de différentes souches microbiennes a été influencée par l'huile essentielle testée. Plus la dose augmente plus les diamètres des zones d'inhibitions augmentent (Effet dose repense).

- Nos résultats révèlent que a 40µl d'HE, la plus grande surface d'inhibition a été observée chez : *Streptocoque Hémolytique* (23 mm), *E.coli* (ECBU) (26 mm), *Candida Albicans* (ECBU) (26 mm), *Streptocoque* (Gorge) (27 mm), *Staphylocoque aureus* (30 mm) et *Candida albicans* (30 mm).
- Les diamètres les plus faibles été chez : *Listeria monocytogenes* (11 mm), *Klebsiella*

pneumoniae (12 mm), *Staphylococcus epidermidis* (12 mm), *Klebsiella pneumoniae* (ECBU) (13 mm), *Serratia odorifera* (13 mm), *Staphylocoque aureus* (ECBU) (13 mm), *Bacille pyocyannique* (17 mm), *Staphylocoque Coagulase Négative* (18 mm).

- Alors que, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeroginosa* ont été marques comme souches résistantes.

Tableau 09 : Diamètres des zones d'inhibitions (en mm) de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.

N°	Souches	20 µl	40 µl
1.	<i>Bacille pyocyannique</i>	10	17
2.	<i>Escherichia coli</i>	R	R
3.	<i>Escherichia coli</i> (ECBU)	17	26
4.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ECBU)	09	13
5.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	12
6.	<i>Pseudomonas aeroginosa</i>	R	R
7.	<i>Serratia odorifera</i>	9	13
8.	<i>Staphylocoque aureus</i> (ECBU)	11	13
9.	<i>Staphylocoque aureus</i>	18	30
10.	<i>Listeria monocytogenes</i>	9	11
11.	<i>Staphylocoque Coagulase Négative</i>	13	18
12.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	12
13.	<i>Streptocoque Hémolytique</i>	17	23
14.	<i>Streptocoque Hémolytique</i> (Gorge)	R	27
15.	<i>Candida Albicans</i>	20	30
16.	<i>Candida Albicans</i> (ECBU)	22	26

Nos résultats révèlent que l'efficacité de l'HE d'E.g été variable selon les micro-organismes testés. Il est postulé que les différents composants des huiles essentielles montrent différents degrés d'activité contre des bactéries G- et G+ (Dorman & Deans, 2000).

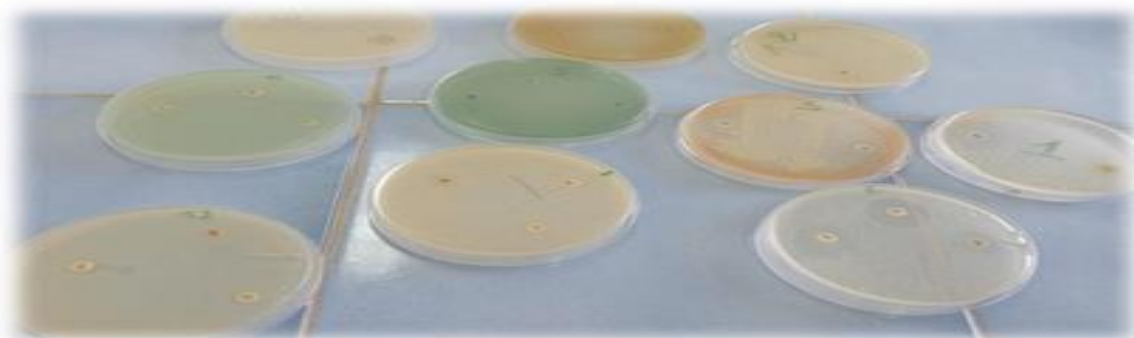


Figure 24: Résultats de l'aromatogramme (Personnelle, 2025).

2.2. Microatmosphérique

2.2.1. Résultats d'analyse qualitative du l'HE des tiges d'E.g :

Les souches microbiennes soumises aux composés volatils de l'huile essentielle d'E.g. Semblent sensibles sans exception, tableau 10.

De plus, et sous l'effet de deux doses différentes, nous avons enregistré des variations du

sensibilités des souches, tel que :

- De **sensible a très sensible** : *Bacille pyocyannique*, *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylococcus epidermidis* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge).
- **Sensibilité stable** : *Klebsiella pneumoniae* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque Coagulase Négative*, *Streptocoque Hémolytique* et les deux *Candida Albicans*.

Tableau 10 : Sensibilité bactérienne aux composés volatils de l'huile essentielle des tiges d'E.g

N°	Souches	20 µl	40 µl
1.	<i>Bacille pyocyannique</i>	+	++
2.	<i>Escherichia coli</i>	+	++
3.	<i>Escherichia coli</i> (ECBU)	+	++
4.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ECBU)	+	+
5.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	+	++
6.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	++
7.	<i>Serratia odorifera</i>	+	++
8.	<i>Staphylocoque aureus</i> (ECBU)	+	++
9.	<i>Staphylocoque aureus</i>	+	+
10.	<i>Listeria monocytogenes</i>	+	+
11.	<i>Staphylocoque Coagulase Négative</i>	+	+
12.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	++
13.	<i>Streptocoque Hémolytique</i>	+	+
14.	<i>Streptocoque Hémolytique</i> (Gorge)	+	++
15.	<i>Candida Albicans</i>	+	+
16.	<i>Candida Albicans</i> (ECBU)	+	+

D'après les résultats enregistrés, on peut déduire l'efficacité de l'HE d'E.g a perturbé le développement des souches microbiennes grâce aux composés volatils qui le composent. Ce sont les principes actifs contenus dans les huiles essentielles (**Bounoua-Fraoucene et al., 2019**).

Selon **Wang** et ses collaborateurs (**2012**), l'impact des composés mineurs n'est pas à négliger. Ils ont démontré que les HEs entières ont une activité antimicrobienne supérieure à un mélange de composants majeures des mêmes huiles essentielles, ce qui suggère que les composants mineurs peuvent avoir un effet synergique.

2.1.2 Résultats d'analyse quantitative :

Le **tableau 11** et la **figure 25**, mettant en évidence l'**effet dose-dépendante** de l'huile essentielle. Même en phase vapeur l'HE étudié peut ralentir le développement des souches microbiennes testées.

Après 24 heures d'exposition aux différentes doses d'HE (20 et 40 µl), nous avons constaté des variations de croissance des souches testées. Ce qui confirme l'impacte des principes actifs en phase vapeur de l'HE. Ce qui est intéressant, nous n'avons pas enregistré une résistance à la vapeur de l'HE

Tableau 11 : Diamètres des zones d'inhibitions (en mm) de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.

