

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

/...../...../...../.....

Université de Ghardaïa

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de Génie des procédés

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

**Master**

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

**Thème**

**ETUDE DES ACTIVITES BIOLOGIQUE D'UNE  
PLANTE AROMATIQUE MEDICINALE**

Présenté par :

NASRI Kaoutar

LEBOUABI Zineb

Soutenue publiquement le 06 /06/2024

Devant le jury composé de :

Dr. BENCHADI Ouassila	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Dr. MATALLAH Messaouda	MAB	Univ. Ghardaïa	Examineur
Dr. RAACHE Imane	MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur
Dr. BENCHEIKH Salah Eddine	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2023/2024



## *Dédicace*



A **mes parents**, je les remercie, de m'avoir  
encouragée et soutenu pendant toutes mes études

À ma chère sœur **KHIRA**, je la remercie d'avoir  
m'encouragé

*A toute **ma famille** et **mes proches**, qu'ils m'ont encouragé  
même avec un mot gentil*

A mon binôme **KAOUTAR**, une amie qui a partagé  
beaucoup de choses avec moi et qui m'a toujours soutenu ce  
de travail merci beaucoup.

A tous **mes amis** de l'étude, merci pour votre coopération  
et pour l'intensification de vos efforts avec moi pour  
accomplir ce merveilleux travail

**ZINEB**



## *Dédicace*

A l'aide de dieu "ALLAH" tout puissant

Qui m'a tracé le chemin de ma vie

J'ai pu réaliser ce travail.

Que je dédie : Aux personnes les plus chères à mon cœur mon père et ma mère, mes profonds remerciements pour tout ce que vous m'avez donnée, votre amour, votre éducation et votre soutien.

A mes deux chers frères : **Abdou** et **Ibrahim**.

A mes deux chères sœurs : **Khawla** et **Meriem**.

À mes chères tantes Pour leur amour et leur affection.

A tous mes proches amis pour leurs intérêts

A mon binôme **Zineb**.

Toutes mes salutations à tous mes collègues de la promotion de Master II Génie chimique, pour les sympathiques moments que nous avons passés ensemble.

***Kaoutar***



# Remerciement

En premier lieu, nous tiens à exprimer ma gratitude envers Dieu, le tout-puissant, pour nous a accordé la santé, la force et la patience, le courage et la volonté nécessaires pour terminer cette travaille.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute ma gratitude à notre encadreur de ce mémoire, **Dr. Bencheikh SalehEddine**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux, conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous désirons aussi remercier également **Mr. Aouf Djaber, Mme. Imen** et **Ben Nadir Saliha**. Les responsables de laboratoire de génie des procédés de la Faculté des Sciences et de la Technologie l'Université de Ghardaïa et **Mr.**

**TABBAKH Abdelaziz**, ingénieur de laboratoire en biochimie d'analyse médicale à ESSALAM qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires

Un grand merci à toutes nos amis de la promotion pour leur soutien moral tout au long de ces années inoubliables.

Enfin, Nous exprimons notre gratitude à tous ceux qui ont apporté leur contribution, que ce soit de près ou de loin, à la réalisation de cette travaille.

## **Résumé :**

Ce travail à évaluer l'effet antibactérien et antioxydante d'huile essentielle extraite d'*Eucalyptus globulus* provenant dans trois régions d'Algérie El-Menia, Ghardaïa et Ouargla.

Les huiles essentielles sont extraites grâce à la technologie d'hydrodistillation. Le rendement d'extraction a atteint 0,94% à Ghardaïa. 0,43% El-Menia et 0,315% à Ouargla pour 100 grammes de plante étudiée. L'activité antimicrobienne des extraits a été évaluée par la méthode de diffusion par disque sur gélose contre cinq types de bactéries et une levure. *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* est plus sensible à l'inhibition avec un diamètre de 13 mm et 14 mm respectivement.

L'activité antioxydante de l'huile essentielle a été évaluée par la méthode de DPPH, Les extraits ont montré une forte activité antioxydante, l'huile essentielle de Ouargla présentant la plus forte activité avec de  $IC_{50}=27,0309$  mg/ml, suivi l'huile essentielle de El-Menia avec  $IC_{50}=39,5964$  mg/ml et  $IC_{50}=96,5316$  mg/ml pour l'huile essentielle de Ghardaïa

**Mots clés :** *Eucalyptus globulus*, huiles essentielles, activité antioxydante, activité antibactérienne, hydrodistillation.

## Abstract

This work to evaluate the antibacterial and antioxidant effect of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* from three regions of Algeria El-Menia, Ghardaïa and Ouargla.

The essential oils are extracted using hydrodistillation technology. The extraction yield reached 0.94% at Ghardaïa. 0.43% El-Menia and 0.315% in Ouargla per 100 grams of plant studied. The antimicrobial activity of the extracts was evaluated by the method of diffusion by disc on agar against five types of bacteria and a yeast. *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* is more sensitive to inhibition with a diameter of 13 mm and 14 mm respectively.

The antioxidant activity of the essential oil was evaluated by the DPPH method, The extracts showed a strong antioxidant activity, the essential oil of Ouargla exhibiting the highest activity with  $IC_{50}=27.0309$  mg / ml, followed by the essential oil of El-Menia with  $IC_{50}=39.5964$  mg / ml and  $IC_{50}=96.5316$  mg / ml for the essential oil of Ghardaïa

**Key words:** *Eucalyptus globulus*, essential oils, antioxidant activity, antibacterial activity, hydrodistillation.

## الملخص

هذا العمل لتقييم التأثير المضاد للبكتيريا والمضاد للأكسدة من الزيت الاساسي المستخلص من نبتة *Eucalyptus globulus* من ثلاث مناطق من الجزائر المنيعية، غرداية وورقلة .

تم استخلاص الزيوت الأساسية باستخدام تقنية التقطير المائي. بلغ عائد الاستخلاص 0.94% في غرداية و 0.43% المنيعية و 0.315% في ورقلة لكل 100 غرام من النبات المدروس. تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيت المستخلص بطريقة الانتشار في الاقراص ضد خمسة أنواع من البكتيريا ونوع واحد من الخميرة

*Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* هما الأكثر حساسية مع تثبيط بقطر 13 ملم و 14 ملم على التوالي.

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة من الزيت الأساسي المستخلص من خلال اختبار مسح الجذور الحرة DPPH ، وأظهرت فعالية الزيت الأساسي نشاط مضاد للأكسدة قوي ، تظهر أعلى نشاط مضاد للأكسدة من الزيت الأساسي من ورقلة مع  $IC_{50} = 27.0309$  ملغ / مل) ، تليها من الزيت الأساسي من المنيعية مع  $IC_{50} = 39.5964$  ملغ / مل) و  $IC_{50} = 96.5316$  ملغ / مل) للزيت الأساسي من غرداية

الكلمات المفتاحية: *Eucalyptus globulus*، الزيوت الأساسية ، النشاط المضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للبكتيريا ، التقطير المائي

*Liste des tableaux*

Tableau 1 caractéristiques des différents micro-organismes.....	37
Tableau 2 Rendement des huiles essentielles de <i>E.globulus</i> de différentes régions.....	43
Tableau 3 Les propriétés organoleptiques d'huile essentielle de <i>E.globulus</i> .....	44
Tableau 4 Caractéristiques physico-chimique d'huile essentielle de <i>E.globulus</i> .....	45
Tableau 5 Valeurs des diamètre moyens de la zone d'inhibition en (mm) d'HEs d' <i>E.globulus</i> dans les trois régions .....	47
Tableau 6 Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition .....	47
Tableau 7 Transcription des diamètres d'inhibition de HE de plante Eucalyptus.....	48
Tableau 8 les activités antioxydantes de l'HE d'eucalyptus.....	52
Tableau 9 Activités anti oxydantes de l'HE d'E. globulus .....	52



***Liste des figures***

Figure 1 Structure de l'isoprène .....	5
Figure 2 Structures de quelques monoterpènes .....	5
Figure 3 Principe de la technique d'hydrodistillation .....	10
Figure 4 Schéma de l'appareil d'entraînement à la vapeur d'eau .....	13
Figure 5 Schéma générale de la partie expérimentale .....	26
Figure 6 la plante Eucalyptus .....	27
Figure 7 Montage d'hydrodistillation.....	28
Figure 8 Les différentes étapes d'extraction des huiles essentielles.....	28
Figure 9 Le réfractomètre.....	30
Figure 10 Dégradation de la couleur .....	32
Figure 11 forme libre et réduite du DPPH .....	33
Figure 12 Illustration de la méthode de diffusion dans milieu gélosé sur boîte de Pétri .....	35
Figure 13 les souches bactériennes. ....	37
Figure 14 Zone stérile .....	39
Figure 15 Muller hinton .....	39
Figure 16 L'HEs obtenues .....	44
Figure 17 : Résultat d'activité antibactérienne d'HE <i>E.globulus</i> par photos .....	50
Figure 18 Principe du test DPPH .....	51
Figure 19 Activité antioxydante des huiles essentielles de 30 ;47et 58.....	52
Figure 20 Concentration inhibitrice à 50% des huiles essentielles .....	53

***Liste des Abréviations***

ATCC	American Type Culture Collection
°C	Degrés Celsius
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazil
E	Eucalyptus
g	Gramme
HE	Huile essentielle
I	Inhibition
<i>I<sub>A</sub></i>	Indice acide
IC50	Concentration inhibitrice à 50%
ISO	Norme Internationale Standard
JC	Jésus-Christ
L	Litre
Mg	Milligramme
MH	Mueller Hinton
ml	Millilitre
mm	Millimètre
N	Normalité
µg	Microgrammes
30	Ouargla
47	Ghardaïa
58	El-Menia

## Table des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>01</b>
--------------------------	-----------

### **PARTIE 1 PARTIE THEORIQUE**

#### **Chapitre I LES HUILES ESSENTIELLES**

I.1	Historique.....	3
I.2	Définition.....	3
I.3	Localisation et origine des huiles essentielles dans la plante.....	4
I.3.1.	Localisation et sources des huiles essentielles dans les plantes.....	4
I.4	Propriétés physico-chimiques.....	4
I.5	Composition.....	5
I.5.1.	<i>Terpènes</i> .....	5
I.5.2.	Composés d'origines diverses.....	8
I.6	Production d'huile.....	9
I.7	Techniques d'extraction des huiles essentielles (HE).....	10
I.7.1.	<i>Hydro-distillation</i> .....	10
I.7.2.	<i>Expression à froid</i> .....	11
I.7.3.	<i>Extraction par solvant</i> .....	11
I.7.4.	<i>Extraction au CO2 supercritique</i> .....	12
I.7.5.	<i>L'entraînement par la vapeur d'eau</i> .....	12
I.7.7.	<i>Extraction par infusion</i> .....	13
I.7.8.	<i>Extraction par ultrasons</i> .....	13
I.8	Les activités biologiques.....	14
I.8.1.	<i>Activité antioxydant</i> .....	14
I.8.2.	<i>Activité antibactérienne</i> .....	15
I.8.3.	<i>Activité antifongique</i> .....	15
I.9	Données toxicologiques.....	15

#### **Chapitre II ETUDE BOTANIQUE**

.II	Généralité sur la plante d'eucalyptus :.....	17
II.1.	Description botanique.....	17
II.2.	La Morphologie.....	18
a/	Feuilles.....	18
b/	Fleurs.....	18
c/	Fruits.....	18
II.3.	Nomenclature.....	19

II.4.	Classification botanique .....	20
II.5.	Distribution Géographique .....	20
II.6.	Les domaines d'utilisation.....	21
II.6.1.	<i>Les huiles médicinales</i> .....	22
II.6.2.	<i>Les huiles industrielles</i> .....	23
II.6.3.	<i>Les huiles de la parfumerie et des flaveurs</i> .....	23
II.7	Composition des huiles essentielles .....	23
II.8.	Propriétés biologiques des huiles essentielles .....	25

## **PARTIE 2: ETUDE EXPERIMENTALE**

### **Chapitre III MATERIEL ET METHODES**

III.	Matériel végétal : .....	27
III.1.	Extraction des huiles essentielles .....	27
III.2.	Analyses des huiles essentielles .....	29
III.2.1.	<i>Analyses physico-chimiques</i> .....	29
III.2.2.	Activités biologiques.....	33
III.2.3.	<i>Les activités antioxydants</i> .....	33
III.2.4.	Activités antibactérienne: .....	34
a.	<i>Préparation zone stérile</i> .....	38
b.	<i>Fusion de la gélose</i> .....	39
c.	<i>Couler la gélose dans les boites</i> .....	40
d.	<i>Dépôt de disques</i> .....	40
e.	<i>La lecture</i> .....	42

### **Chapitre IV RESULTATS ET DISCUSSIONS**

IV.	Détermination de rendement : .....	43
IV.1.	Analyses des huiles essentielles .....	44
IV.1.1.	<i>Les paramètres organoleptiques</i> .....	44
IV.1.2.	Analyses physico-chimiques .....	45
IV.2.	Activités biologique .....	46
IV.2.1	Activité antibactérienne.....	46
IV.2.2.	Activité antioxydant .....	51

**CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....**43

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....**56

**ANNEXE.....**65



# *Introduction*

Depuis l'Antiquité, les humains utilisent les plantes, d'abord pour se nourrir, puis pour se soigner. Après d'innombrables essais et erreurs successifs au fil des siècles, les humains ont d'abord fait la distinction entre les plantes comestibles et les plantes vénéneuses. Au fil du temps, d'autres découvertes ont permis de sélectionner des plantes pour traiter des maladies spécifiques, comme la grippe et des affections liées au tube digestif. Les connaissances empiriques accumulées ont favorisé l'utilisation des plantes comme sources importantes de médicaments par différentes civilisations. Jusqu'au début du XXe siècle, presque tous les médicaments étaient d'origine végétale.[1]

L'Algérie, grâce à sa situation géographique et son climat particulier, possède un grand nombre de plantes médicinales et aromatiques, dont la plupart sont cultivées dans des conditions artisanales et marginales par rapport aux méthodes modernes de production et à valeur ajoutée.

*L'Eucalyptus globulus* est une plante médicinale de la famille des *Myrtacées* contient un grand nombre d'espèces, dont les types chimiques sont souvent très différents les uns des autres. Riche en principes actifs et utilisée par les locaux pour différents traitements antidiabétiques, hypoglycémiantes et anti-inflammatoires ; ces huiles essentielles sont utilisées comme antiseptiques dans l'industrie alimentaire. Elle couvre un large spectre d'activités biologiques : antiseptique, antibactérienne, antifongique, antispasmodique. Les plus connus d'entre eux sont les antioxydants.[2]

Notre objectif dans ce travail est l'extraction des huiles essentielles *d'Eucalyptus globulus* dans trois régions Ghardaïa, El-Menia et Ouargla – Algérie et la réalisation de ces analyses physicochimiques ainsi que l'évaluation de son activité biologique pour développer une nouvelle alternative dans la lutte biologique par les huiles essentielles.

Afin de réaliser nos objectifs, cette étude est scindée en deux parties distinctes, chacune étant décomposée en deux chapitres comme suit :

La première partie de ce travail consiste à réaliser une revue bibliographique sur

Les huiles essentielles et étude botanique sur la plante *Eucalyptus globulus*. Elle vise à rassembler les connaissances existantes dans ces domaines et à fournir un contexte théorique solide pour notre étude.

La deuxième partie de cette étude se concentre sur l'aspect expérimental, et est divisée en deux chapitres distincts :

- Le chapitre 1 décrit les méthodes d'extraction et l'évaluation des activités antibactériennes et antioxydantes.
- Le chapitre 2 présente les résultats obtenus dans nos expériences et la discussion qui en résulte.

Enfin, nous concluons notre travail par une conclusion simple.



# Partie 1

## Partie théorique

*Chapitre I*  
*Les huiles essentielles*

### **I.1. Historique :**

L'utilisation des huiles essentielles remonte à l'Antiquité. En fait, dès 4000 avant JC, les Égyptiens préparaient l'essence de cèdre par distillation sèche et utilisaient l'essence aromatique pour la momifier avec des techniques très méticuleuses., qu'ils notaient pour ses propriétés antiseptiques. Le premier parfum rapporté dans un traité médical est celui du romarin utilisé au XIIIe siècle pour ses propriétés thérapeutiques [3]

L'histoire de la médecine traditionnelle remonte aux plus anciennes civilisations existantes. En fait, depuis l'Antiquité, les humains cherchent des moyens de soulager les maladies et la douleur. Pour ce faire, il a immédiatement utilisé tous les produits à sa disposition. Le règne végétal lui fournit l'essentiel de ses habitudes alimentaires et constitue son premier domaine d'expérience. Petit à petit, il apprend à identifier les caractéristiques, vertus et toxicités des plantes. La phytothérapie était pratiquée dans toutes les civilisations anciennes : Mésopotamie, Egypte, Chine, Inde et période précolombienne. Ainsi, au fil du temps, des pharmacopées traditionnelles se sont constituées [4]

### **I.2. Définition :**

Un extrait concentré et aromatique, appelé huile essentielle, est généralement dérivé de plantes par le processus de distillation à la vapeur. Cet extrait liquide capture l'essence de la plante, contenant une gamme diversifiée d'ingrédients actifs soigneusement identifiés par analyse chromatographique.[5]

Extraites des plantes aromatiques par distillation, les huiles essentielles, également appelées essences ou huiles volatiles, sont des substances pures et naturelles. Ces huiles possèdent une qualité résineuse, à la fois odorante et volatile, tout en étant dépourvues de corps gras. Ils sont très concentrés, affichent souvent des couleurs vives et contiennent une concentration importante en principes actifs. Les huiles essentielles peuvent être trouvées dans diverses structures végétales, notamment les poils ou trichomes sécrétoires, les cellules épidermi (Qu'est-ce qu'une huile essentielle ?, s.d.)ques, les cellules sécrétoires internes, les poches sécrétoires et les canaux sécrétoires. Au sein du protoplasme, ils existent sous forme d'émulsion stable. Non seulement ces huiles servent à protéger les plantes de la lumière excessive, mais elles attirent également les insectes pollinisateurs, aident au traitement des affections inflammatoires telles que les allergies et l'eczéma et facilitent l'expulsion des gaz intestinaux. Les structures chimiques et les fonctions des huiles essentielles, constituées de combinaisons complexes de composés organiques, sont incroyablement diverses.[6].

### **I.3. Localisation et origine des huiles essentielles dans la plante :**

Les huiles essentielles sont présentes presque exclusivement dans les plantes supérieures. Cependant, la capacité à accumuler de HE est une propriété de certaines familles végétales réparties dans tout le règne végétal et peut être stockée dans tous les organes végétaux.[3]

#### **I.3.1. Localisation et sources des huiles essentielles dans les plantes :**

Les huiles essentielles sont presque exclusives à Phytophthora et se trouvent presque exclusivement dans les plantes supérieures. Selon [7] les rapports, seulement 10 % des 1,5 million d'espèces de plantes sont dites « aromatiques », ce qui signifie qu'elles synthétisent et sécrètent des traces d'essences aromatiques.[8]

Les huiles essentielles sont synthétisées par les glandes sécrétoires de presque toutes les parties de la plante. Ils sont sécrétés dans certaines structures spécialisées et, comme la plupart des substances lipophiles, s'agrègent sous forme de petites gouttelettes.[9]

Ces structures spécialisées sont généralement situées à la surface ou à proximité de la plante et peuvent être des cellules d'huile essentielle (*Laraceae*), des trichomes sécrétoires (*Lamiaceae*), des vésicules sécrétoires (*Myrtaceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*) et des canaux sécrétoires que l'on retrouve dans de nombreuses familles de tubes. Il est intéressant de noter que les organes d'une même espèce peuvent contenir des huiles essentielles de compositions différentes, selon leur emplacement dans la plante. [10].

### **I.4. Propriétés physico-chimiques :**

Les huiles essentielles sont des composés volatils liquides à température ambiante, clairs et rarement colorés. Comme ils sont principalement composés de composés asymétriques, ils ont la capacité de filer et sont peu miscibles à l'eau. Ils sont généralement très solubles dans les solvants organiques (éther, éthanol, hexane, pentane, etc.) et très légèrement solubles dans l'eau. Ils dissolvent les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et réduisent certains sels. [11, 12]

Leurs densités sont pour la plupart inférieures à la densité de l'eau. Toutefois, certains établissements d'enseignement supérieur font exception à cette règle. C'est le cas du saffran,

du clou de girofle et de la cannelle. Ils sont incolores ou jaunâtres. Mais il y en a aussi des colorées : cannelle (orange), armoise (verte) et camomille (bleue).[13, 14]

Ils sont gras mais pas gras et s'évaporent facilement. Chaque type d'oxyde d'éthylène est unique, avec une odeur, une couleur, une viscosité et des propriétés spécifiques. Ils ont un indice de réfraction élevé et dévient principalement la lumière polarisée. Ils ont différents indices chimiques (acide, ester, indice carbonyle, etc.).[15]

### I.5. Composition :

Les composés odorants des huiles essentielles sont principalement composés de deux groupes différents, selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. La plupart des huiles essentielles contiennent des terpènes (monoterpènes et sesquiterpènes), composés aromatiques dérivés du phénylpropane. [16]

#### I.5.1. Terpènes :

Les terpènes sont des hydrocarbures formés en combinant deux ou plusieurs unités isoprène dans le polymère d'isoprène  $(C_5H_8)_n$  d'origine [17] (Figure 1). Les terpènes sont abondants dans le milieu naturel. En fait, les plantes vasculaires produisent des terpènes volatils, notamment dans leurs organes foliaires. Ces molécules sont composées d'au moins deux composés à cinq carbones structurellement similaires à l'isoprène ou du 2-méthyl buta-1,3-diène.[18]

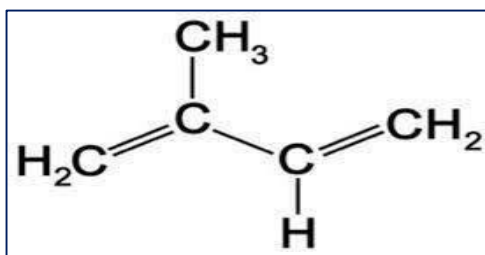


Figure 1 Structure de l'isoprène (2-méthyl buta-1,3-diène).

Les terpénoïdes sont classés selon le nombre de résidus isoprène : hémiterpènes (n=1), monoterpènes (n=2), sesquiterpènes (n=3), triterpènes (n=6), tétraterpènes (n=8) et polyterpènes. Ils contiennent. Des polyterpènes (isoprène) tels que le caoutchouc et la gutta-percha peuvent également être utilisés. [19].

### a. Hemiterpènes

On connaît une cinquantaine d'Hemiterpènes. Les alcools, les esters et les aldéhydes sont des représentants, mais ils sont généralement minoritaires dans les huiles essentielles.[20]

### b. Monoterpènes $C_{10}$

Il s'agit de molécules en  $C_{10}$  les plus couramment présentes dans les huiles essentielles. Ils peuvent varier en termes de linéarité, de monocycle ou de bicyclicité. La majorité de ces composés ont des centres asymétriques, ce qui leur confère une activité optique. Il n'y a pas souvent dans la nature qu'un seul des stéréo-isomères [20] (Figure : 2).

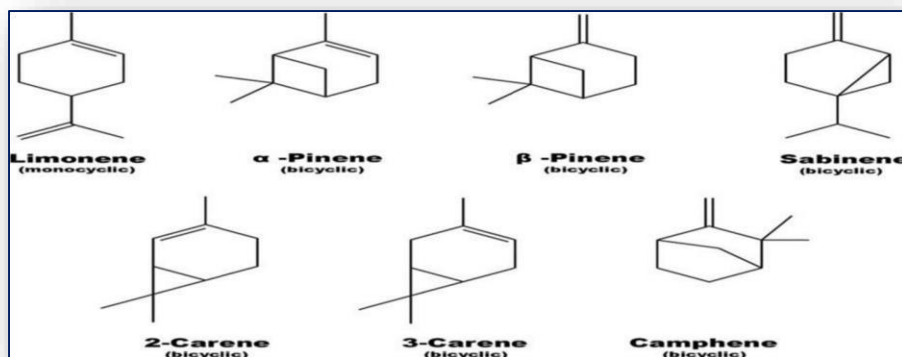


Figure 2 Structures de quelques monoterpènes.

### c. Sesquiterpènes $C_{15}$

Élaborés en combinant trois unités isoprènes, ce qui entraîne l'obtention de 15 atomes de carbone. Il existe différentes formes d'acyclicité, de monocyclicité ou de bicyclicité. Les deux types les plus courants sont les suivants. Il est possible de rencontrer d'autres structures telles que des peroxydes ou des lactones [20] (Figure3).

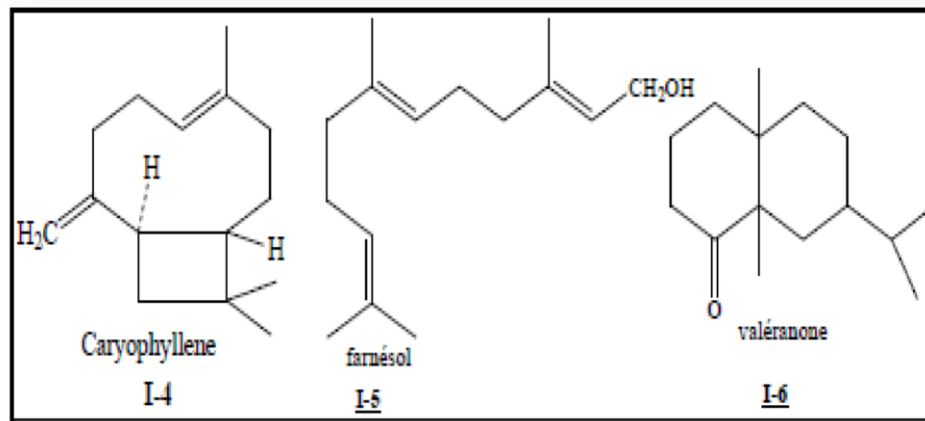


Figure 3 Structures de quelques sesquiterpènes.

#### d. Diterpènes C<sub>20</sub>

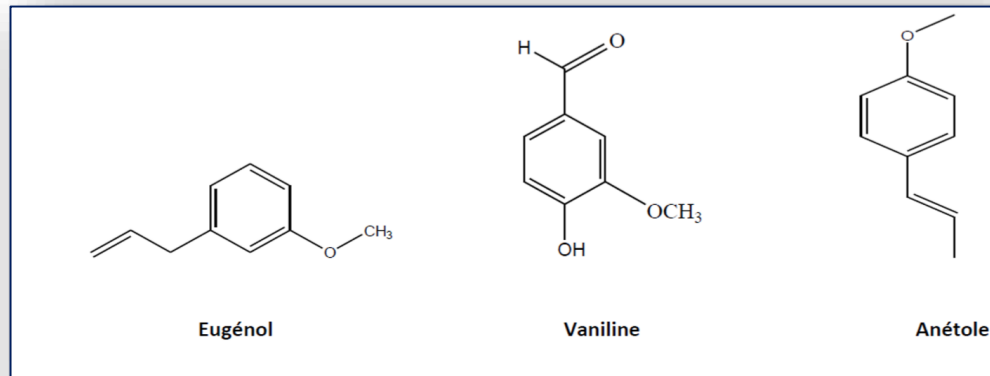
Les diterpènes produisent du pyrophosphate de géranyl de manière biosynthétique. Il existe différentes formes de cyclicité : acyclique, monocyclique, bicyclique, tricyclique, tétracyclique ou macrocyclique. Le phytol, qui est à l'origine de la chaîne latérale de la chlorophylle, est l'un des exemples les plus simples de di-terpène acyclique et l'un des plus importants. Il est donc abondant dans les végétaux. La vitamine K1 contient également le substitut phytol. [21]

#### e. Triterpènes et Tétra terpènes

Il existe plus de 1700 Triterpènes différents présents dans la nature, dont la plupart adoptent une structure tétra-cyclique ou penta-cyclique. La forme acyclique est quant à elle très rare. Le squalène, un triterpène acyclique, agit en tant que précurseur pour la synthèse d'autres triterpènes ainsi que des stéroïdes végétaux.[22]

### I.5.2. Les composés aromatiques:

Les composés aromatiques obtenus à partir du phenylpropane sont moins courants, mais très importants: eugénol, anéthol, vaniline, etc. (Figure 4).

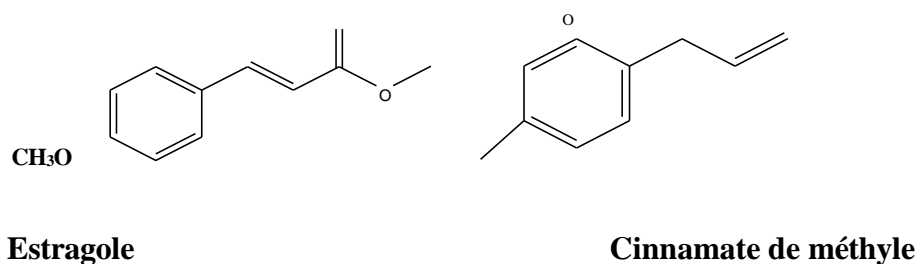


**Figure 4 structure de quelques composés aromatiques.**

L'ensemble de ces composés aromatiques est essentiel, car ils sont souvent à l'origine des propriétés olfactives et organoleptiques des huiles essentielles : par exemple, l'eugénol est à l'origine de l'odeur du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). [20]

### I.5.3. Composés d'origines diverses :

Il s'agit de produits issus de la conversion de molécules non volatiles. Ces éléments participent aux saveurs des fruits. Étant donné la manière dont ils se préparent, les concrètes et les absolues peuvent en faire partie. De la même manière, les huiles essentielles peuvent être entraînées par la vapeur d'eau par exemple [23] . (Figure 5).



**Figure 5 Structure de quelques arènes dérivées du phenylpropane**



## I.6. Production d'huile :

La production d'huile d'eucalyptus est répandue dans de nombreuses régions du monde et à différentes échelles. Il revêt une importance économique vitale et constitue une source précieuse de devises pour de nombreux pays [19]. L'huile d'eucalyptus est un liquide clair qui possède un arôme spécifique à l'espèce dans laquelle elle est utilisée. Lors du raffinage, les feuilles sont généralement de couleur jaune pâle, mais sont incolores lors de la première distillation des feuilles. [19]. Il existe environ 12 espèces d'eucalyptus utilisées pour produire de l'huile, dont 6 représentent la majorité de la production mondiale : *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus hirsutum*, *Eucalyptus polybractata*, *Eucalyptus smithi*, *Eucalyptus citrus* et *Eucalyptus submersalis* sont toutes des espèces cultivées. [24]. La distillation commerciale de l'huile d'eucalyptus a commencé en 1852 dans le Gippsland et en Tasmanie, à l'Est de Melbourne, en Australie. L'huile est utilisée comme désinfectant et solvant, ainsi que pour ses propriétés médicinales [25]. Depuis, des recherches scientifiques ont commencé sur les principales sources de ces huiles et leur composition chimique. Ils ont constaté que leur valeur commerciale dépend de la teneur en huile, qui doit constituer au moins 1 % du poids frais des feuilles, et que la composition chimique doit préoccuper le marché.

La production d'huiles essentielles d'eucalyptus au Brésil a commencé pendant la Seconde Guerre mondiale, en particulier dans l'État de São Paulo. Le Brésil dans les années 1970 est devenu le plus grand producteur d'huile d'*E. Citriodora* au monde [26].

Le Chili, la Bolivie, le Paraguay, l'Uruguay, l'Argentine et la Colombie ont tous produit de l'huile d'eucalyptus à un moment ou à un autre. Le Chili et la Bolivie produisent de l'huile riche en cinéole à partir d'*Eucalyptus globulus*, tandis que le Paraguay produit des huiles d'*Eucalyptus globulus* et d'*Eucalyptus citriodora*. Le Chili, le Paraguay et l'Argentine ont tous exporté de l'huile en 1999 et / ou 2000 [26]. En Inde, seules deux espèces d'eucalyptus, à savoir *E. globulus* et *E. citrus*, sont exploitées commercialement pour la production d'huile d'eucalyptus (respectivement 400 et 100 tonnes par an) [27]

## I.7. Techniques d'extraction des huiles essentielles (HE) :

Il existe de nombreuses façons d'extraire les huiles essentielles. Principalement basé sur l'entraînement de vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. La méthode la plus appropriée est sélectionnée en fonction de la nature du matériel végétal à traiter, des propriétés physiques et chimiques de l'arôme à extraire, de la fonctionnalité et de l'arôme général de l'extrait. [28].