N°	Souches	20 µl	40 µl
1.	<i>Bacille pyocyannique</i>	12	17
2.	<i>Escherichia coli</i>	10	17
3.	<i>Escherichia coli</i> (ECBU)	11	15
4.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ECBU)	09	12
5.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	16
6.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10	12
7.	<i>Serratia odorifera</i>	12	14
8.	<i>Staphylocoque aureus</i> (ECBU)	12	14
9.	<i>Staphylocoque aureus</i>	11	13
10.	<i>Listeria monocytogenes</i>	12	13
11.	<i>Staphylocoque Coagulase Négative</i>	9	11
12.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	11	16
13.	<i>Streptocoque Hémolytique</i>	9	12
14.	<i>Streptocoque Hémolytique</i> (Gorge)	11	15
15.	<i>Candida Albicans</i>	9	11
16.	<i>Candida Albicans</i> (ECBU)	10	12

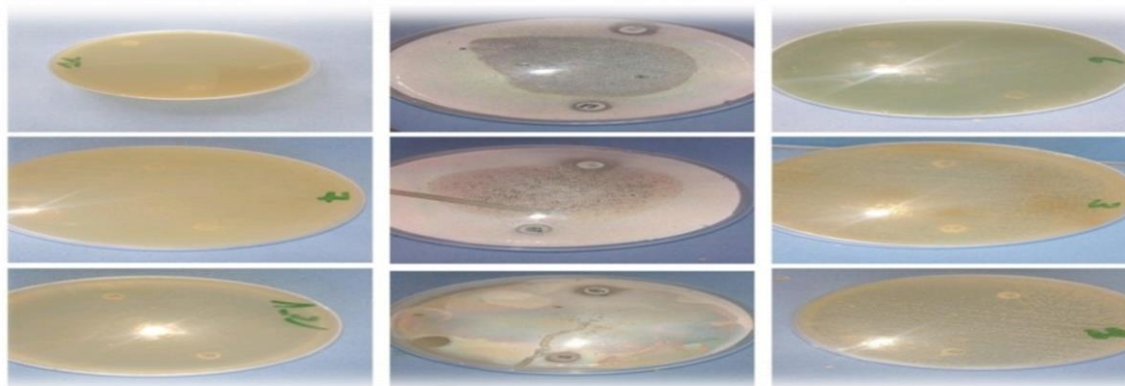


Figure 25 : Résultats du test microatmosphérique de l'HE d'E.g. (Nardjes, Aya., 2025).

• Discussion

Lorsque l'on compare l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* avec celle d'autres plantes aromatiques, des différences notables apparaissent selon les souches microbiennes ciblées. Contre *Staphylococcus aureus*, les résultats de notre étude indiquent une forte sensibilité (jusqu'à 30 mm), comparable à celle observée avec l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*, riche en thymol et carvacrol, qui montre des zones d'inhibition allant de 25 à 35 mm selon plusieurs auteurs (Burt., 2004). L'huile d'origan (*Origanum vulgare*), également riche en carvacrol, présente des effets similaires voire supérieurs, avec des CMI très faibles contre les souches Gram+ comme *S. aureus* et *Listeria monocytogenes*. Cependant, l'eucalyptus se distingue par une efficacité antifongique

marquée sur *Candida albicans* (30 mm), comparable à celle de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) ou du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), dont l'eugénol est un puissant antifongique naturel.

2.3. Détermination des paramètres antimicrobiens (CMI et CMB) et Type d'activité de l'huile essentielle

• CMI

Du tableau 12 et la figure 26, nous pouvons déduire que la concentration minimale inhibitrice pour les souches de *Bacille pyocyannique*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge) été de **110.73 g/l**. Ainsi pour *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Staphylocoque Coagulase Négative* et *Staphylococcus epidermidis* été de **41.52 g/l**. Alors que la CMI pour *Streptocoque Hémolytique* et *Candida Albicans* été de **2.68 g/l**. Et pour *Candida Albicans* (ECBU) été de **5.36 g/l**.

Tableau 12 : Concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.

N°	souches	CMI (g/l)	CMB CMF (g/l)	CMB/ CMI CMF/ CMI	le type d'activité
1	<i>Bacille pyocyannique</i>	110.73	110.73	1	bactéricide
2	<i>Escherichia coli</i>	41.52	78.16	1.88	
3	<i>Escherichia coli</i> (ECBU)	41.52	78.16	1.88	
4	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (ECBU)	41.52	41.52	1	
5	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	41.52	78.16	1.88	
6	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	110.73	110.73	1	
7	<i>Serratia odorifera</i>	110.73	110.73	1	
8	<i>Staphylocoque aureus</i> (ECBU)	41.52	78.16	1.88	
9	<i>Staphylocoque aureus</i>	41.52	78.16	1.88	
10	<i>Listeria monocytogenes</i>	41.52	78.16	1.88	
11	<i>Staphylocoque Coagulase Négative</i>	41.52	78.16	1.88	
12	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	41.52	78.16	1.88	
13	<i>Streptocoque Hémolytique</i>	2.68	78.16	29.16	bactériostatique
14	<i>Streptocoque Hémolytique</i> (Gorge)	110.73	110.73	1	bactéricide
15	<i>Candida Albicans</i>	2.68	78.16	29.16	Fongistatique
16	<i>Candida Albicans</i> (ECBU)	5.36	41.52	7.75	

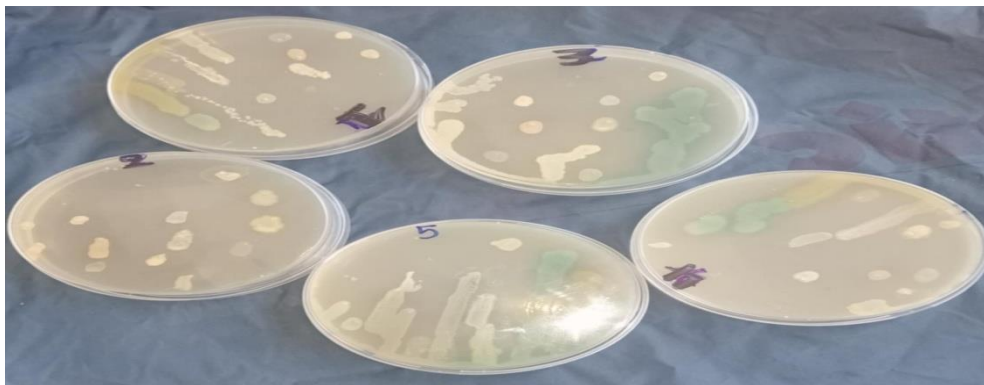


Figure 26 : Résultats de la concentration minimale inhibitrice CMI (Personnelle,2025)

L'enregistrement de différentes concentrations minimales inhibitrices démontre l'effet remarquable de l'huile essentielle d'E.g sur le développement.