### I.7.1. Hydro-distillation :

C'est la technique la plus simple et donc la plus ancienne. Plongez le matériel végétal dans un alambic rempli d'eau, placez-le sur une source de chaleur et portez le tout à ébullition. La vapeur se condense dans le réfrigérant et l'HE se sépare des produits d'hydrolyse par une simple différence de densité. Les huiles essentielles sont plus légères que l'eau et flottent au-dessus de l'hydrolysate (**figure 6**).

En effet, un chauffage prolongé et trop fort peut provoquer la dégradation de certaines molécules aromatiques [29].

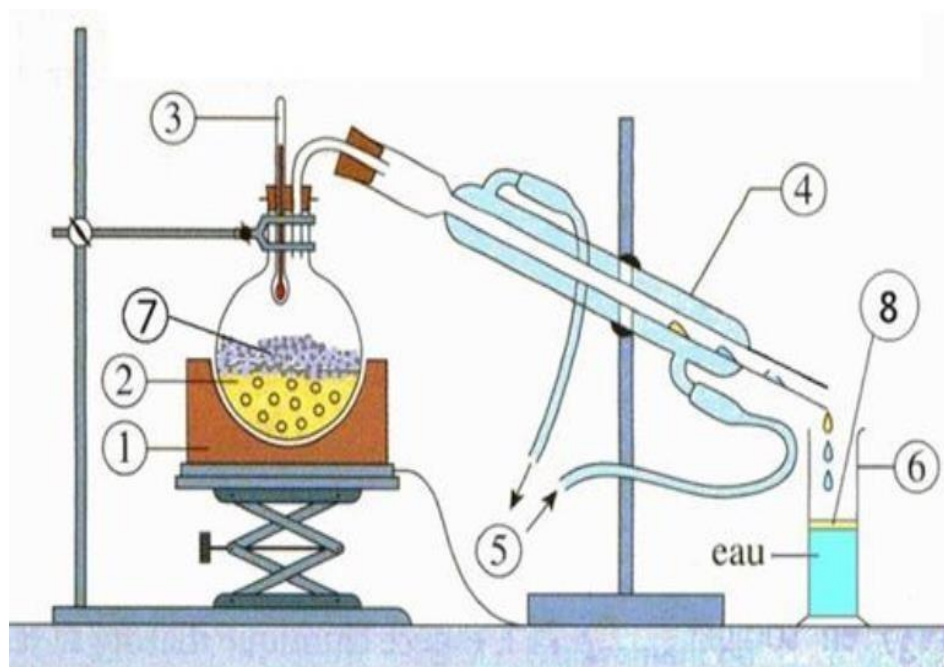


Figure 6 Principe de la technique d'hydrodistillation

1-Chauffe ballon	5- Entrée et sortie d'eau
2-Ballon	6- Erlenmeyer
3-Thermomètre	7- Matière à extraire
4-Réfrigérant	8- La couche d'huile essentielle

### ***1.7.2. Expression à froid :***

Il s'agit d'une technique « physique » simple qui consiste à presser à froid, au rouleau ou à l'éponge, les écorces d'agrumes (citrons, oranges...) pour en extraire l'HE.

L'odeur de l'huile est très proche de celle d'origine, Car aucune source de chaleur n'est utilisée

Le principe de la méthode consiste à détruire les sacs contenant de HE par différents procédés mécaniques (compression, perforation). L'huile libérée est ensuite collectée par le flux d'eau [30].

### ***1.7.3. Extraction par solvant :***

Cette technique d'extraction repose sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Le processus consiste à égoutter le matériel végétal avec un solvant à bas point d'ébullition, puis à le distiller sous pression réduite.

Le solvant s'évapore pour produire un mélange visqueux dont l'huile est extraite avec de l'alcool. L'extraction par solvant est coûteuse en raison du coût des équipements et de la consommation élevée de solvant. [31]

Actuellement, les solvants les plus couramment utilisés sont le cyclohexane, l'hexane, l'éthanol et, plus rarement, l'acétone et le chlorure de méthylène. En plus d'être homologué, le solvant choisi doit également présenter une certaine stabilité à la chaleur, à la lumière ou à l'oxygène. Son point d'ébullition est de préférence bas pour faciliter son élimination, et il ne doit pas réagir chimiquement avec l'extrait.

L'extraction a été réalisée à l'aide d'un extracteur Soxhlet. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, l'extrait contient donc non seulement des composés volatils mais aussi de nombreux composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances. [32]

Nous utilisons différents solvants pour obtenir des hydrolysats (eau comme solvant), des alcools (éthanol dilué), des colorants (éthanol/eau), des résines (extrait éthanolique

concentré) et des extractions de béton (à froid) et à chaud, en fonction de la technologie et du solvant utilisé.) [33].

#### ***1.7.4. Extraction au CO<sub>2</sub> supercritique :***

La particularité de cette technique d'extraction réside dans le type de solvant utilisé : CO<sub>2</sub> supercritique. Outre le point critique ( $P = 73,8 \text{ bar}$  et  $T = 31,1 \text{ °C}$ ), le CO<sub>2</sub> possède les propriétés suivantes : intermédiaire entre liquide et gaz, apportant bonne capacité d'extraction et, de plus, facilement réglable en faisant varier les conditions de température et de pression.

Cette technique présente de nombreux avantages.

Premièrement, le CO<sub>2</sub> supercritique est un solvant idéal (parfait) car il est naturel, chimiquement inerte, non toxique, ininflammable, sélectif, facilement disponible et moins chère. De plus, il peut être facile pour retiré de l'extrait sans laisser de résidus.

Plus de ces avantages, le principal point fort réside dans la parfaite qualité de l'extrait puisqu'aucun réarrangement n'a lieu au cours du processus.

Son seul point faible est le coût d'installation très élevé. En faisant varier les conditions de température et de pression, il est possible de rendre le procédé d'extraction plus sélectif des composés odorants et ainsi d'obtenir un extrait de composition assez proche de l'huile essentielle, sans molécules non volatiles.

Cette technique est aujourd'hui considérée comme la plus prometteuse car elle permet d'obtenir des extraits volatils de très haute qualité, respectant pleinement la nature originelle de la plante.

Extraction par fluide supercritique L'ingéniosité de la technologie d'extraction par fluide supercritique (appelée SFE) vient de l'utilisation de solvants dans un état supercritique, c'est-à-dire des phases liquides et gazeuses dans des conditions de température et de pression où le solvant est dans un état intermédiaire et présente une chimie physique différente. Propriétés, notamment un pouvoir de solvation accru. Bien que de nombreux solvants puissent effectivement être utilisés, c'est principalement pour des raisons pratiques que 90 % du SFE est réalisé par dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).[34]

#### ***1.7.5. L'entraînement par la vapeur d'eau :***

C'est la seule méthode de distillation recommandée par la Pharmacopée

française, car elle minimise les modifications hydrolytiques (notamment les esters). La plante entière ou la plante broyée (racines, écorces s'il s'agit d'organes durs) est placée dans un alambic et passée dans un courant de vapeur produit par une chaudière. L'HE est produite en injectant de la vapeur d'eau dans de la matière végétale placée sur une plaque poreuse. Il se condense ensuite dans le serpentin de refroidissement. A la sortie de l'alambic, un vase florentin (essencier) sépare l'eau de l'HE grâce à la différence de densité entre les deux liquides. [35].

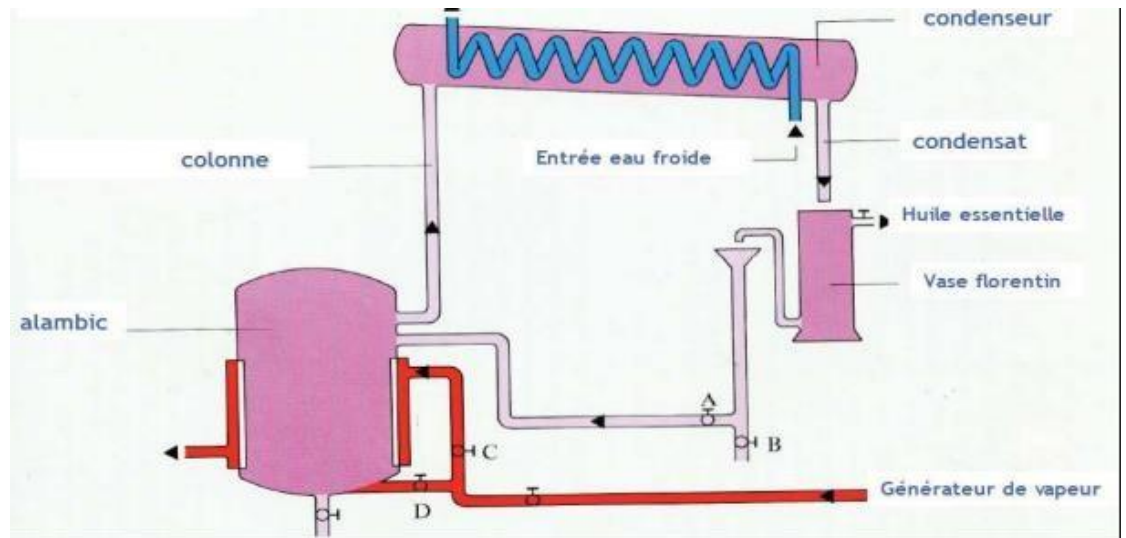


Figure 7 Schéma de l'appareil d'entraînement à la vapeur d'eau [36].

#### 1.7.6. *Extraction par infusion :*

L'infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une certaine quantité de matière végétale, en laissant le mélange pendant 10 à 15 minutes [37].

L'extraction par infusion également appelée « lixiviation ou extraction par lavage, extraction par diffusion et/ou extraction par solvant » est la mise en solution préférentielle d'un ou plusieurs composants d'un mélange solide par contact avec un solvant liquide [38].

#### 1.7.7. *Extraction par ultrasons :*

L'utilisation de l'extraction par ultrasons est couramment employée pour extraire des composés naturels. Grâce à l'utilisation des ultrasons, il est possible de réaliser des extractions rapidement (en quelques minutes) avec une reproductibilité élevée.[39]

Les ultrasons entraînent une perturbation des structures de la surface cellulaire, ce qui entraîne la lyse cellulaire et accélérer la diffusion moléculaire à travers les membranes, ce qui entraîne la rupture des membranes.[40]

L'extraction par ultrasons se fait dans un bain à ultrasons ou à l'aide d'un dispositif connu sous le nom de sonicateur, qui transforme l'énergie électrique en vibrations mécaniques longitudinales le long d'un volume. Grâce à ces vibrations, les cellules biologiques en suspension sont détruites, ce qui facilite l'extraction des composés bioactifs. [41]

## **I.8. Les activités biologiques :**

### ***I.8.1. Activité antioxydant :***

Les antioxydants sont définis comme toute substance capable de retarder ou d'empêcher l'oxydation des substrats biologiques [42].

Ce sont des composés qui peuvent réduire efficacement le rancissement et ralentir la peroxydation lipidique sans affecter les propriétés sensorielles et nutritionnelles des produits alimentaires. Ils permettent de maintenir la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit.

L'activité antioxydant peut être primaire ou préventive (indirecte).

Les composés actifs primaires ont la capacité de donner des électrons aux radicaux oxygène afin qu'ils puissent retenir l'oxygène, empêchant ainsi la destruction des structures biologiques. Ils peuvent agir comme des agents réducteurs capables de transférer leurs électrons vers les ROS et de les éliminer [43].

D'autre part, les composés ayant une activité préventive ont la capacité de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que la complexation des ions métalliques ou la réduction de l'oxygène.[44]. Certaines études rapportent que certain nombre des huiles essentielles sont plus efficaces que les antioxydants synthétiques [45].

Les effets antioxydants des huiles essentielles et des extraits de plantes sont principalement dus à la présence de groupes hydroxyles dans leur structure chimique.[46].

L'activité antioxydante de l'HE a également été attribuée à certains éthers, alcools, cétones, et aldéhydes monoterpéniques: le tinalool, le géraniol/néral, le 1,8-cineole, le citronellal, la menthone, l'isomenthone, et quelques monoterpènes: a-terpinène,  $\gamma$ -terpinène et l'aterpinolène [47].

**I.8.2. Activité antibactérienne :**

Le spectre d'action de l'HE est très large : moisissures, levures, bactéries ils sont généralement plus actifs sur les moisissures et les levures que sur les bactéries. De manière générale, pour les antiseptiques, les bactéries Gram+ sans membrane externe sont moins résistantes que les bactéries Gram+ avec membrane externe.

Pour l'HE, certaines études rapportent généralement une meilleure activité bactériostatique sur Gram+, mais l'activité de l'HE dépend aussi de l'espèce bactérienne, qu'il s'agisse de Gram+ ou de Gram-.[48].

Leur activité antimicrobienne est principalement fonction de leur composition chimique et en particulier de la nature de leurs composés volatils majeurs [49]

**I.8.3. Activité antifongique :**

Dans les domaines phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs peuvent également être utilisés comme agents protecteurs contre l'attaque des champignons et des micro-organismes phytopathogènes sur les aliments. [50].

Les effets fongicides et fongistatiques des huiles essentielles contre les champignons pathogènes ont fait l'objet de plusieurs études [51-53]. Quant à l'activité antibactérienne, sa capacité antifongique est attribuée à la présence de certaines fonctions chimiques dans les composants de l'huile essentielle. L'effet antifongique de ces composés est dû à la perméabilité accrue de la membrane plasmique et à la rupture ultérieure de la membrane plasmique conduisant à une fuite du contenu cytoplasmique, entraînant la mort des levures [54]. En effet, les composés terpéniques des huiles essentielles et plus précisément leurs groupements fonctionnels tels que les phénols et les aldéhydes réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique des levures [55]. Ils ont également découvert que les terpéniques et les lactones avaient une activité antifongique.

**I.9. Données toxicologiques :**

Les huiles essentielles ne sont pas des produits que l'on peut utiliser sans risque.

En tant que produit entièrement naturel : « Ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour le corps

Certains oxydes d'éthylène sont dangereux lorsqu'ils sont appliqués sur la peau

En raison de leur irritation (huiles riches en thymol ou carvacrol), allergènes (huiles d'agrumes riches en cinnamaldéhyde) ou phototoxicité (contenant des furanocoumarines).

D'autres huiles essentielles ont des effets neurotoxiques (huiles riches en alpha-thuyone)) ou sont cancérigènes. Par exemple, il s'agit d'*Artemisia dracunculus*, de  $\beta$ -asarone (*Acorus calamus*) et de méthyleugénol, l'allylbenzène ou les dérivés de l'allylbenzène. Les chercheurs ont montré que ces composés avaient une activité cancérigène sur le foie des rongeurs. Aussi, tout dépend de la dose prise lors de l'expérience, et de manière générale, la dose absorbée par les animaux est très différente de celle que les humains pourraient ingérer quotidiennement.[47].



*Chapitre II*  
*Etude botanique*

**II. Généralité sur la plante d'eucalyptus :**

Les *Myrtaceae*, sont une grande famille tropicale qui comprend environ 129 genres et près de 4 620 espèces. Ce sont des arbres ou des arbustes que l'on trouve dans les forêts denses et humides et plus rarement dans les zones sèches. Les réceptacles en bois ont des perforations simples, souvent de forme scalaire. D'une manière générale, les feuilles sont opposées, simples et complètes. Les fleurs se présentent sous forme de cymes ou de grappes, rarement en groupe, elles sont complètes, rarement unisexuées, elles produisent du nectar et sont pollinisées par les oiseaux. Le fruit est sphérique et entouré de sépales ou de bords de calice.[56].

Plus de 600 espèces d'eucalyptus ont été recensées, certaines atteignant plus de 100 mètres de hauteur. L'eucalyptus est un arbre à croissance rapide et la plupart des espèces poussent à partir de la souche, ce qui permet de l'abattre en peu de temps. Cette espèce est l'un des types de reboisement les plus répandus dans le monde. Également appelé arbre à fièvre ou gommier bleu, largement répandu dans la région méditerranéenne. [57].

L'eucalyptus joue un rôle essentiel dans la culture des feuillus. L'espèce est connue pour être abondante, on en trouve beaucoup dans le nord de l'Algérie, où les conditions environnementales sont les mêmes que celles de l'Australie.

**II.1. Description botanique :**

L'eucalyptus est originaire de Tasmanie, en Australie. Son nom vient du grec : « Eu » est un préfixe d'origine grecque signifiant « bien » et « kaluptos » signifie « couvrant » [58], donc le nom commun signifie bien couvert car les pétales et les sépales sont fusionnés. Il a été décrit et nommé par le botaniste français L'HERITIER en 1788. Entre 1800 et 1890, de savants botanistes ont nommé plusieurs espèces d'eucalyptus [59].

Le nombre d'espèces d'eucalyptus introduites dans différents pays dépasse 150, dont moins de 30 espèces ont été largement exploitées dans les plantations. À la fin des années 1980, 4 espèces (*Eucalyptus camaldulla*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus stylocorata* et *Eucalyptus grandis*) étaient occupées. Plus de la moitié de la superficie cultivée [60].

## **II.2. La Morphologie :**

En fonction de l'espèce, un eucalyptus adulte peut être un arbre de grande taille ou un petit buisson.

Il est courant d'affirmer que les eucalyptus sont :

- petits lorsqu'ils ont une hauteur inférieure à dix mètres ;
- moyens si leur taille est comprise entre dix et trente mètres ;
- grands si leur taille est comprise entre trente et soixante mètres ;
- très grands si leur taille dépasse soixante mètres (certaines espèces atteignent 90 mètres de hauteur).

Les eucalyptus des forêts se caractérisent par leur tronc unique, surmonté d'une cime feuillue, tandis que les eucalyptus de bois se présentent également avec un tronc unique, mais où les premières branches émergent à une hauteur relativement basse, près du sol.

### **a/ Feuilles :**

Les feuilles d'eucalyptus sont persistantes et glabres, mais varient selon l'âge des branches :

- Les jeunes pousses ont des feuilles larges et courtes avec de véritables feuilles nervurées (encadré).
- Les branches les plus âgées ont des feuilles parfumées, denses, vert foncé avec des pétioles courts.[61]

### **b/ Fleurs :**

Il existe de nombreuses sortes de fleurs. Ils sont blanc crème (bourgeons blanc-bleu), solitaires et relativement gros. La base du sépale est attachée à l'ovaire inférieur ; le calice et la corolle sont intégrés et les parois contiennent de l'essence aromatique.[61]

### **c/ Fruits :**

À maturité, le fruit est conique, sec et brun.

Le fruit ligneux mesure 1,5 à 2,5 cm de diamètre et possède une capsule très dure.[61]



Figure 8 Feuille et Fleur et Fruit d'*Eucalyptus globulus* [62]

### II.3. Nomenclature :

*Les noms vernaculaires* : Calitous « le nom le plus connue en Algérie », Calibtus, Kafor. Kalatus [63]

Ces noms sont les plus populaires en Algérie qui sont appelés dans plusieurs différentes régions

Français : eucalyptus, arbre de la fièvre, gommier bleu.

Anglais: blue gum tree;

Allemand: Eukalyptus blatter;

#### II.4. Classification botanique :

Tableau I : Classification d'*Eucalyptus globulus* [63].

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Famille</b>	<i>Myrtaceae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Rosidae</i>
<b>Genre</b>	<i>Eucalyptus</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Ordre</b>	<i>Myrtales</i>

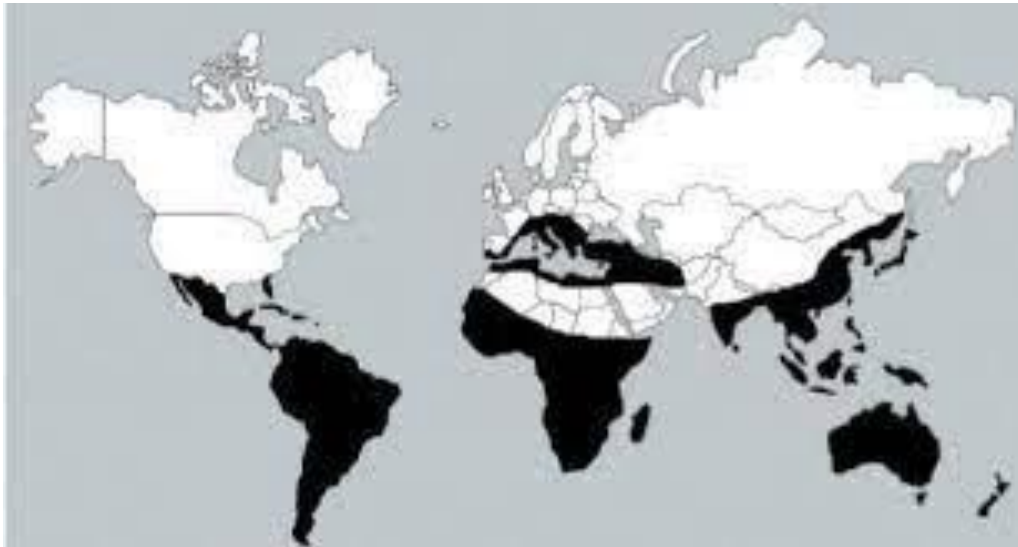
#### II.5. Distribution Géographique :

Les eucalyptus sont originaires d'Australie, en particulier de Tasmanie, et certaines espèces atteignent jusqu'à 100 mètres de hauteur. Ils furent bientôt cultivés en Asie subtropicale et dans le bassin méditerranéen. Les eucalyptus ont une extraordinaire capacité à absorber l'eau du sol dans lequel ils poussent, asséchant ainsi rapidement les marécages qu'ils occupent. En conséquence, il détruit l'habitat de reproduction des insectes responsables du paludisme, d'où son nom en Australie « arbre à fièvre » ou « arbre à fièvre ». Les feuilles d'eucalyptus sont pour la plupart persistantes. Les feuilles d'eucalyptus, comme celles d'autres plantes myrtacées, sont couvertes de glandes sébacées. Une production élevée de pétrole est la caractéristique fondamentale de ce type [7]

Les principales espèces d'*Eucalyptus* sont :

- ♣ *Eucalyptus globulus* : très en faveur au trefois en Afrique du nord.
- ♣ *Eucalyptus rostrata* : il couvre des surfaces très importantes en Afrique du nord, espèce rustique et plus tolérante vis-à-vis des sols carbonatés et de la sécheresse.
- ♣ *Eucalyptus gomphocephala* : très intéressant car il pousse très bien sur le calcaire, il a été introduit en Californie, Afrique du sud, Espagne et Afrique du nord
- ♣ *Eucalyptus citriodora* : son huile essentielle lui procure une odeur de citronnelle et de verveine.

- ♣ *Eucalyptus cladocalyx* : Il a été introduit sur toutes sortes de sols et de climats, cet Eucalyptus est très répandu en Australie.
- ♣ *Eucalyptus astringens* : Il se contente de terrains pauvres, il est exploité d'une façon excessive pour son tanin[64]



**Figure 9 Répartition des Eucalyptus dans le monde [65]**

## **II.6. Les domaines d'utilisation :**

Les Eucalyptus possèdent de multiples technologies d'adaptation et une augmentation rapide, ce qui en fait la première espèce ligneuse d'angiospermes à être utilisée pour le reboisement industriel à l'échelle mondiale. Les plantations d'eucalyptus ont connu une croissance rapide au cours des dernières décennies dans les régions les plus chaudes du monde. [66].

L'huile essentielle présente dans les feuilles varie de 0,1% à 0,4%, dont 77% de cinéole. Selon [67], Il existe certains types d'aldéhydes de cumin, de phellandrènes, d'aldéhydes d'arbres aromatiques (ou aldéhydes d'arbres aromatiques) et certains types de valéraldéhydes, de géraniols, de cymènes et de phellandines. Le fruit contient 5 à 11 pour cent de tanins. Kino contient 45 % de tanins kino, ainsi que du rouge kino, du glucoside, du catéchol et du pyrocatechol. Des flavonoïdes et des stéroïdes ont été détectés positifs dans les feuilles et les fruits. L'écorce a une teneur en tanins de 2,5 % à 16 %, le bois a une teneur en tanins de 2 % à 14 % et le kino a une teneur en tanins de 46,2 % à 76,7 %.[68]

La production de bois est l'objectif principal de la majorité des plantations. Selon [69] le bois d'eucalyptus possède des propriétés techniques intéressantes pour la fabrication de pâte (fibres courtes), qui constitue le principal moyen par lequel s'effectue la majeure partie de la sylviculture industrielle dans le monde. Il est également utilisé dans la fabrication de feuilles granulaires ou en viscosité. De nombreux pays en développement utilisent le bois d'eucalyptus pour fabriquer du charbon de bois dans les zones périurbaines. [70]

Comme les autres membres de la famille des Myrtacées les feuilles d'eucalyptus sont recouvertes de glandes sébacées. Une production élevée d'huile est une caractéristique essentielle de ce type. Les différentes utilisations de l'huile essentielle d'eucalyptus vendue dans le monde sont déterminées par sa composition chimique.

### ***II.6.1. Les huiles médicinales :***

Le 1,8 cinéole et son principe actif, en raison de sa composition chimique, l'huile essentielle d'Eucalyptus présente de nombreuses vertus, ce qui en fait une substance très prisée pour son effet antiseptique et cicatrisant. Cette substance est un antibiotique naturel qui est principalement employé pour traiter diverses affections broncho-pulmonaires telles que la grippe, la sinusite, la toux, et la rhino-pharyngite. En dermatologie, elle est également utilisée pour traiter l'acné, entre autres. Son effet est particulièrement évident dans le système respiratoire grâce à la production d'un mucus antiseptique. Pour les personnes souffrant de fièvre persistante, c'est un médicament efficace contre la fièvre qui a la capacité de réduire rapidement la fièvre et de réguler la température corporelle. De plus, l'huile essentielle d'Eucalyptus peut également soulager de nombreuses affections gastro-intestinales en raison de ses vertus anti-infectieuses et antibactériennes.[71].

Selon [72] on lui attribue également des caractéristiques balsamiques (pour la préparation de baumes) et hypoglycémiantes (pour réduire la concentration en sucre). Les huiles essentielles doivent respecter les normes de qualité médicale établies par les pharmacopées. Pour les huiles essentielles d'Eucalyptus, il est nécessaire d'avoir une concentration de 1,8 cinéole supérieure à 70% et une concentration inférieure ou égale à 0.1% de phéllandrene  $\alpha$  et  $\beta$ . Le red gum est

considéré comme un analgésique, un antiseptique et un astringent. Il est souvent utilisé [73].

### **II.6.2. Les huiles industrielles :**

Les détergents et les savons liquides industriels sont utilisés uniquement pour parfumer l'huile essentielle d'eucalyptus riche en phellandrène. L' $\alpha$  et  $\beta$  pinène sont des substances employées dans la fabrication des peintures et également dans la production de peintures à l'huile fine, appelée également « térébenthine végétale ». Auparavant, on utilisait les huiles essentielles d'Eucalyptus contenant des éléments riches en phellandral, cryptone et en cuminal pour fabriquer des herbicides. La présence de pipéritone est employée pour la production d'agents odoriférants tels que le menthol synthétique. La pipéritone joue également un rôle essentiel dans la fabrication des fongicides (synthétiques de thymol), elle est également employée comme supplémentaire dans de nombreuses médicaments[74].

### **II.6.3. Les huiles de la parfumerie et des flaveurs :**

Dans le domaine de la parfumerie, l'huile essentielle d'Eucalyptus est présente dans de nombreuses lotions après-rasage et certaines eaux de Cologne et dans. Elle confère un parfum très plaisant aux flacons d'odeur. Le citronellal est principalement employé pour fabriquer des parfums haut de gamme. L'Eucalyptus *staigeriana* est utilisé en raison de sa forte teneur en citral, ce qui est utilisé pour créer la saveur citron [75]. Certaines variétés d'Eucalyptus, comme l'E. *olida*, produisent des huiles essentielles riches en Emethyl-cinnamate, qui est utilisé directement comme additif aromatique. [76] La synthèse de nombreux dérivés terpéniques, tels que l' $\alpha$  et  $\beta$  pinène, est utilisée dans les secteurs de la parfumerie et des arômes.

## **II.7. Composition des huiles essentielles :**

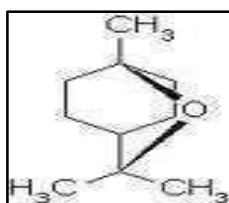
Il existe plusieurs variétés d'eucalyptus, et toutes ne possèdent pas les mêmes composants. Cependant, il y a certains composants qui sont présents dans la majorité des cas, et ceux-ci sont bien souvent ceux qui sont à l'origine des bienfaits thérapeutiques que l'on attribue à l'*eucalyptus* [77].

Parmi ces composés, le 1,8-cinéole ou eucalyptol (70 à 80%) est sans doute le plus connu, car il est un expectorant, peut soulager la toux et lutter contre les problèmes des voies respiratoires.



Les autres constituants de cette HE sont très divers, nombreux et minoritaires. Pinène, limonène, et au moins 250 autres composés, dont citronellal, cryptone, pipéritone, viendront étoffer la liste des nombreux composés aux vertus médicinales de l'eucalyptus [78, 79].

Il existe plusieurs variétés d'eucalyptus, et toutes ne possèdent pas les mêmes composants. Cependant, il y a certains composants qui sont présents dans la majorité des cas, et ceux-ci sont bien souvent ceux qui sont à l'origine des bienfaits thérapeutiques que l'on attribue à l'*eucalyptus* [77].



**Figure 10 Structure chimique de l'eucalyptol**

Les principaux composés identifiés dans les huiles essentielles de la plante *E. globulus* sont montrés dans le tableau 1.

**Tableau 1 Principaux composés des HEs de *E. globulus***

Auteurs	Composition
(Jubril Olayinka et al., 2012) [80]	Feuilles : monoterpènes oxygénés : 46,5 %, avec le terpinen-4-ol : 23,46% le constituant le plus abondant. Les autres composés sont $\gamma$ -terpinène : 7,01 %, spathulenol : 8,94 %, $\rho$ -cymène : 8,10 % et $\rho$ -cymen-7-ol : 6,39 %. Globulol : 2,52 % et $\alpha$ -phellandrene : 2.20 %.
(Damjanović-Vratnica, 2011) [81]	Feuilles: 1,8 cineole : 85,8%, $\alpha$ -pinène : 7,2%, et $\beta$ -myrcène : 1,5%, $\beta$ -pinène, limonène, $\alpha$ -phellandrene, $\gamma$ -terpinène, linalool, pinocarveol, terpinen-4-ol, et $\alpha$ -terpineol.
(Song et al, 2009) [82]	Feuilles : 1,8-eucalyptol : 72,71 %, $\alpha$ -pinène : 9,22 %, $\alpha$ -terpineol : 2,54 %, globulol : 2,77 %, $\alpha$ -terpineol acetate : 3,11 %, et alloaromadendrene: 2,47 %.

(Tyagi et al,2011) [83]	Feuilles : 20 composés ont été identifiés : 44,5% monoterpènes hydrocarbonés et 52% monoterpènes oxygénés, donc environ 96,5% des composés détectés. Les constituants majoritaires sont le 1,8-cineole : 45,4%, limonène : 17,8%, p-cymène : 9,5%, c-terpinène : 8,8%, a-pinène : 4,2% et a-terpineol : 3,6%.
----------------------------	---

## II.8. Propriétés biologiques des huiles essentielles :

Les principales propriétés biologiques des huiles essentielles sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 1 les propriétés biologiques des huiles essentielles**

<b>Activité antiseptique</b>	Pour les poumons ( <i>eucalyptus</i> ), dépuratives ou cicatrisantes (lavande) [84]
<b>Activité antiparasitaire</b>	Les terpènes ou terpénoïdes ont des effets sur les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires. Le mécanisme d'action des terpènes n'est pas entièrement compris, mais on pense qu'il s'agit de composés lipophiles qui provoquent la rupture des membranes cellulaires. [85]
<b>Activité antifongique</b>	Le thymol et le carvacrol ont une activité antifongique contre les champignons phytopathogènes .[86]

*Partie 2:*  
*Etude expérimentale*

*Chapitre III*  
*Matériel et méthodes*

Ce présent travail a pour objectif consisté à explorer une nouvelle alternative dans la lutte biologique en utilisant les propriétés d'huile essentielle *d'Eucalyptus globulus*, pour obtenir cette huile en utilisant la méthode d'hydrodistillation. Et faire les analyses physicochimiques et évaluation l'activité biologique pour contrôler la qualité de cette huile essentielle.