- CMB / CMF

Du tableau 12 et la figure 26, détermine le potentiel antimicrobien de l'HE étudié, par l'estimation de la CMB (ou CMF). Qui varie entre :

- **110.73 g/l** pour *Bacille pyocyane*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (gorge).
- **78.16 g/l** pour *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Staphylocoque Coagulase Négative*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptocoque Hémolytique* et *Candida Albicans*
- **41.52 g/l** pour *Klebsiella pneumoniae* (ECBU) et *Candida Albicans* (ECBU)

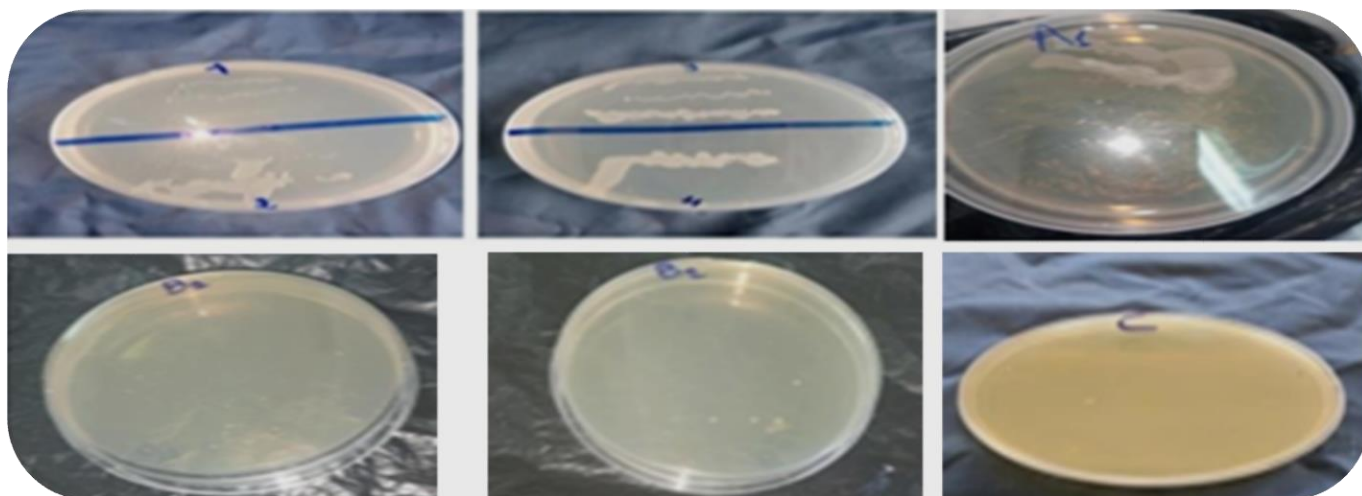


Figure 27 : La concentration minimale inhibitrice Bactéricide (CMB, CMF) (Personnelle,2025)

De nombreux auteurs, ont constaté que le changement dans la composition chimique des huiles essentielles affecte directement leurs propriétés biologiques (Celiktas *et al.*, 2007; Van Vuuren *et al.*, 2007). Ce qui mène à attribuer l'activité antibactérienne aux composants chimiques des HEs.

- Type d'activité de l'huile essentielle

Du tableau 12, Les résultats obtenus confirme l'efficacité de l'HE étudié et le pouvoir

antimicrobien considérablement puissant. Dans ce travail nous avons arrivé à inhiber la croissance de certaines souches considérées comme résistantes aux différents HEs, tel que : *Bacille pyocyane*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge).

Selon **Cutler et al., (1994)**. Les ratios CMB/ CMI et CMF/ CMI ont été calculés pour déterminer la nature de l'effet antibactérien de l'huile essentielle. Cette dernière est considérée comme **bactéricide** si le rapport CMB / CMI est **inférieur** à 4. L'effet **bactériostatique** par contre, correspond à un ratio CMB/CMI **supérieur à 4** et inférieur à 32. On peut constater que, l'HE essentielle d'E.g exerce un pouvoir **bactéricide** sur toutes les bactéries étudiées. Et **Fongistatique** sur les deux souches fongiques dans ce travail.

Cette propriété de l'HE peut être attribuée à plusieurs éléments qui le rend puissant tel que le stade de développement de la plante d'étude (**Ruberto & Baratta, 2000**), dans cette recherche nous avons choisis les tiges jeunes.

L'activité antimicrobienne semble être due à plusieurs molécules présentes dans les huiles essentielles. Ceci a été annoncé par plusieurs auteurs, tels que:

Hassani et al. (2017): montrant que l'effet antimicrobien est dû essentiellement aux alcools terpéniques des huiles essentielles qui sont particulièrement actifs contre les cellules microbiennes, car solubles dans les milieux aqueux.

Laurent (2017) : révèle que le 1,8-cinéol (eucalyptol) est actif sur *Staphylococcus aureus*.

Chahboun et al. (2015): dévoilent que l'activité antimicrobienne révélée par leurs résultats est due essentiellement à la richesse de l'huile essentielle en α -pinène, camphre, bornéol et différents esters présents.

Oussou (2009): montre que les fractions des essences riches en alcools tels que le thymol, le terpinéol-4 ou le géraniol présentent une très bonne activité antibactérienne.

Viljoen et al. (2005) : révèlent que l'HE riche en carvone est une huile efficace contre des bactéries pathogènes de l'Homme.



Conclusion



Conclusion

L'objet d'étude dans ce travail, l'huile essentielle, a été extraite des tiges d'Eucalyptus par L'hydrodistillation avec le dispositif de type Clevenger. Le rendement moyen en HE est de **0,92 %**. Nous avons obtenu une huile de couleur jaune avec une odeur agréable et fraîche.

Du test d'**aromatogramme** nous avons enregistré que :

L'analyse qualitative de l'HE des tiges d'E.g révèlent une variation du développement des souches microbiennes sous l'effet de contact direct avec les différentes doses d'HE de la plante d'étude. Dont, on enregistre : **de sensible a très sensible** avec *Bacille pyocyannique* et *Staphylocoque Coagulase Négative*, **de très sensible a extrêmement sensible** avec *Escherichia coli* (ECBU), *Staphylocoque Aureus* et *Streptocoque Hémolytique*, **Sensible** avec *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia odorifera*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus epidermidis*, **extrêmement sensible** avec *Streptocoque Hémolytique* (Gorge) et les 2 *Candida Albicans* et **résistante** avec *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. De plus, l'analyse quantitative exprimée par le diamètre de la zone d'inhibition (mm) des souches microbiennes testées par deux doses (20 µL et 40 µL) d'HE. Confirme **que** la croissance de différentes souches microbiennes a été influencée par l'huile essentielle testée. Plus la dose augmente plus les diamètres des zones d'inhibitions augmentent (**Effet dose repense**). **A 40µl d'HE**, la plus grande surface d'inhibition a été observée chez : *Streptocoque Hémolytique* (23 mm), *E.coli* (ECBU) (26 mm), *Candida Albicans* (ECBU) (26 mm), *Streptocoque* (Gorge) (27 mm), *Staphylocoque aureus* (30 mm) et *Candida albicans* (30 mm). Alors que, les diamètres les plus faibles été chez : *Listeria monocytogenes* (11 mm), *Klebsiella pneumoniae* (12 mm), *Staphylococcus epidermidis* (12 mm), *Klebsiella pneumoniae* (ECBU) (13 mm), *Serratia odorifera* (13 mm), *Staphylocoque aureus* (ECBU) (13 mm), *Bacille pyocyannique* (17 mm), *Staphylocoque Coagulase Négative* (18 mm). En revanche, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* ont été marques comme souches **résistantes**.

Et du test **microatmosphérique**, nous avons enregistré que, les souches microbiennes soumises aux composés volatils de l'huile essentielle d'E.g. Semblent sensibles sans exception. Sous l'effet de deux doses différentes, nous avons observé que la sensibilité des souches, varie de :

- **Sensible a très sensible** chez *Bacille pyocyannique*, *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylococcus epidermidis* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge).
- **Stable** chez *Klebsiella pneumoniae* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque Coagulase Négative*, *Streptocoque Hémolytique* et les deux

Conclusion

Candida Albicans.