La thématique de ce travail a été réalisé au laboratoire pédagogique de GP 4 du Département de génie des procédés de la Faculté des Sciences et Technologies, université de Ghardaïa, et au laboratoire d'analyses médicales ESSALAM Ghardaïa.

Dans cette partie expérimentale, nous avons présenté :

- L'extraction des huiles essentielles des espèces végétales.
- L'analyse physico-chimique des huiles essentielles extraites.
- L'étude du pouvoir antibactérien des huiles essentielles vis-à-vis des souches bactériennes (Gram (+) / Gram (-)).
- L'évaluation du pouvoir antioxydant des huiles essentielles par la méthode de DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil).

Le schéma général suivi pour mener à bien cette étude est présenté dans la figure ci-dessous.:

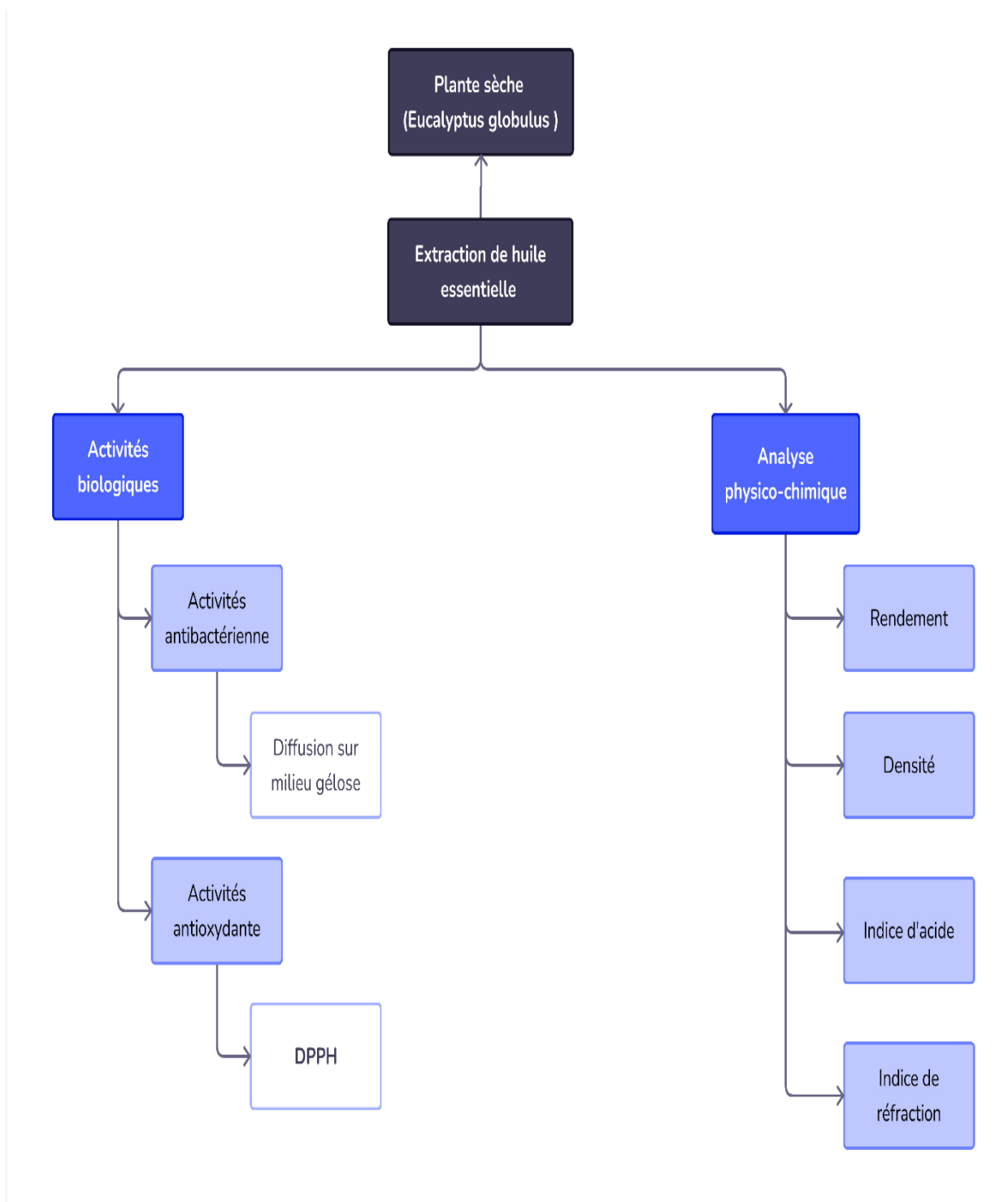


Figure 11 Schéma générale de la partie expérimentale

**III. Matériel végétal :**

Le matériel végétal dans cette étude est *Eucalyptus globulus*, Les feuilles ont été récoltés en Février 2024 au niveau de 3 régions dans le sud d'Algérie ; La wilaya de Ouargla, Ghardaïa et El-Menia la plante a été sécher pendant 7 jours à l'air libre



**Figure 12 la plante Eucalyptus**

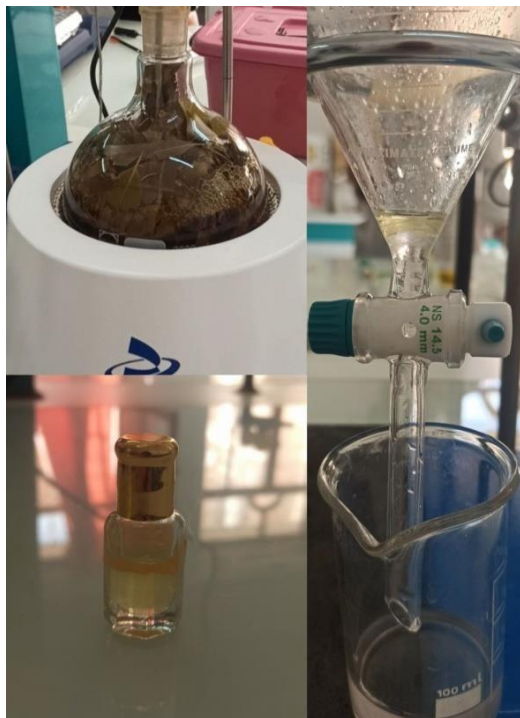
**III.1. Extraction des huiles essentielles :**

Dans la littérature, diverses méthodes d'extraction des huiles essentielles sont évoquées (voir la section bibliographique). Pour cette étude, l'extraction a été effectuée par hydrodistillation à l'aide d'un dispositif similaire à un appareil de type Clevenger.

Avant utilisation, le dispositif a été préalablement nettoyé avec de l'acétone, puis rincé à l'eau distillée afin d'éliminer les résidus de poussière et de graisse susceptibles de contaminer l'huile pendant l'extraction.



**Figure 13 Montage d'hydrodistillation**



**Figure 14 Les différentes étapes d'extraction des huiles essentielles**

L'opération implique l'immersion de 100 g de biomasse végétale dans un ballon en verre de 2 litres, contenant une quantité d'eau suffisante pour remplir environ les 2/3 de la capacité du ballon, afin d'éviter tout débordement lors de l'ébullition. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon. Les vapeurs résultantes sont ensuite condensées sur une surface froide, permettant ainsi la séparation de l'huile essentielle par différence de densité.

L'HE obtenue est récupéré puis séché à l'aide d'un déshydratant, le sulfate de sodium ( $Na_2SO_4$ ), pour retirer toute trace d'eau qui aurait pu être retenue dans l'huile.



L'hydrodistillation est réalisée pendant une durée de deux heures. Enfin, l'huile essentielle obtenue est conservée dans des flacons opaques bien scellés à l'abri de la lumière et à température de 4 °C jusqu'à son usage pour les analyses physico-chimiques et les tests microbiologiques.

### **III.2. Analyses des huiles essentielles :**

#### **III.2.1. Analyses physico-chimiques :**

##### **III.2.1.1. Le rendement :**

Les techniques employées pour évaluer les indices physico-chimiques sont celles mentionnées dans le manuel de Norme Internationale Standard (ISO). [87]

Les huiles essentielles des plantes étudiées ont été extraites quotidiennement par hydrodistillation afin de déterminer les valeurs maximales de rendement en fonction du temps de séchage dans les mêmes conditions de travail. Le rendement est calculé en tant que pourcentage, représentant le rapport entre la quantité d'huile essentielle obtenue et la quantité de matière végétale utilisée. Une fois l'huile essentielle récupérée, le rendement peut être calculé selon la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{m}{m_0} \times 100 \quad (\text{A})$$

$R(\%)$ : Rendement en huiles essentielles (en %) pour 100 g de la matière sèche

$m$  : masse d'huiles essentielles récupérées (g)

$m_0$  : prise d'essai du matériel végétal (g).

##### **III.2.1.2. Indice de réfraction : ISO-280-1998**

Le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux d'une longueur d'onde spécifique, lorsqu'il passe de l'air à une huile essentielle maintenue à une température constante, est appelé indice de réfraction.

En utilisant un réfractomètre qui permet de mesurer directement les indices de réfraction entre 1.300 et 1.700, le dispositif est configuré pour fournir une température de 20°C à la charge.

**Mode opératoire :**

- Ajuster le réfractomètre d'Abbe en mesurant l'index de réfraction de l'eau distillée
- Dépôt de quelques gouttes d'huile essentielle sur le prisme inférieur sur l'ensemble de la surface
- Rebattre le prisme supérieur
- Ajustement de la netteté
- Ajustement intersection des lignes sur séparation des plages claire et sombre, mesure de l'index de réfraction

Pour calculer l'index de réfraction, on utilise la formule suivante :

$$N_{20} = N_t + 0.00045 (T - 20^{\circ}C). \quad \text{(B)}$$

$N_{20}$  : Indice à 20°C.

$N_t$  : indice à la température ambiante ou de mesure.

T : température ambiante ou de mesure.



**Figure 15 Le réfractomètre**

### III.2.1.3. La densité : ISO-279-1998

La densité (la masse volumique) est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume.

En définie La densité relative à 20 °C d'une huile essentielle est le rapport de la masse d'un certain volume d'une huile à 20°C, à la masse d'un volume égal d'eau distillée à 20°C et son symbole est  $d_{20}^{20}$ .

$$D_{20} = D_t + 0,00068 (T - 40^{\circ}C) \quad (C)$$

$D_{20}$  : Densité à 20°C.

$D_t$  : Densité à la température ambiante ou de mesure.

$T$  : Température ambiante ou de mesure

#### **Mode opératoire :**

- Nettoyez soigneusement l'ensimètre avec de l'éthanol
- Versez de l'huile essentielle dans le densimètre
- Consultez le résultat.



**Figure 16 Le densimètre**

**III.2.1.4. Indice d'acide :**

L'indice d'acide, exprimé en milligrammes d'hydroxyde de sodium (NaOH), mesure la quantité nécessaire pour neutraliser l'acide libre contenu dans un gramme d'huile. Pour réaliser cette mesure, 0,2 g d'huile sont dissous dans 10 ml d'hexane, auxquels sont ajoutées 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine. Ensuite, la solution ainsi obtenue est titrée avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration 0,01 N dans l'éthanol, jusqu'à ce qu'une couleur rose pâle apparaisse. L'augmentation de la teneur en acide libre des corps gras au fil du temps permet de déterminer leur degré de détérioration. L'indice d'acide est calculé selon la formule suivante : [88]

$$I_A = \frac{N.V.40}{m} \quad (D)$$

**N** : Normalité de *NaOH* ;

**V** : Volume en millilitre de la solution de *NaOH* utilisé ;

**m** : masse en gramme de la prise d'essai ;

**40** : Masse molaire de *NaOH*.



**Figure 17 Dégradation de la couleur**

**III.2.2. Activités biologiques :****III.2.3. Les activités antioxydants :**

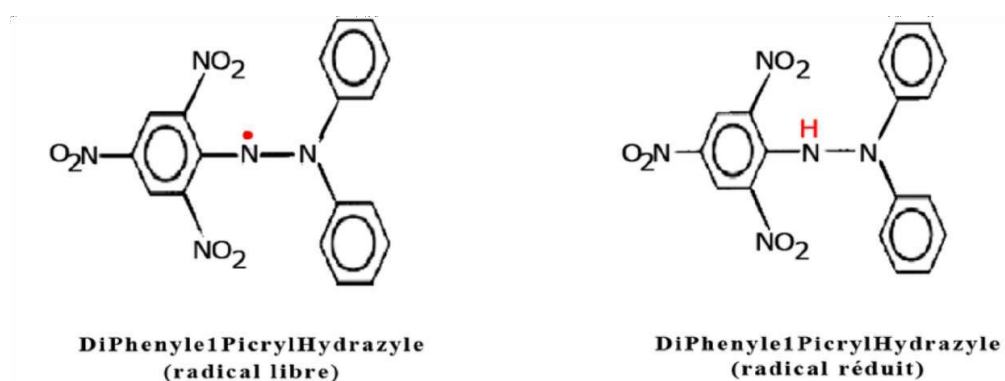
Le processus d'activité antioxydante est complexe et peut se dérouler à travers divers mécanismes. Étant donné sa complexité, il est nécessaire de réaliser plusieurs tests pour évaluer l'activité antioxydante des composés purs ou extraits [89]. On utilise actuellement une telle méthode qui repose sur l'utilisation du radical libre (DPPH) stable.

**Matériel et les produits :**

- L'appareil d'UV ;
- L'appareil d'agitation ;
- Spatule
- Tubes à essais secs plus un support ;
- DPPH,
- L'éthanol ;
- Les huiles essentielles (eucalyptus)

**III.2.3.1. Méthode de DPPH:**

Le DPPH, également connu sous le nom d'effet antiradicalaire ou « scavenger », est une méthode indirecte utilisée pour repérer les donneurs de protons dans les composés naturels.[90]



**Figure 18 forme libre et réduite du DPPH [94]**

**Mode opératoire :**

Le radical libre DPPH (2,2-phényl-1-picryl hydrazyl) est d'un violet qui se transforme en DPPH jaune lorsqu'il y a des donneurs de protons. L'activité antiradicalaire est inversement liée à l'intensité de la coloration. Ce test est effectué en suivant le protocole mentionné. On ajoute 1 ml de la solution de DPPH 0.1 mm à 1 ml de l'échantillon à différentes concentrations. On agite vigoureusement le mélange avant de le laisser à l'ombre et à température ambiante pendant 30 minutes. On évalue l'absorbance à une longueur d'onde de 517 nm en utilisant un blanc contenant 1 ml d'éthanol [91]. Les tests sont effectués à trois reprises et les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

$$I(\%) = \frac{(A_c - A_t)}{A_c} \times 100$$

I : Pourcentage d'inhibition exprimé en %.

$A_c$ : Absorbance de la solution du DPPH (contrôle négatif).

$A_t$  : Absorbance de la solution du DPPH en présence de l'échantillon.

$IC_{50}$  : Ce paramètre est défini comme la concentration antioxydant nécessaire à la diminution de la concentration initiale de 50 %, elle est inversement liée à la capacité antioxydante (100).

**III.2.4. Activités antibactériennes:**

La méthode de diffusion des disques est utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus*, car elle est à la fois simple et efficace pour tester la sensibilité des bactéries. Cette approche nous offre également la possibilité de déterminer la nature de l'activité antibactérienne d'une huile essentielle.

L'aromatogramme repose sur une méthode en bactériologie médicale connue sous le nom d'antibiogramme [92]. Elle présente l'avantage d'être extrêmement flexible dans la sélection des produits à tester et de pouvoir être utilisée pour de nombreuses espèces bactériennes [93].

Cette approche vise à démontrer une activité antimicrobienne potentielle de l'extrait des plantes recensées, en présence des germes testés. Des disques stériles absorbants, remplis d'une quantité d'extrait et placés sur une gélose inoculée avec les souches. Il est possible de suivre l'inhibition et la croissance des germes en diffusant l'extrait dans la gélose, ce qui se traduira par une zone claire autour du disque, appelée zone d'inhibition.