La propriété volatile de l'HE d'E.g mettant en évidence l'**effet dose-dépendante**. Même en phase vapeur l'HE étudié peut ralentir le développement des souches microbiennes testées. Après 24 heures d'exposition aux différentes doses d'HE (20 et 40 µl), nous avons constaté des variations de croissance des souches testées. Ce qui confirme l'impacte des principes actifs en phase vapeur de l'HE. Ce qui est intéressant, nous n'avons pas enregistré une résistance à la vapeur de l'HE

D'après les résultats de la concentration minimale inhibitrice nous avons déduire que pour les souches de *Bacille pyocyannique*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge) été de **110.73 g/l**. Ainsi pour *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Staphylocoque Coagulase Négative* et *Staphylococcus epidermidis* été de **41.52 g/l**. Alors que la CMI pour *Streptocoque Hémolytique* et *Candida Albicans* été de **2.68 g/l**. Et pour *Candida Albicans* (ECBU) et de **5.36 g/l**.

Pour déterminer le potentiel antimicrobien de l'HE, l'estimation de la CMB (ou CMF) varie entre :

- **110.73 g/l** pour *Bacille pyocyannique*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (gorge).
- **78.16 g/l** pour *Escherichia coli*, *Escherichia coli* (ECBU), *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylocoque aureus* (ECBU), *Staphylocoque aureus*, *Staphylocoque Coagulase Négative*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptocoque Hémolytique* et *Candida Albicans*
- **41.52 g/l** pour *Klebsiella pneumoniae* (ECBU) et *Candida Albicans* (ECBU).

Concernant le type d'activité de l'HE étudié. Les résultats obtenus confirment son efficacité et son pouvoir antimicrobien considérablement puissant. Dans ce travail nous avons arrivé à inhiber la croissance de certaines souches considérées comme résistantes aux différents HEs, tel que : *Bacille pyocyannique*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia odorifera* et *Streptocoque Hémolytique* (Gorge).

De plus, l'HE essentielle d'E.G exerce un pouvoir bactéricide et bactériostatique sur toutes les **bactéries** étudiées.

Et **Fongistatique** sur les deux souches fongiques dans ce travail.

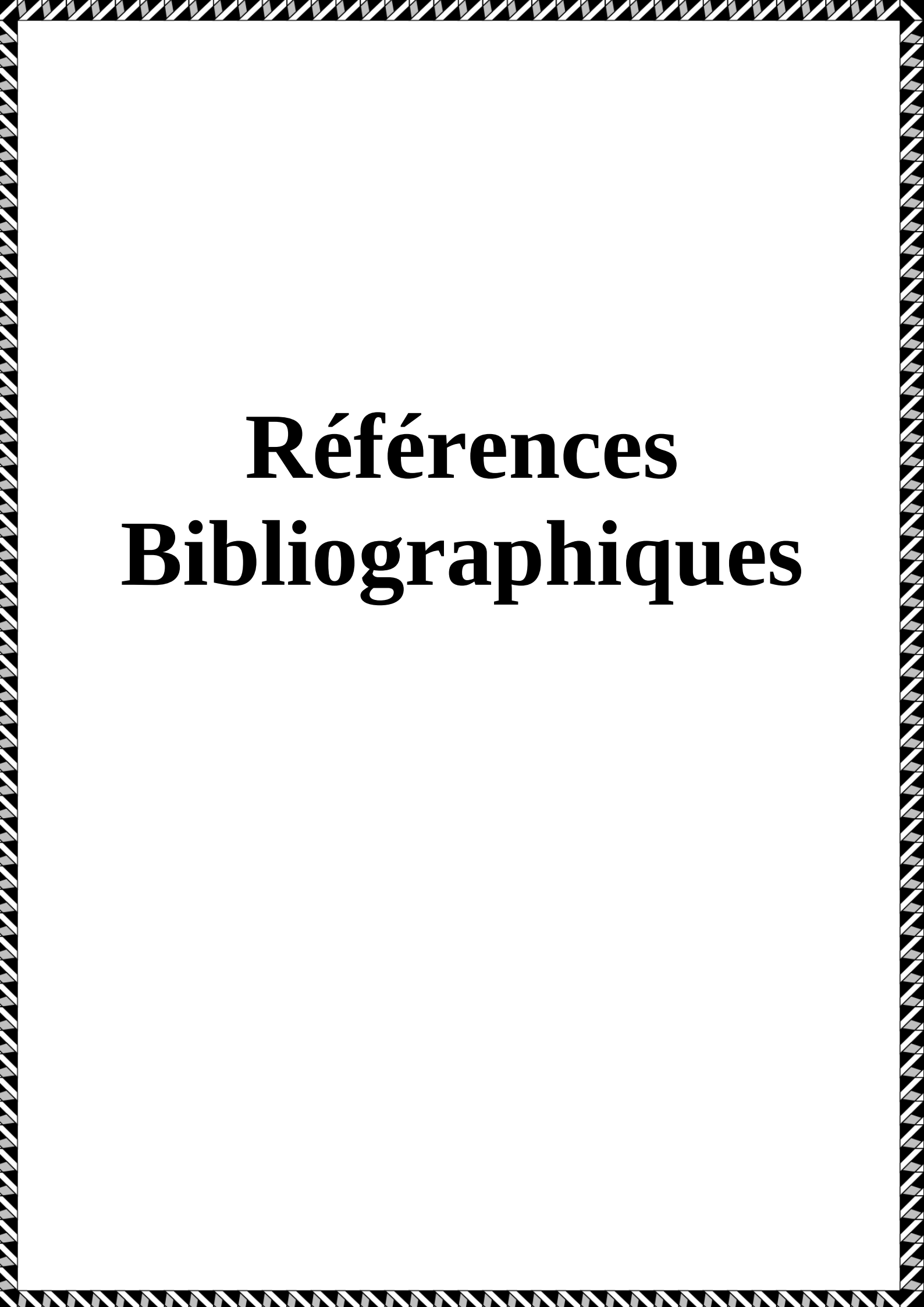
Les résultats obtenus permettent aussi la mise en valeur de l'exploitation de l'HE d'*Eucalyptus globulus* dans les domaines pharmaceutiques (antibiotiques) et cosmétiques (Gel et lotion nettoyants) et alimentaires (désinfectants) en raison de leur pouvoir antimicrobien..

Conclusion

Dans l'ensemble, Ces résultats confirment le potentiel puissant de l'huile essentielle d'E.g, comme agent naturel à large spectre, notamment contre des bactéries pathogènes et les levures.

Perspectives

- L'intérêt de cette étude réside également dans la valorisation des tiges, une partie souvent négligée de la plante, ce qui ouvre des perspectives intéressantes en matière de valorisation des sous-produits végétaux. Une étude plus poussée de l'activité antimicrobienne, il serait intéressant de continuer ces travaux notamment sur d'autres bactéries pathogènes.
- Étudier d'autres propriétés biologiques de cette plante, à savoir les propriétés anti- oxydantes, anti inflammatoires, antivirales et autres
- Ouvrir des opportunités pour la valorisation de la plante et ces dérivés dans le développement économique durable et dans la création de la richesse renouvelable dans notre pays. et permettre aussi la mise en valeur de l'exploitation des HE dans les domaines pharmaceutiques et cosmétiques en raison de leur composition chimique
- Adopter des techniques d'analyse plus poussées des huiles pour une meilleure compréhension de la composition chimique pour déterminer les métabolites secondaires actifs de cette HE.
- Mené des études complémentaires, notamment in vivo.