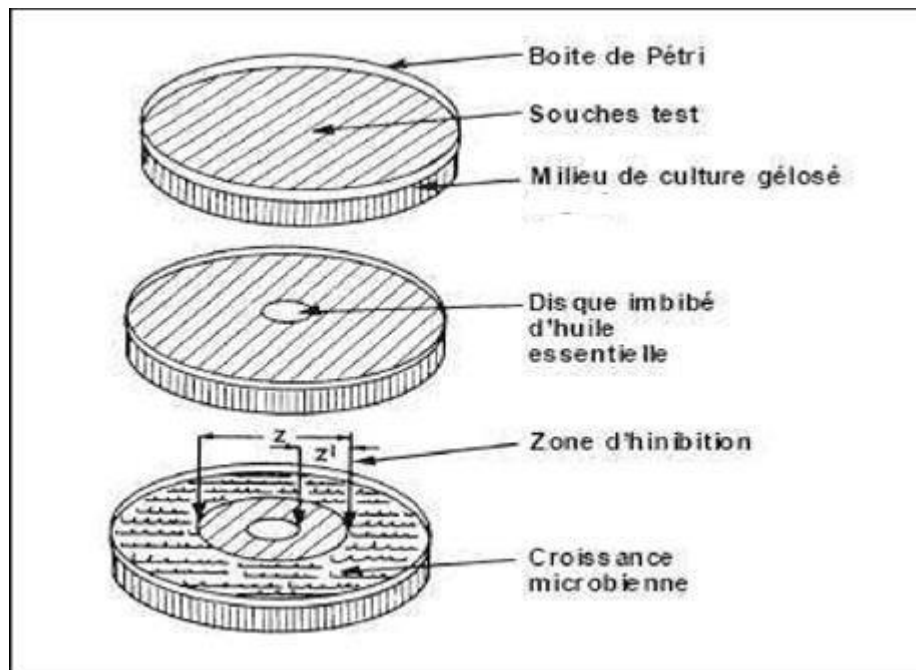


Figure 20 Illustration de la méthode de diffusion dans milieu gélosé sur boîte de Pétri [96].

#### III.2.4.1. Souches microbiennes étudiées :

Nous avons sélectionné les souches microbiennes utilisées dans notre étude en raison de leur fréquence élevée dans les contaminations humaines. Ces microorganismes appartiennent à deux catégories de microorganismes : les microorganismes pathogènes et les microorganismes contaminants. Au cours de notre recherche, nous avons choisi les espèces suivantes :

#### Définitions :

***Escherichia coli*** : La colibacille, également connue sous le nom *d'E.coli*, est une bactérie intestinale (Gram négatif) des mammifères, présente sous forme de bâtonnet et très répandue chez l'homme. *E. coli* est une bactérie facultative anaérobie présente dans le système digestif des vertébrés [94].

***Pseudomonas aeruginosa*** : *Pseudomonas* est un genre de bacilles à Gram négatif qui habitent le sol, l'eau douce et les milieux marins. *Pseudomonas aeruginosa* est davantage prise en compte car elle est également un pathogène opportuniste, responsable de maladies humaines. Les bactériocines sont synthétisées par la plupart des souches. Cette bactérie suscite de l'intérêt, comme en témoigne le séquençage complet du génome en 2000.[95] .

***Staphylococcus aureus*** : L'homme (Gram positif) est un agent pathogène polyvalent et virulent, qui constitue un réservoir naturel pour cet agent pathogène. Les infections par les staphylocoques, souches de la communauté et hospitalières, connaissent une augmentation constante. [96].

***Enterococcus faecalis*** : Les Enterococcus sont des cocci à gram positif qui peuvent se produire seuls, par paires ou sous forme de chaînes courtes. Ce sont des anaérobies facultatifs, possédant la capacité de croître en présence ou en l'absence d'oxygène (6, 7). Les espèces d'Enterococcus vivent en grandes quantités [10<sup>5</sup> à 10<sup>8</sup> unités formant colonie (ufc) par gramme de matières fécales] dans la lumière intestinale humaine et, dans la plupart des cas, ne causent aucun dommage à leurs hôtes. Ils sont également présents en moindre nombre dans les voies génitales féminines humaines et la cavité buccale.[97]

***Klebsiella pneumoniae*** : Le genre *Entérobactériaceae* est une famille de bactéries non mobiles qui se présentent sous forme de colonies semblables à des muqueuses [98]. Elle est présente dans les selles de l'homme et de l'animal, entraînant des bronchites, des bronchopneumonies, des pleurésies, des infections urinaires et des septicémies [99].

***Candida albicans*** : est la seule levure prise dans notre étude. Il est souvent responsable d'infection des muqueuses.

Il entraîne également, dans certains groupes de patients immunodéprimés, des infections sanguines potentiellement mortelles qui se propagent aux organes entiers. Il s'agit d'un champignon polymorphe qui peut prendre la forme de levure, d'hyphes et de pseudohyphes. La forme hyphale pénètre dans les épithéliums et les endothéliums, provoquant des dommages aux tissus et permettant l'admission du sang. [100]



Tableau 2 caractéristiques des différents micro-organismes

Souches testes	Gram	ATCC (American type culture collection)
<i>Candida albicans</i>	-	ATCC10231
<i>Enterococcus faecalis</i>	Bacille G+	ATCC29212
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bacille G <sup>+</sup>	ATCC29213
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Bacille G <sup>-</sup>	ATCC700603
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacille G <sup>-</sup>	ATCC27853
<i>Escherichia coli</i>	Bacille G <sup>-</sup>	ATCC25992



Figure 21 les souches bactériennes.

**III.2.4.2. Préparation des boîtes de gélose :*****Matériels et produits :***

- Pipette Pasteur ou micropipette
- Disque stérile de papier Wattman N°3
- Eau distillée
- Souches à tester
- Boîte de pétri en verre
- Ecouvillon stérile
- Milieu de Muller-Hinton

***a. Préparation zone stérile :***

Avant de débiter le travail, il est important de bien nettoyer la zone de travail avec de l'eau Javel et d'utiliser un bec bunsen pour créer une zone stérile.

On travaille dans la zone stérile qui ne dépasse pas 15 cm sur le bec bunsen.

Des disques de 6 mm sont préparés à partir de papier Whatman 3 et placés dans une boîte en verre et après dans une étuve pour stériliser à une température de 120 °C pendant une durée de 15 minutes.



**Figure 22 Zone stérile**

*b. Fusion de la gélose :*



**Figure 23 Muller hinton**

Echauffement le contenu des bouteilles de MH dans un bain marie à 95°C

*c. Couler la gélose dans les boîtes :*

On verse le MH dans les boîtes de pétries à un taux d'environ 25 ml et laissons refroidir

*d. Dépôt de disques :*

On aensemencé les bactéries sur des boîtes de Pétri. Un écouvillon est utilisé pour collecter des colonies de bactéries.

Après nous ajoutons une quantité d'eau physiologique ayant une concentration de 0.5 McFarland puis en mélange à l'aide d'un vortex

À chaque fois qu'une huile essentielle ou une bactérie change, il est nécessaire de réstériliser la pince.



Figure 24 Les étapes du test de l'activité antibactérienne.

*e. La lecture :*

Pendant 18 à 24 heures à 37°C, pour toutes les boîtes qui contiennent des disques imbibés les trois huiles essentielles (30), (47) et HE (58). Les résultats sont observés le lendemain des expériences, en mesurant les diamètres des zones d'inhibition.

*Chapitre IV*  
*Résultats et discussions*

#### IV. Détermination de rendement :

Le rendement d'huile essentielle de Ghardaïa (HE 47) et huile essentielle d'Ouargla (HE 30) et huile essentielle d'El-Menia (HE 58) de la plante *E.globulus* est calculé par rapport à 100 g de matérielle végétale sèche par la relation (A). Le tableau 3 montre le rendement des huiles essentielles.

**Tableau 3 Rendement des huiles essentielles de *E.globulus* de différentes régions**

	HE 30	HE 47	HE 58
Rendement (%)	0.315	0.94	0.43

À partir de ces résultats, on remarque qu'il y a une différence moyenne de rendement en huiles essentielles entre les trois régions, *E.globulus* de 47, 58 et 30 ont présenté respectivement un rendement de 0,94% ,0,43 et de 0,315%. Donc le rendement le plus élevé est le rendement de la région 47.

Notre résultat est similaire aux résultats que fait par Guetaf et Bouanani dans la région de Saida (0,43) en 2019 [101]

Notre rendement est considéré comme inférieure par rapport aux résultats que certaines études obtenues par Bey-Ould Si Said et ses collaborateurs en 2015 à la région de Bejaia à rendement 2,53% [109] Par Benayache et ses collaborateurs en 2001 à la région de Constantine à rendement 1,1 % [110]. Par Astolfi et ses collaborateurs à la région du Brésil en 2011 (3,10%) [102]

Notre huile essentielle de 30 est considérée comme ayant un rendement élevé par rapport à certaines études obtenues par Boukhatem et ses collaborateurs en 2014 avec une valeur de (0,2 %) dans la région de Blida .[103]

Il convient de noter que le rendement de l'HE dépend de plusieurs facteurs, à savoir l'espèce, la période de récolte, l'environnement de récolte, la méthode de culture et la méthode d'extraction.



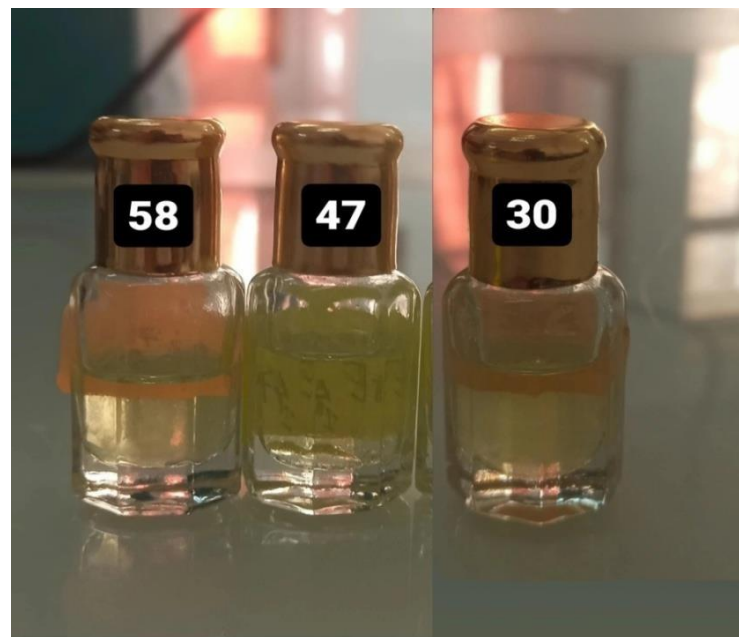
## IV.1. Analyses des huiles essentielles :

### IV.1.1. Les paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques de notre huile essentielle aspect, couleur, odeur sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4 Les propriétés organoleptiques d'huile essentielle de *E.globulus***

	ISO-770-2002	HE 58	HE 47	HE 30
<b>Aspect</b>	Liquide limpide, fluide et mobile	Liquide visqueux	Liquide visqueux	Liquide visqueux
<b>Couleur</b>	jaune à jaune pâle	Jaune très pâle à transparent	Jaune clair	jaune très pâle à transparent
<b>Odeur</b>	fraîche et épicée	fraîche et épicée	fraîche et épicée	fraîche et épicée



**Figure 25 L'HEs obtenues**

Les paramètres organoleptiques notre HE sont en accord avec ceux répertoriés dans les normes d'Organisation internationale de normalisation ISO

## IV.1.2. Analyses physico-chimiques :

Tableau 5 Caractéristiques physico-chimique d'huile essentielle de *E.globulus*

	Densité	Indice d'acide	Indice de réfraction
HE 30	0,8625	3,2 mg/g	1,4776
HE 47	0,9335	3,2 mg/g	1,4669
HE 58	0,9	3,2 mg/g	1,4876
ISO-770-2002	0,905-0,925	0,84-3,74 mg/g	1,457-1,475

## IV.1.2.1. Indice de réfraction :

"L'indice de réfraction est souvent utilisé comme un indicateur de la pureté des huiles essentielles. En général, une valeur plus basse de l'indice de réfraction est associée à une meilleure qualité des huiles essentielles."

L'indice de réfraction est calculé par la relation (B) pour chaque huile,

Notre huile essentielle est considérée comme ayant un indice de réfraction un peu élevée aux normes HE 30 et HE 58 (respectivement 1,4776 et 1,4876) sauf HE de 47 qui s'adapte aux normes par une valeur de 1,4669.

La valeur d'indice de réfraction de l'espèce *E.globulus* de Constantine [104] dans les normes est de 1,4608, ce qui reste la plus faible par rapport à ceux que nous avons obtenus. Par contre, la valeur  $I_R$  de l'espèce de Ouargla a été de 1,4877, ce qui est élevé par rapport aux normes et par rapport HE 58.

## IV.1.2.2. La densité :

La densité d'une HE joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité des huiles essentielles dans différents domaines (cosmétique, pharmaceutique, chimique, etc.)

La densité de l'huile essentielle de *E.globulus* de 47,58 et 30 calculer par la relation (C) est respectivement 0,9335 ; 0,9 et 0,8625. Ainsi, la densité la plus élevée est de HE 47, et notre résultat est conforme aux normes d'Organisation internationale de normalisation (ISO), sauf pour l'espèce de Ouargla qui a enregistré une valeur faible comparée aux normes.

**IV.1.2.3. L'indice d'acide :**

L'indice d'acide permet d'évaluer le niveau d'acides libres et permet de vérifier la qualité d'une HE, notamment en ce qui concerne sa dégradation avec le temps lors du stockage. Dans notre étude, cet indicateur est bien conforme aux normes.

L'indice d'acide est calculé par la relation **(D)** pour chaque huile Il était identique *E.globulus* de 47 et *E.globulus* de 30 et *E.globulus* (3,2).

Notre résultats sont bien conforme aux normes et supérieure à l'espèce *E.globulus* de Blida de Boukhatem et ses collaborateurs en 2010 [105] qui a enregistré une valeur de 0,5945 faible par rapport aux normes

**IV.2. Activités biologique :****IV.2.1. Activité antibactérienne :**

L'évaluation qualitative de l'activité antimicrobienne de notre huile essentielle a été réalisée contre sur cinq bactéries (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et *Enterococcus faecalis*) et une levure (*Candida albicans*) Sélectionné pour sa fréquence élevée dans les infections humaines. De nombreuses souches bactériennes ont été obtenues auprès de l'ATCC (American Type Culture Collection), par la méthode de diffusion sur milieu gélose appelé Mueller Hinton. Le but est d'évaluer ses performances antibactériennes en observant s'il existe des zones d'inhibition de la croissance bactérienne et en mesurant le diamètre de ces zones. La capacité antibactérienne est obtenue en mesurant le diamètre (mm) de la zone d'inhibition. Après 24 heures d'incubation à 37°C, le diamètre moyen de la zone d'inhibition observée autour des puits d'huile essentielle est présenté dans le tableau 6.

**Tableau 6 Valeurs des diamètre moyens de la zone d'inhibition en (mm) d'HEs  
d'*E.globulus* dans les trois régions**

Les germes	HE 47	HE 58	HE 30
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			
<i>Escherichia coli</i>	13	11	9
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	9	10
<i>Candida albicans</i>			
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	9	12
<i>Enterococcus faecalis</i>		14	14

Selon [106] L'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne est classé dans le tableau

**Tableau 7 Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition**

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

Tableau 8 Transcription des diamètres d'inhibition de HE de plante Eucalyptus

Les germes	HE 47	HE 58	HE 30
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	+	+	+
<i>Enterococcus faecalis</i>	-	+	+

Quant au tableau 6, il montre les valeurs le diamètre d'inhibition d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* de 58,47 et 30.

En effet, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* de 47,58 et 30 a montré un faible effet inhibiteur contre les microorganismes étudiés.

Au vu des résultats on constate que l'HE d'E.globulus est moyenne actif sur *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae* du gram négative et *E.coli*, *Staphylococcus* du gram positive de HE 47, 58 et 30 dont leurs diamètres d'inhibition sont : entre 9mm et 14 mm ( légèrement inhibitrice )

L'analyse comparative des effets de l'HEs et des souches étudiées a révélé la :

Résistance de :

- *Candida albicans*
- *Pseudomonas aeruginosa*

Sensibilité de :

- *Staphylococcus aureus*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *E.coli*

- *Klebsella pneumonea*

On remarque que l'HE 30 et 58 a inhibé surtout *Enterococcus faecalis*, contrairement au HE 47 qui a été la plus résistante.

D'après les études précédentes, nous constatons que nos résultats sont plus faibles que les résultats à ceux de l'étude [107]. Il a été démontré que l'huile d'*Eucalyptus globulus* est efficace contre les bactéries et *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Candida albicans* avec des zones d'inhibition et des valeurs de concentration inhibitrice entre 12,5 mm et 26,5 mm. De plus, la bactérie *Staphylococcus aureus* (Gram-positif), s'est révélée plus sensible, avec un diamètre d'inhibition de 31,5 mm

Donc on peut dire que le pouvoir biologique de l'HE d'*Eucalyptus globulus* est significative pour l'activité antibactérienne, est due généralement à la composition de l'HE qui est riche aux terpènes (composés terpéniques)
















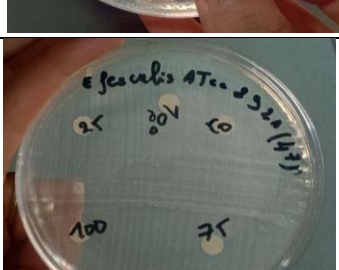
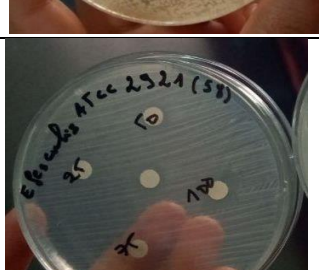

Les germes	HE 47	HE 58	HE 30
<i>Pseudo</i>			
<i>E.Coli</i>			
<i>Staphe</i>			
<i>Candida</i>			
<i>KP</i>			
<i>Ef</i>			

Figure 26 : Résultat d'activité antibactérienne d'HE *E.globulus* par photos

### IV.2.2. Activité antioxydant :

Nous avons évalué l'activité antioxydante des huiles essentielles d'*Eucalyptus* par la méthode de DPPH.

Le capteur de proton 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH) est un radical libre qui reste stable dans le temps et est couramment employé pour évaluer l'activité antioxydante d'un composé quelconque [108]. En solution, le radical DPPH est coloré en violet. Lorsque des antioxydants (donneurs de proton) sont présents, le radical DPPH est diminué en créant une liaison moléculaire stable (Figure 16). Le produit réduit est d'un jaune tirant vers le jaune. La diminution de coloration de la solution est évaluée à l'aide d'un spectromètre UV à 517 nm, en fonction de la quantité d'antioxydant.

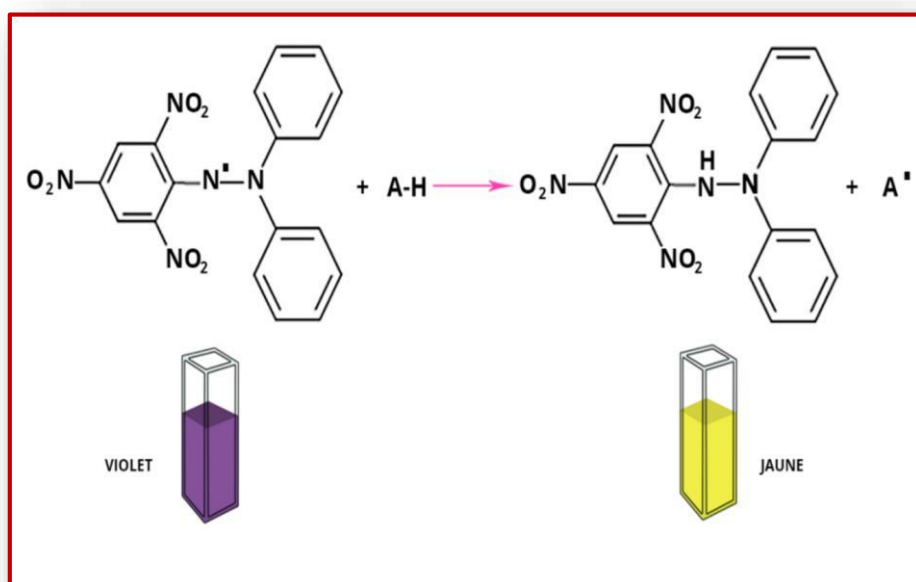


Figure 27 Principe du test



Tableau 9 les activités antioxydantes de l'HE d'eucalyptus

HEs	DPPH IC50 (MG/ML)
HE47	96,5316
HE58	39,5964
HE30	27,0309
Acide ascorbique	$6,4584 \times 10^{-3}$

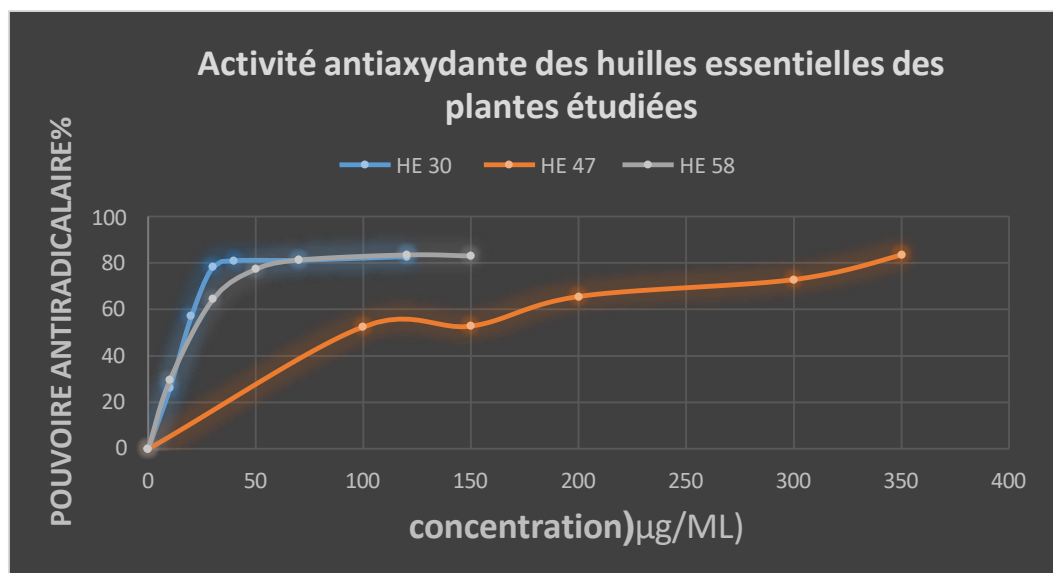
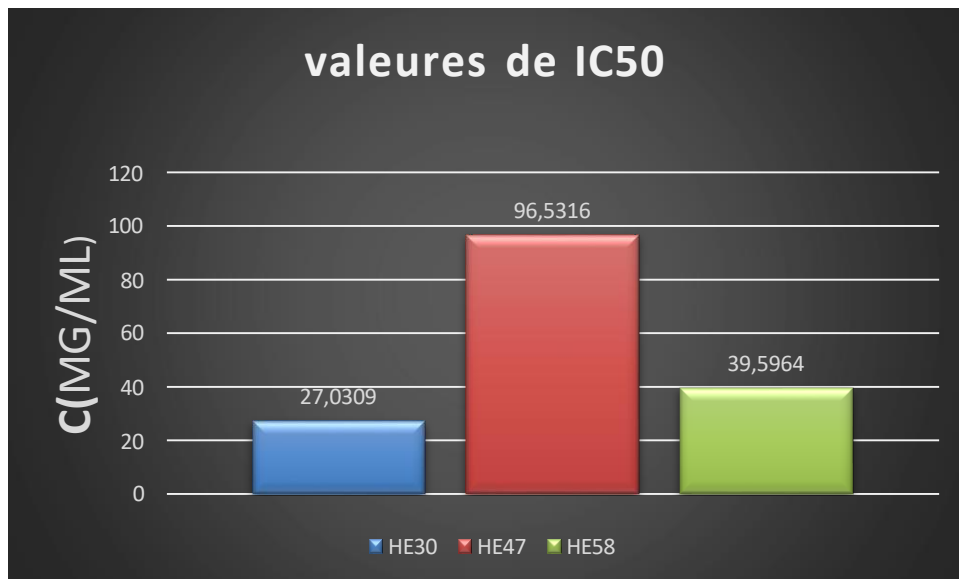


Figure 28 Activité antioxydante des huiles essentielles de 30 ;47et 58

La figure 22 montre le pourcentage d'inhibition des radicaux libres avec augmentation d'huiles essentielles 30,47 et 58 où l'on note que la concentration de HE 47 < HE 58 < HE30

La valeur IC50 correspond à la concentration inhibitrice de 50%, qui est inversement liée à la capacité antioxydante. Cela implique que plus sa valeur est faible, plus l'activité antioxydante est perturbée.



**Figure 29 Concentration inhibitrice à 50% des huiles essentielles**

La figure 13 montre les valeurs d'IC<sub>50</sub> pour les huiles essentielles 30 .58 et 47. La valeur IC<sub>50</sub> pour l'huile essentielle 30 (27,0309 mg/mL) de moins que pour l'HE 47 (96.5316 mg/mL) et l'HE58(39,5964 mg/mL).

La valeur IC<sub>50</sub> pour l'acide ascorbique (6,7587µg/mL) est inférieure aux valeurs IC<sub>50</sub> pour les huiles essentielles de 30, 47et 58.

En général, l'acide ascorbique a une activité antioxydante plus forte que HE 30, HE 47 et HE58.

Selon l'étude de [109] et de [110] dans la Tunisie la valeur de IC<sub>50</sub> est 690 µg/ml et 57 µg/ml elles sont plus élevée par rapport l'acide ascorbique et les huiles de nos étude

Par contre l'étude d'après Santos et ses collaborateurs en 2011 dans la Portugal [111] montre une valeur de 2,09 µg/ml inferieure à l'acide ascorbique et la concentration de nos huiles

Les différentes huiles essentielles provenant de l'espèce *E.globulus* d'Algérie et d'autres régions du monde ont été testées pour leur activité antioxydante variable, ce qui s'est traduit par leur capacité à réduire les radicaux libres. Ce pouvoir de réduction des radicaux responsables de l'oxydation confirme l'utilisation traditionnelle de ces plantes pour traiter diverses maladies oxydatives.

# *Conclusion et perspectives*

Afin de diminuer les effets secondaires des médicaments, les plantes médicinales ont toujours été une source fiable de principes actifs en raison de leurs propriétés médicinales, avec la capacité de traiter diverses affections, car ces principes actifs extraits des plantes ne provoquent généralement pas d'interférences chez l'homme en bonne santé.

L'objectif de notre travail consiste à faire une étude chimique et biologique des plantes aromatiques médicinales de la famille de Myrtacées est *Eucalyptus globulus* dans différentes régions d'Algérie. Ghardaïa, El-Menia et Ouargla. Cette plante a été collectée le mois de février 2024 pour cela en effectuant une analyse physicochimique, d'évaluer l'activité antioxydante, antimicrobienne et une comparaison en termes, de rendement, de propriétés physico-chimiques, de composition chimique, et d'activité biologique.

L'extraction des huiles essentielles par l'hydrodistillation nous a donné un rendement de 0,94%, 0,43% et 0,315% pour *E.globulus* 47 et *E.globulus* 58 et *E.globulus* 30, respectivement, Cette différence de valeurs est due au temps de récolte, la région et le climat

D'après les résultats, Les propriétés organoleptiques et physicochimiques (densité, indice d'acide, indice de réfraction) des huiles essentielles ont permis de souligner la qualité de ces huiles. La plupart de ces résultats sont conformes à la norme d'ISO.

Les résultats du test antimicrobien par la méthode de diffusion en milieu gélosé montrent que les bactéries testées *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella* et *Enterococcus faecali* sont moyennes sensibles (avec des diamètres d'inhibition qui varient entre 9 et 14 mm) sauf pour *Candida Albicans* et *Pseudomonas aeruginosa* qui se montrent résistantes.

Concernant les résultats de l'activité antioxydante, nous avons constaté que l'huile essentielle 30 ( $IC_{50} = 27,0309 \text{ mg/mL}$ ) a une activité antioxydante plus élevée que l'huile essentielle 58 ( $IC_{50} = 39,5964 \text{ mg/mL}$ ) et l'huile essentielle 47 ( $IC_{50} = 96.5316 \text{ mg/mL}$ )

En conclusion, l'huile essentielle d'*E.globulus* à des activités antioxydante intéressantes tandis qu'il est moyennement actif sur les bactéries.

Il serait donc intéressant de :

- Faire des études plus approfondies de l'espèce *Eucalyptus globulus* d'autres régions d'Algérie,
- Étudier l'effet synergique et les propriétés phytochimiques.

-faire d'autres activités antifongiques, antiinflammatoires, antivirales et insecticides

*Références  
bibliographiques*

**Bibliographie :**

- [1] R. Mekkiou and F. Benayache, "Recherche et détermination structurale des métabolites secondaires d'espèces du genre *Genista* (Fabaceae)."
- [2] K. Cimanga *et al.*, "Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo," vol. 79, no. 2, pp. 213-220, 2002.
- [3] K. O. SAAIDANI Ahlem, "Fabrication d'une crème apaisante et hydratante pour brûlures et coups de soleil à base des huiles essentielles de Camomille et de Lentisque," 2023.
- [4] A. Mme, M. S. M. M. U. AMO, and M. A. A. M. U. AMO, "Extraction par hydrodistillation des huiles essentielles de deux plantes médicinales locales."
- [5] *Qu'est-ce qu'une huile essentielle ?* (s.d.). Consulté le Juin 14, 2023, sur puresentiel: <https://fr.puresentiel.com/blogs/conseils/huile-essentielle-definition>
- [6] A. Messabhia, A. Soualmia, and A. Guerdi, "Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*," Université de Larbi Tebessi–Tebessa, 2022.
- [7] J. Bruneton, "Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd," *Lavoisier, Paris*, vol. 1120, 1999.
- [8] M. Bouchekrit, "Etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de deux apiaceae *Elaeoselinum asclepium* (L.) Bertol. Et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange," 2018.
- [9] M. González-Trujano *et al.*, "Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents," *Journal of ethnopharmacology*, vol. 111, no. 3, pp. 476-482, 2007.
- [10] D. I. Degryse A. , Voinier M.,( 2008). Risque et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ingénieure du Génie Sanitaire, atelier santé environnement. .
- [11] O. BOUSSOUAR and Z. TEIRI, "L'activité insecticide de l'huile essentielle de l'*Ammoides Verticillata* sur les larves du *Trogoderma* des grains (*Trogoderma granarium*) dans la région de Tissemsilt," 2022.
- [12] C. Pierron, "Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France: exemples d'applications en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs," Université de Lorraine, 2014.
- [13] J. P.-P. BRUNETON, plantes médicinales, Ed :Lavoisier Tec & Doc, 5ème Edition" , (2016). .