Références Bibliographiques

A

1. **Abimbola, A. S., Idiat, I. D., Olayinka, A. J., Olawumi, O. O., Olalekan, A. M., & Theophilus, O. A. (2012).** Chemical composition, antioxidant and cytotoxic effects of *Eucalyptus globulus* grown in north-central Nigeria. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, 2(1), 1-8.
2. **Abou-Zaid, E. N. (1988).** Aromatic and medicinal plants – their agricultural and medicinal products. El-dar el-arabia for Publishing, Cairo.
3. **Adouani, L., Merghadi, I., & Mosbah, C. (2021).** Etude des activites biologiques des extraits et l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.
4. **Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS). (2008).** Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
5. **Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013).** Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 10835-10847.
6. **Asma, G. (2017).** Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire [Master's thesis, Université Kasdi Merbah-Ouargla].
7. **Atmani-Merabet, G., Belkhiri, A., Dems, A. M., Khalfaoui, Z., Lalaouna, A., & Mosbah, B. (2018).** Chemical composition, toxicity, and acaricidal activity of *Eucalyptus globulus* essential oil from Algeria. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 31(2), 89-93.

B

8. **Baid, S. (2018).** « Etude de l'effet de l'hybridation interspécifique sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles d'eucalyptus cultivé au maroc par acp » [Master's thesis, Université de Fès].
9. **Bajpai, V. K., Shukla, S., & Sharma, A. (2013).** Essential oils as antimicrobial agents. In K. G. Ramawat & J. M. Mérillon (Eds.), *Natural products* (pp. 3975-39). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
10. **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Effets biologiques des huiles essentielles, une revue de toxicologie alimentaire et chimique. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
11. **Belaiche, P. (1979).** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. L'aromatogramme (Tome I). Maloine.
12. **Belaiche, P. (1979).** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 : l'aromatogramme. Maloine.
13. **Belkhiri, M., & Lanane, A. (2020).** Apport de l'huile essentielle d'eucalyptus globulus dans le phénomène de la résistance aux antibiotiques [Master's thesis, Université des Frères Mentouri, Constantine].
14. **Bellakhdar, J. (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Le Fennec/Ibis Press.
15. **Benayad, N. (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées [Research project, Université Mohamed V-Agdal].
16. **Benjilal, B., Tantaoui-Elaraki, A., Ismaïli-Alaoui, M., & Avadi, A. (1986).** Méthode d'étude des propriétés antiseptiques des huiles essentielles par contact direct en milieu gélosé. *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, 20(2), 155-167.
17. **Bessedik, M., & Khenfer, B. (2015).** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles d'eucalyptus globulus et thymus algeriensis contre quelques champignons phytopathogènes des palmes du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) [Master's thesis, Université de Ouargla].

18. **Bey-Ould Si Said, Z. (2014).** Activité biologique des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale eucalyptus globulus [Master's thesis, Université Abderrahmane Mira-Bejaia].
19. **Botineau, M. (2011).** Guide des plantes médicinales. Belin.
20. **Bouacha, H., Khafrabi, N., & Seghairia, D. (2017).** Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles contre candida albicans [Master's thesis, Université 8 Mai 1945, Guelma].
21. **Bouacherine, R., & Benrabria, H. (2017).** Biodiversité et valeur des plantes médicinales dans la phytothérapie : cas de la région de ben srou (m'sila) [Master's thesis, Université Mohamed Boudiaf-M'sila].
22. **Bouamer, A., Bellaghit, M., & Mollay, A. (2004).** Etude comparative entre l'huile essentielle de la menthe vert et la menthe poivrée de la région de ouargla [Mémoire des, Unive. Ouargla].
23. **Bounoua-Fraoucene, S., Kellouche, A., & Debras, J. F. (2019).** Toxicity of four essential oils against two insect pests of stored grains, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *African Entomology*, 27(2), 344-359.
24. **Boudy, P. L. J. (1952).** Guide du forestier en afrique du nord. La Maison Rustique.
25. **Boukhatem, M. N., Ferhat, A., & Kameli, A. (2019).** Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature. *Revue Agrobiologia*, 9, 1653-1659.
26. **Bounatirou, S., Smiti, S., Miguel, M. G., Faleiro, L., Rejeb, M. N., Neffati, M., & Pedro, L. G. (2007).** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff et Link. *Food Chemistry*, 105, 146-155.
27. **Bouras, M. (2018).** Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques [Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba].
28. **Bousbia, N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires.
29. **Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., Abrini, J., & Dakka, N. (2017).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. Lavoisier SAS.
30. **Brosse, J. (2000).** Larousse des arbres et des arbustes. Larousse.
31. **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3rd ed.). Tec et Doc.
32. **Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie: Phytochimie, plantes médicinales (2nd ed.). Lavoisier.
33. **Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie-phytochimie-plantes médicinales. Lavoisier.
34. **Burt, S. (2004).** Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.

C

35. **Chabrier, J. Y. (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie [Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy].
36. **Chahboun, N., Esmail, A., Abed, H., Barrahi, M., Amiyare, R., Berrabeh, M., ... & Ouhssine, M. (2015).** Evaluation de l'activité bactériostatique d'huile essentielle de la *Lavandula Officinalis* vis-à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques. *J. Materials Environ. Sci*, 6(4), 1186-1191.

37. **Chibah, S., & Djaouher, F. (2018).** Activité antibactérienne, antioxydante et anti-insectes des huiles essentielles d'eucalyptus, laurier de la région d'Ain Defla [Master's thesis, Djilali Bounaama de Khemis Miliana].
38. **Cutler, N. R., Sramek, J. J., Narang, P. K. (Eds.). (1994).** Pharmacodynamics and drug development: Perspectives in clinical pharmacology. *John Wiley & Sons*, 491p

D

39. **Dakov, T., Damjanovic, J., Šukovic, D., & Vratnica, B. D. (2011).** Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences*, 29, 277–284.
40. **Damjanovic-Vratnica, B., Dakovt-Sukovic, D., & Damjanovic, J. (2011).** Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences*, 29, 277-284.
41. **Daroui –Mokaddem, H. (2012).** Etude phytochique et biologique des especes *eucalyptus globulus* (myrtaceae), *smyrnium olusatrum* (apiaceae), *asteriscus maritimus* et *chrysanthemum trifurcatum* (asterarceae) [Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba].
42. **Daroui-Mokaddem, H. (2012).** Etude phytochimique et biologique des especes *eucalyptus globulus* (myrtaceae), *smyrniumolusatrum* (apiaceae), *asteriscusmaritimus* et *chrysanthemumtrifurcatum* (asterarceae).
43. **De Sousa, D. P. (2015).** Bioactive essential oils and cancer (1st ed.). Springer International Publishing.
44. **Decaux. (2002).** Phytothérapie: mode d'emploi. Le Bien Public.
45. **Delille, L. (2007).** Plantes médicinales d'algérie. Bertie.
46. **Dorman, H. J., & Deans, S. G. (2000).** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308–316.
47. **Durrafour, C., & Lapraz, J. C. (2002).** Médecine et end biogénie in « traité de phytothérapie clinique ». Masson.

E

48. **El anbri, c., eddaya, t., boughdad, a., chaimbault, p., zaid, a., & el fahime, e. M. (2021).** Variabilité des huiles essentielles et de l'adn de deux souches de *mentha spicata* L.(glabre et pubescente) de la région de meknès. *Revue marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires*, 9(4), 724-729.
49. **Erau, p. (2019).** L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil a l'officine [doctoral dissertation, la faculté de pharmacie de marseille].
50. **European Scientific Cooperative on Phytotherapy. (2009).** Escop monographs second edition. Escop.

F

51. **FAO. (1982).** Les eucalyptus dans les reboisements. (Collection FAO: Forêts No. 1, 92-5-200570-6, 1954).
52. **Farhat, A. (2010).** Vapo-diffusion assistée par micro-ondes : conception, optimisation et application [Doctoral dissertation, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès].
53. **Faucon, M. (2017).** Traité d'aromathérapie scientifique et médicale - les huiles essentielles - fondements et aides à la prescription.
54. **Festy, D. (2014).** Ma bible des huiles essentielles, guide complet d'aromathérapie. Malin.

55. **Figueredo, G. (2007).** Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne [Doctoral dissertation, Université de Blaise Pascal].
56. **Fintelmanny, Y., & Fweiss, R. (2004).** Manuel pratique de phytothérapie. Vigot.
57. **Foudil-Cherif, Y. (1991).** Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'eucalyptus [Master's thesis].
58. **FranceAgriMer. (2020).** Production et marchés des huiles essentielles. Aromadays 2020.

G

59. **Géraldine, C. (2013).** Myrtacées et aromathérapie [Doctoral dissertation, Université Joseph Fourier, Faculté de Pharmacie].
60. **Ghedira, K., Goetz, P., & Le Jeuner. (2012).** Phytothérapie anti-infectieuse. Springer-Verlag France.
61. **Ghedira, K., Goetz, P., & Jeune, R. (2008).** Eucalyptus globulus Labill. Phytothérapie, 6, 197-20.
62. **Gholoum, F. A. (2013).** Antimicrobial effect of some plants and herbs. International Journal of Engineering Science, 3(1), 20-29.
63. **Gonzalez-Trujano, M. E., Pena, E. I., Martinez, A. L., Moreno, J., Guevara-Fefer, P., Paris, M., & Hurabielle, M. (1981).** Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) (Tome). Masson.
64. **Grenez, E. P. (2019).** Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : fatigue, insomnie, stress, constipation, rhume, douleur et inflammation [Doctoral dissertation, Faculté de Pharmacie, Université de Lille].
65. **Gundel, S. D. S., Reis, T. R. D., & Copetti, P. M. (2019).** Evaluation of cytotoxicity, genotoxicity and ecotoxicity of nanoemulsions containing mancozeb and eugenol. Ecotoxicology and Environmental Safety, 169, 207-215.
66. **Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008).** The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. International Journal of Food Microbiology, 124(1), 91-97.

H

67. **Halimi, A. (2007).** Plantes médicinales. Halimi Abel-Kader.
68. **Harkat-Madouri, L., Asma, B., Madani, K., Said, Z. B., Rigou, P., Grenier, D., Allalou, H., Remini, H., Adjaoud, A., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2015).** Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of Eucalyptus globulus from Algeria. Industrial Crops and Products, 78, 148-153.
69. **Dennis, C. L., Falah-Hassani, K., & Shiri, R. (2017).** Prevalence of antenatal and postnatal anxiety: systematic review and meta-analysis. *The British journal of psychiatry : the journal of mental science*, 210(5), 315-323.
70. **Hellali, N., Mahammed, M. H., Ramdane, F., & Talli, A. (2016).** Antimicrobial and antioxidant activities of Cymbopogon schoenanthus (L.) Spreng. essential oil, growing in Illizi-Algeria. Journal of Medicinal Plants Research, 10(14), 188-194.
71. **Hubert, R. (1992).** Epices et aromates. Tec & Doc, Lavoisier.
72. **Huguet, M. (2008).** La route des épices, aromates, condiments et mélange d'épices. Sang de la Terre.
73. **Hydra, L., & Guettaf, N. (2016).** Caractérisation de l'huile essentielle extraite des écorces d'oranges et sa mise en évidence dans l'activité antibactérienne [Master's thesis, Université de Bouira].

I

74. **Iserin, P., et al. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales (2nd ed.). Larousse.

J

75. **Jacovelli, P. A. (2010).** Cultivation and production of eucalypts in Africa with special reference to the leaf oils. In Taylor & Francis eBooks (pp. 216-238). https://doi.org/10.4324/9780203219430_chapter_9
76. **Jean-Pierre, W. (2002).** Les huiles essentielles : médecine d'avenir. Editions du Dauphin.

K

77. **Kaloustian, J., Chevalier, J., Mikail, C., Martino, M., Abou, L., & Vergnes, M. F. (2008).** Etude de six huiles essentielles : composition chimique et activiteantibacterienne. *Phytothérapie*, 6, 160–164.
78. **Kanko, C., Sawaliho, B. E. H., Kone, S., Koukoua, G., & N'Guessan, Y. T. (2004).** Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. *Comptes Rendus. Chimie*, 7(10-11), 1039-1042.
79. **Kara, K., & Saidi, S. (2016).** Contribution a l'étude comparative du rendement et des composés chimique de l'huile essentielle d'eucalyptus globulus l entre les feuilles jeunes de la forêt de harouza (commune de tizi-ouzou) [Thesis, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].
80. **Koziol, N. (2015).** Huiles essentielles d'eucalyptus globulus, d'eucalyptus radiata et de corymbia citriodora : qualité, efficacité et toxicité [Thesis, Université de Lorraine].
81. **Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, B., Weigand, H. and Weis, N. (1989)** ,Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, 1, 119-128.

L

82. **Lakhdar, L. (2015).** Évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans*: étude in vitro [Doctoral dissertation, Faculté de Médecine Dentaire de Rabat, Université Mohammed V de Rabat].
83. **Lamara, A., Bouafia, W., & Benalia, M. A. (2022).** Caractérisation et utilisation des produits essentiels d'eucalyptus globulus [Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila].
84. **Laouer, H. (2004).** Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de sétif, de bejaia, de msila et de djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'ammoides pusilla et de magydaris pastinacea [Doctoral dissertation, Département de Biologie, Faculté des Sciences, UFA de Sétif].
85. **Lardry, J. M., & Haberkorn, V. (2007).** L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinesither Rev*, 61, 14-17.
86. **Lavoisier. (1993).** Bruneton J, chez pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales.
87. **Liu, Y., Song, A., & Wang, Y. (2009).** Study on the chemical constituents of the essential oil of the leaves of *Eucalyptus globulus* Labill from China. *Asian Journal of Traditional Medicines*, 4(4).
88. **Lobstein, A., Couic-Marinier, F., & Koziol, N. (2017).** Huile essentielle d'eucalyptus globulus. *Actualités Pharmaceutiques*, 57, 59-61.
89. **Lucchesi, M. E. (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes : conception et application à l'extraction des huiles essentielles [Doctoral dissertation, Université de la Réunion, France, Faculté des Sciences et Technologies].

90. Luo, J., Qi, S., Peng, L., *et al.* (2015). Phytoremediation potential of cadmium-contaminated soil by *Eucalyptus globulus* under different coppice systems. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94, 321–325.

M

91. Malik, A., & Tyagi, A. (2011). Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, 126, 228-235.
92. Mieres.Castro (2021). Activités antivirales des huiles essentielles d'eucalyptus : leur efficacité comme cibles thérapeutiques contre les virus humains. *Produits Pharmaceutiques*.
93. Mishra, A. K., Sahu, N., Mishra, A., Ghosh, A. K., Jha, S., & Chattopadhyay, P. (2010). Phytochemical screening and antioxidant activity of essential oil of eucalyptus leaf. *Pharmacognosy Journal*, 2(16), 25–28.
94. Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2016). Essential oil and antifungal therapy. In A. Basak *et al.* (Eds.), *Recent trends in antifungal agents and antifungal therapy* (pp. 29-74). Springer India.
95. Mongreville, A. (2017). Aromathérapie : législation et toxicologie en france et en europe, appliquées à la pédiatrie [Thesis, Université de Rouen].
96. Moro Buronzo, A. (2009). *Grand guide des huiles essentielles, santé –beauté-bien être*. Hachette Pratique.

N

97. Nadia, F. (2014). Propriétés chimique et biologiques des huiles essentielles de trois espèce du genre pinus poussant en algérie [Doctoral dissertation, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen].
98. Nait Achour, K. (2012). Etude de la composition chimique des essences de quatreespècesd'eucalyptus poussant dans la région de tizi-ouzou [Master's thesis, Algérie].

O

99. Oliveira, M. J., Iani, F. P. C., Oliveira, C. B. A., Santos, M. R., Souza, P. S., Santos, S. C., Seraphin, J. C., & Ferri, P. H. (2005). Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33, 275-285.
100. Önder, A. (2018). Coriander and its phytoconstituents for the beneficial effects. *Potential of Essential Oils*, 165.
101. Osaro-Matthew, R. C., Azubike-Izah, F. O., & Ofoegbulam, A. H. (2016). Characterization and in vitro antifungal potential of *Rosmarinus officinalis* and *Eucalyptus globules* essential oils on phytopathogen *Colletotrichum* sp. *World Journal of Microbiology WJM*, 3(3).
102. Ouedraogo, S., Yoda, J., Traore, T. K., Nitiema, M., Sombie, B. C., Diawara, H. Z., ...& Semde, R. (2021). Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.
103. Oussou, K.R. (2009) Etude chimique et activités biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne. Thèse de Doctorat Unique, Laboratoire de Chimie Organique et Structurale, UFR SSMT, Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, 241 p.
104. Oyedeji, O. A., & Afolayan, A. J. (2005). Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Centella asiatica*. Growing in South Africa. *Pharmaceutical Biology*, 43(3), 249–252.

P

105. **Pelt, J. M. (2004).** Les vertus des plantes. Du Chêne.
106. **Pereira, C. G., & Meirales, M. A. A. (2010).** Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: Fundamentals, applications and economic perspectives. *Food Bioprocess Technology*, 3, 340-372.
107. **Pharmacologie Européenne. (2007).** Direction de la qualité du médicament et soins de santé du conseil de l'europe (deqm). Strasbourg, France.
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A. S., & Chemat, F. (2014).** An improved ultrasound clevenger for extraction of essential oils. *Food Analytical Methods*, 7, 9-12.
108. **Porto, C. D., Deborha, D., & Ireneo, K. (2009).** Flavour compounds of *Lanvandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparaison of tree different extraction methods. *Food Chemistry*, 112, 1072-1078.

R

109. **Rabiai, M. (2014).** 2etude physicochimique et évaluation de l'activité biologique d'une huile essentielle et l'extrait aqueux d'eucalyptus globulus de la région m'sila [Master's thesis, Université de M'Sila].
110. **Rahal, S. (2004).** Chimie des produits naturels et des êtres vivants. O.P.U. Edition.
111. **Rahmane, F., & Bentboula, A. (2016).** Comparaison des maladies de deux espèces d'eucalyptus (*eucalyptus camaldulensis* et *eucalyptus globulus*) dans la région de medjez amar (guelma) [Master's thesis, Université de Guelma].
112. **Ruberto, G., Baratta, M. T., Deans, S. G., & Dorman, H. J. (2000).** Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. *Planta medica*, 66(8), 687–693.

S

113. **Salfo, O., Jules, Y., Tata, K., & al. (2021).** Production de matières premières et fabrication des médicaments à base de plantes médicinales. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 750-772.
114. **Sarda, N. (2012).** Quelques pathologies hivernales. Préparatrice en Pharmacie, 4.
115. **Site web (1)** <https://guide-huile-essentielle.com/huile-essentielle-eucalyptus-bienfaits>.
116. **Site web (2)** <https://www.achat-vente-palmiers.com/fr/eucalyptus/2979-eucalyptus-globulus.html>
117. **Site web(3)**<https://www.aujardin.info/plantes/eucalyptus-globulus.php>
118. **Site web (4)**<https://www.lepeupledacote.com/plante/eucalyptus-globulus-gommier-bleu-de-tasmanie>
119. **Site web (5)** <https://wikimemoires.net/2021/01/plantes-medicinales-eucalyptus-et-eucalyptus-globulus/>
120. **Site web (6)** <https://www.centreantipoisons.be/autre/les-huiles-essentielles-sont-elles-dangereuses>
121. **Socasau, F. C. (2017).** Les huiles essentielles référencées à l'agence européenne du médicament [Thesis, Université de Bordeaux].

T

122. **Taleb-Toudert, K. (2015).** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de kabylie (nord algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche de niébé *callosobruchus maculatus* (coleotear : bruchidae) [Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie].
123. **Teulières, C., Bossinger, G., Moran, G., & Marque, C. (2007).** Stress studies in *eucalyptus*. *Plant Stress*, 1(2), 197-215.

124. Therond, O., Tichit, M., Tibi, A., Accatino, F., Biju-Duval, L., Bockstaller, C., ... & Tardieu, L. (2017). *Volet" écosystèmes agricoles" de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques* (Doctoral dissertation, Inra).
125. Tisserand, R., & Young, R. (2014). *Essential oil safety* (2nd ed.). Churchill Livingstone Elsevier.

V

126. Van Wyk, B. E., & Wink, M. (2018). *Plantes médicinales du monde*. CAB.
127. Veillet, S., Tomao, V., & Chemat, F. (2010). Ultrasound assisted maceration: An original procedure for direct aromatisation of olive oil with basil. *Food Chemistry*, 123, 905-911.

W

128. Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., & He, H. (2006). Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102, 11-17.
129. Wang, Y. I., Naumann, U., Wright, S. T., & Warton, D. I. (2012). mvabund—an R package for model-based analysis of multivariate abundance data. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3), 471-474.
130. Warot, S. (2006). *Les eucalyptus utilisés en aromathérapie* [Mémoire de fin de formation en phyto-aromathérapie].

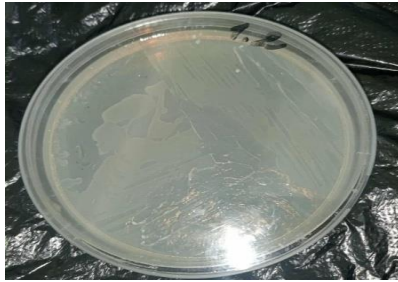
Z

131. Zabeirou & Hachimou (2005). Étude comparative entre les huiles essentielles de la menthe verte (*mentha spicata* l) et de la poivrée (*mentha piperita* l) dans la région d'ouargla [Mémoire de DES Biochimie, Université de Kasdi Merbbah _Ouargla]

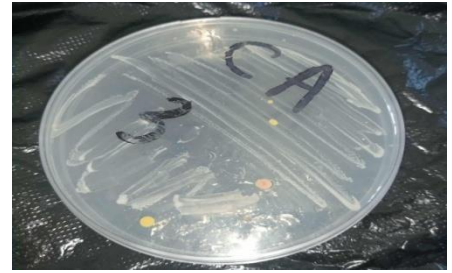
Annexes



Candida albicans



Escherichia coli



Candida albicans



Streptocoque hémolytique.



Bacille pyocyannique.



Staphylococcus aureus.



Klebsiella pneumoniae.



Escherichia coli



Pseudomonas aeruginosa



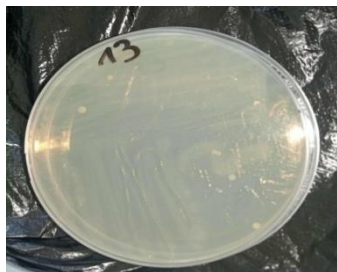
Staphylocoque coagulase



Streptocoque hémolytique



Serratia odorifera



Listéria monocytogenes



Staphylococcus aureus



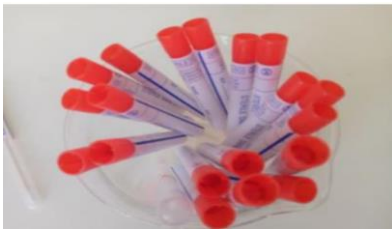
Klebsiella pneumoniae



staphylocoque blanc

Les souches microbiennes testées

Annexe 01. Les matériels non biologiques utilisés



Écouvillon.



Étuve.



Gants



Pipettes Pasteur.



Auto clave.



Broyeur électrique



Balance de précision.



Appareil d'hydrodistillation



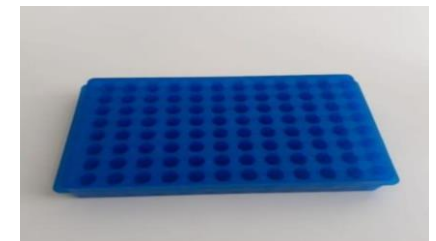
Vortex.



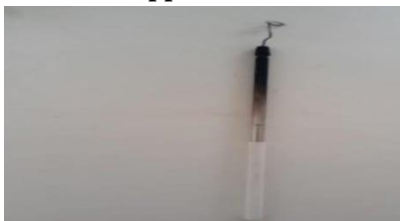
Tubes eppendorfs.



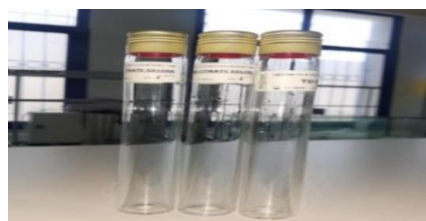
Bec Bunsen.



Portoir



Anse de platine.



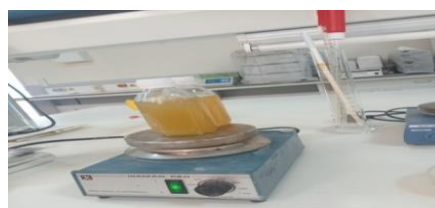
Tubes à essai.



Boîtes d'analyses biologique



Balance numérique



Agitateur-plaque chauffante.



Boîtes de Pétri



Chauffe ballon.



Étuve



Réfrigérateur.



Portoir tube à essai

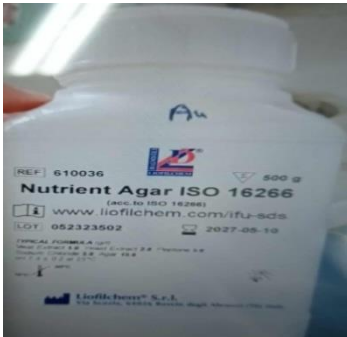


Micropipettes

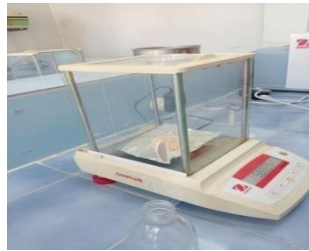
Annexe 02. Les appareils du laboratoire utilisé

Appareils	Utilisations
Appareil d'hydrodistillation de type Clevenger	Extraction des HEs
Balance numérique	Pour peser la plante
Balance de précision	peser l'HE
Étuve réglée à 37C	Incubation des souches
Autoclave	Stériliser les matériels et les milieux de culture
Réfrigérateur	Conservation des échantillons
Agitateur plaque chauffante	Préparation du milieu de culture
Vortex	Homogénéiser une solution ou une suspension
Broyeur électrique	broyer la plante
Bec Bunsen	chauffer des substances ou pour stériliser certains équipements
Chauffe ballon	Chauffer une solution présente dans un ballon en verre.

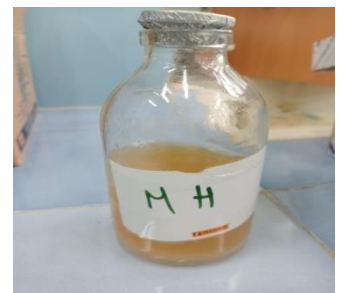
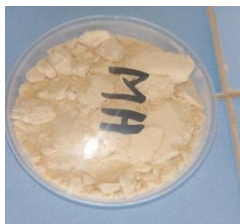
Annexe 03. Préparation du milieu de la culture

Milieu de culture	Composition	Préparation
Glose nutritive (GN) 	- Peptone.....10,0g - Extrait de viande.....3,0g - Extrait de levure.....3,0g - Chlorure de sodium.....5,0g - Agar bactériologique.....18,0g pH=7,2 +/- 0,2	-Mettre en suspension 5.7g de la poudre dans 150 ml d'eau distillée. -Bien agiter dans un agitateur pour bien homogénéiser. -Répartir en petits flacons de 180ml. -Stériliser à l'autoclave.
Gélose Mueller Hinton (MH) 	- Infusion de viande.....2,0g - Hydrolysate acide de caséine....17,5g - Amidon1,5g - Agar17,0g pH=7,3 +/- 0,1	-Dissoudre 6.1g de poudre dans 160 ml litre d'eau distillée, puis agiter. -Mettre le flacon dans un agitateur pour bien homogénéiser. -Répartir dans des flacons de 250ml, puis stériliser.

Préparation gélose nutritive (GN):



Préparation du gélose Mueller Hinton (MH):





Chief du département