- [14] M. Seddik, "Analyse physico-chimique, chromatographique et spectroscopique de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* de la région d'Adrar: Etude de son activité biologique et anti-oxydante," Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella, 2010.
- [15] P. L. D. D. É. DE, "CONSEILS ET UTILISATIONS DES HUILES ESSENTIELLES LES PLUS COURANTES EN OFFICINE," université Toulouse 3, 2017.
- [16] A. C. N. C. Kurkin, p 39,123. , "Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods," *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, vol. 523, pp. 9-20, 2003.
- [17] D. V. C. B. V. D. Banthorpe, P.M; Harborne, J.B. *Methods in plant biochemistry*.Vol. 7.London : Academic Press, 1991,p 43-98. .
- [18] P. M. M. N. P. a. b. a. J. W. S. è. é. Dewick, 2002, P 507. , "Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles," EPFL2006.
- [19] E. T. F. Breitmaier, *Fragrances, Pharmaca, Pheromones*. Weinheim : Wiley, 2006,p 214. , "Etude de comportement de quelques peuplements de boisement dans la région de Ouargla," UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.
- [20] B. H. ARIBA FATIMA ZAHRA , DENECHÉ SARA, "Synthèse des propriétés physicochimiques et biologiques d'*Eucalyptus globulus* Labill.," Master, Biologie Animale Université des Frères Mentouri Constantine, 2020.
- [21] J. P. P. P. m. Bruneton, 3ème éd. Lavoisier Paris : Technique et Documentation et Editions médicales internationales, 1999; p : 1120. , *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. John Wiley & Sons, 2002.
- [22] E. Breitmaier, *Terpenes: flavors, fragrances, pharmaca, pheromones*. John Wiley & Sons, 2006.
- [23] F. Z. BELKHIRI, "Etude de l'activités antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L," 2015.
- [24] Coppen, J.J.W. (2002) *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus*. Appendix 2. Estimates of eucalypt and L. a. N. Y. plantations worldwide. Taylor and Francis, page: 404.
- [25] D. G. R. C. a. p. o. e. i. A. W. special, J. J. W. e. E. T. G. E. T. reference to the leaf oils. In: Coppen, and L. a. N. Y. and Francis, pp. 181–199.
- [26] C. L. C. a. p. o. e. i. S. A. W. special, J. J. W. e. E. T. G. E. T. reference to the leaf oils. In: Coppen, and L. a. N. Y. and Francis, pp. 237–248.
- [27] T. R. K. e. A. S. G. C. a. p. o. e. Handa S.S., J. J. W. e. E. T. G. in India: With special reference to the leaf oils. In: Coppen, and L. a. N. Y. *Eucalyptus*. Taylor and Francis, pp. 249–264.



- [28] D. Samate Abdoul, "Composition chimique d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso: Valorisation," *Univ. de Ouagadougou, Burkina Faso*, 2001.
- [29] M.-E. Lucchesi, "Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles," Université de la Réunion, 2005.
- [30] N. Herzi, "Extraction et purification de substances naturelles: comparaison de l'extraction au CO<sub>2</sub>-supercritique et des techniques conventionnelles," Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT; École nationale d ..., 2013.
- [31] F. Chemat, *Essential oils and aromas Green Extraction and Applications*. Har Krishan Bhalla & Sons, 2009.
- [32] H. Richard and E. à l'ENSIA, "Épices et herbes aromatiques," *Tec & Doc, Lavoisier, Paris*, 1992.
- [33] L. R. Hernandez Ochoa, "Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif» d'origine végétale," 2005.
- [34] D. Leszczynska, "Management de l'innovation dans l'industrie aromatique: Cas des PME de la région de Grasse," 2007.
- [35] F. Da Silva, "Utilisation des huiles essentielles en infectiologie ORL," *Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie Université Henri Poincaré-Nancy Ijuillet*, 2010.
- [36] N. Bousbia, "Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires," Université d'Avignon, 2011.
- [37] A. Sofowora, *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions, 2010.
- [38] F. R. Chang-Diaz, "Method of infusion extraction," ed: Google Patents, 1989.
- [39] F. Chemat and M. K. J. U. s. Khan, "Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction," vol. 18, no. 4, pp. 813-835, 2011.
- [40] S. Bourgou, R. S. Beji, F. Medini, and R. J. J. o. N. S. Ksouri, "Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'Euphorbia helioscopia," vol. 28, 2016.
- [41] T. Prommajak, S. Surawang, N. J. S. J. o. S. Rattanapanone, and Technology, "Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (*Houttuynia cordata* Thunb.)," vol. 36, no. 1, 2014.
- [42] B. Boyd *et al.*, "Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose AOTM sur des personnes en bonne santé," *GlycoScience et Nutrition*, vol. 4, no. 6, p. 7, 2003.

- [43] R. Kohen and A. Nyska, "Invited review: oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification," *Toxicologic pathology*, vol. 30, no. 6, pp. 620-650, 2002.
- [44] D. L. Madhavi, S. Deshpande, and D. K. Salunkhe, *Food antioxidants: Technological: Toxicological and health perspectives*. CRC Press, 1995.
- [45] M. A. Hossain *et al.*, "Antibacterial properties of essential oils and methanol extracts of sweet basil *Ocimum basilicum* occurring in Bangladesh," *Pharmaceutical biology*, vol. 48, no. 5, pp. 504-511, 2010.
- [46] A. I. Hussain, "Characterization and biological activities of essential oils of some species of Lamiaceae," *Faisalabad: University of Agriculture*, 2009.
- [47] M. Piochon, *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse*. Université du Québec à Chicoutimi, 2008.
- [48] A. Zhiri, L. Mayaud, S. Bouhdid, D. Baudoux, J. Abrini, and G. Aubert, "Evaluation de l'activité bactéricide et bactériostatique des huiles essentielles vis-à-vis des souches d'origine clinique résistantes aux antibiotiques," in *Congres Francophone de Phytothérapie: Place de la phytothérapie dans les systèmes de Santé*. Liban, 2010.
- [49] H. Daroui-Mokaddem, "Etude phytochimique et biologique des especes *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrnum olusatrum* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asterarceae)," Thèse de Doctorat en Biochimie Appliquée. Universite Badji Mokhtar-Annaba, 2012.
- [50] M. Lis-Balchin, *Lavender: the genus Lavandula*. CRC press, 2002.
- [51] S. Karaman, M. Digrak, U. Ravid, and A. Ilcim, "Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey," *Journal of ethnopharmacology*, vol. 76, no. 2, pp. 183-186, 2001.
- [52] I. Rasooli and M. R. Abyaneh, "Inhibitory effects of Thyme oils on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*," *Food control*, vol. 15, no. 6, pp. 479-483, 2004.
- [53] M. C. T. Duarte, G. M. Figueira, A. Sartoratto, V. L. G. Rehder, and C. Delarmelina, "Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants," *Journal of ethnopharmacology*, vol. 97, no. 2, pp. 305-311, 2005.
- [54] S. Cox *et al.*, "The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil)," *Journal of applied microbiology*, vol. 88, no. 1, pp. 170-175, 2000.
- [55] K. Knobloch, A. Pauli, B. Iberl, H. Weigand, and N. Weis, "Antibacterial and antifungal properties of essential oil components," *Journal of essential oil research*, vol. 1, no. 3, pp. 119-128, 1989.

- [56] D. A. Samate, "Compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso: valorisation," 2014.
- [57] B. A. Rahmane Fatima Zahra, "Comparaison des maladies de deux espèces d'Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus globulus*) dans la région de Medjez Amar (Guelma)," 2016.
- [58] A. ZINEB and S. HOUARI, "Etude de comportement de quelques peuplements de boisement dans la région de Ouargla," UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.
- [59] J. Bigendako, "Identification et zonage des *Eucalyptus globulus* au rwanda," *Chemonics International Inc. Projet Adar*, vol. 1, 2004.
- [60] K. Eldridge, J. Davidson, C. Harwood, and G. v. Wyk, *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford University Press, 1994.
- [61] P. Goetz and K. Ghedira, "Eucalyptus globulus Labill.(Myrtaceae): Eucalyptus," in *Phytothérapie anti-infectieuse*: Springer, 2012, pp. 271-279.
- [62] attribution, I. C. (2023, Décembre 10). *Eucalyptus globulus*. Consulté le Juin 14, 2024, sur wikipedia: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus\\_globulus](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_globulus)
- [63] K. Ghedira, P. Goetz, and R. Le Jeune, "Eucalyptus globulus Labill," *Phytothérapie*, vol. 6, no. 3, pp. 197-200, 2008.
- [64] P. Boudy, "Guide du forestier en Afrique du Nord," 1952.
- [65] M. S. Abbad Cherine "Analyse physico-chimie Et chromatographie des Huiles Essentielles D'Eucalyptus globulus Récolté Dans plusieurs sites " Master, Science Biologique Saad Dahleb de Blida, 2021.
- [66] A. G. Brown, E. Nambiar, and C. Cossalter, "Plantations for the tropics-their role, extent and nature," 1997.
- [67] F. J. N. White, "A personal account of the historical development of CSIRO," vol. 261, no. 5562, pp. 633-636, 1976.
- [68] M. G. Breyer-Brandwijk, "The Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa being an Account of their Medicinal and other Uses, Chemical Composition, Pharmacological Effects and Toxicology in Man and Animal," *The Medicinal and Poisonous Plants of Southern and Eastern Africa being an Account of their Medicinal and other Uses, Chemical Composition, Pharmacological Effects and Toxicology in Man and Animal.*, no. Edn 2, 1962.
- [69] E. Campinhos, "Sustainable plantations of high-yield Eucalyptus trees for production of fiber: the Aracruz case," *Planted forests: Contributions to the quest for sustainable societies*, pp. 129-143, 1999.
- [70] J.-M. Bouvet, "Les plantations d'eucalyptus: évolutions récentes et perspectives," 1999.

- [71] G. Candy, "Investigation into Chemical Composition and potentiel of a selected number of Rhodesian eucalyptus Unpublished Thesis," *Univ of Rhodesia, Dept of Pharmacy*, 1977.
- [72] F. Marie-Claude, G. Aimé, M. Jacques, and M. Elisabeth, "Herboristerie Familiale," *Des Recettes Simples, Pour Resoudre Les Problemes Simples*, p93, 1992.
- [73] J. A. Duke and K. Wain, "Medicinal plants of the world," *Computer index with more than*, vol. 85, no. 000, p. 3, 1981.
- [74] D. Boland, J. Brophy, and A. House, "Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. ACIAR," *CSIRO, Inkata Press, Melbourne. Boland, DJ, Gilmour, PM and Brophy, JJ (1986) Eucalyptus deuaensis (Myrtaceae), a new species of mallee from Deua National Park, south-eastern New South Wales. Brunonia*, vol. 9, pp. 105-112, 1991.
- [75] E. V. Lassak, "The Australian Eucalyptus oil industry, past and present," *Chemistry in Australia*, vol. 55, no. 11, pp. 396-398, 1988.
- [76] A. Curtis, I. A. Southwell, and I. A. Stiff, "Eucalyptus, a new source of E-methyl cinnamate," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 2, no. 3, pp. 105-110, 1990.
- [77] A. Bouaine, "Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux plantes aromatiques et médicinales: Lentisque et Myrte. Route d'Imouzzer," *Master, Faculté des sciences et techniques, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Fès*, p. 44, 2017.
- [78] D. R. Batish, H. P. Singh, R. K. Kohli, and S. Kaur, "Eucalyptus essential oil as a natural pesticide," *Forest ecology and management*, vol. 256, no. 12, pp. 2166-2174, 2008.
- [79] S. Leicach, M. Y. Grass, H. Chludil, A. Garau, A. Guarnaschelli, and P. Fernandez, "Chemical defenses in Eucalyptus species: a sustainable strategy based on antique knowledge to diminish agrochemical dependency," in *New advances and contributions to Forestry Research: IntechOpen*, 2012.
- [80] J. O. Akolade, O. O. Olajide, M. O. Afolayan, S. A. Akande, D. I. Idowu, and A. T. J. J. N. P. P. R. Orishadipe, "Chemical composition, antioxidant and cytotoxic effects of Eucalyptus globulus grown in north-central Nigeria," vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2012.
- [81] B. Damjanović-Vratnica, T. Đakov, D. Suković, and J. J. C. J. o. F. S. Damjanović, "Antimicrobial effect of essential oil isolated from Eucalyptus globulus Labill. from Montenegro," vol. 29, no. 3, pp. 277-284, 2011.
- [82] A. Song, Y. Wang, and Y. J. Ⅲ. Liu, "Study on the chemical constituents of the essential oil of the leaves of Eucalyptus globulus Labill from China," vol. 4, no. 4, pp. 134-140, 2009.
- [83] A. K. Tyagi and A. J. F. c. Malik, "Antimicrobial potential and chemical composition of Eucalyptus globulus oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms," vol. 126, no. 1, pp. 228-235, 2011.

- [84] A. J. J. o. f. s. Cremieux, "Etude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne. Study of six essential oils: chemical composition and antibacterial activity," vol. 85, pp. 2437-44, 1990.
- [85] M. M. J. C. m. r. Cowan, "Plant products as antimicrobial agents," vol. 12, no. 4, pp. 564-582, 1999.
- [86] B. Schwammle, E. Winkelhausen, S. Kuzmanova, W. J. F. T. Steiner, and Biotechnology, "Isolation of carvacrol assimilating microorganisms," vol. 39, no. 4, pp. 341-346, 2001.
- [87] ISO, "Huile essentielle , crue ou rectifiée , d'Eucalyptus globulus (Eucalyptus globulus Labill. )," *Deuxième édition* 2002.
- [88] A. Chabanne, J. Boyer, R. Michellon, and L. Séguy, "Impacts des couvertures végétales sur la production de *Pelargonium x Asperum* et sur la biologie du sol (macrofaune) à l'île de La Réunion (Département Outre-Mer français)," 2001.
- [89] O. I. Aruoma, "Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods," *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, vol. 523, pp. 9-20, 2003.
- [90] N. GOURINE, "Activités biologiques des huiles essentielles et des composés phénoliques de trois parties du PISTACHIER DE L'ATLAS (*pistacia atlantica*) résine, gales et feuilles," Ecole normale supérieure de Kouba-Mohamed Bachir El Ibrahimy.
- [91] H.-y. Li, Z.-b. Hao, X.-l. Wang, L. Huang, and J.-p. Li, "Antioxidant activities of extracts and fractions from *Lysimachia foenum-graecum* Hance," *Bioresource technology*, vol. 100, no. 2, pp. 970-974, 2009.
- [92] B. SATRANI, M. GHANMI, A. FARAH, A. AAFI, H. FOUGRACH, and B. BOURKHISS, "Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*," *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, vol. 146, no. 1-2, pp. 85-96, 2007.
- [93] M.-C. Pibiri, "Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles," EPFL2006.
- [94] O. Tenaillon, D. Skurnik, B. Picard, and E. Denamur, "The population genetics of commensal *Escherichia coli*," *Nature reviews microbiology*, vol. 8, no. 3, pp. 207-217, 2010.
- [95] C. Stover *et al.*, "Complete genome sequence of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, an opportunistic pathogen," *Nature*, vol. 406, no. 6799, pp. 959-964, 2000.
- [96] G. R. Corey, "Staphylococcus aureus bloodstream infections: definitions and treatment," *Clinical Infectious Diseases*, vol. 48, no. Supplement\_4, pp. S254-S259, 2009.

- [97] C. H. Stuart, S. A. Schwartz, T. J. Beeson, and C. B. J. J. o. e. Owatz, "Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment," vol. 32, no. 2, pp. 93-98, 2006.
- [98] B. Carbonnelle, *Bactériologie médicale: Techniques usuelles*. Simep, 1987.
- [99] N. J. P. e. p. VERBEKE, "L 'Aromathérapie comme alternative crédible a l'antibiothérapie," vol. 20, 2006.
- [100] P. E. J. N. R. M. Sudbery, "Growth of *Candida albicans* hyphae," vol. 9, no. 10, pp. 737-748, 2011.
- [101] B. A. GUETAF Yacine, "VALORISATION BIOLOGIQUE IN-VITRO DES HUILES ESSENTIEL D'EUCALYPTUS GLOBULUS," master, Université Dr. Tahar MOULAY – Saïda Faculté des Sciences,, 2018-2019.
- [102] A. J. Mossi *et al.*, "Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)," vol. 91, no. 2, pp. 273-277, 2011.
- [103] M. N. Boukhatem *et al.*, "Quality assessment of the essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill of Blida (Algeria) origin," vol. 17, no. 3, pp. 303-315, 2014.
- [104] G. Atmani–Merabet and A. Belkhiri, "Huiles essentielles de trois espèces d'*Eucalyptus* d'Algérie," Université Frères Mentouri-Constantine 1.
- [105] M. N. Boukhatem, M. S. Hamaidi, F. Saidi, Y. J. N. Hakim, and Technology, "Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle du *Géranium Rosat* (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans la plaine de Mitidja (Algérie)," no. 3, p. 37, 2010.
- [106] A. Ponce, R. Fritz, C. Del Valle, S. J. L.-F. S. Roura, and Technology, "Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard," vol. 36, no. 7, pp. 679-684, 2003.
- [107] K. SEMALI, "activité biologique des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médiicinale *Eucalyptus globulus* contre le *Varroa jacobsoni*," Master, Sciences de la Nature et de la Vie Blida 1, 2019.
- [108] D. P. D. Allais, C.; Calliste, C.A. ; Duroux, J.L.; Marfak, A.; Simon, A.; Trouillas,P. Antioxidant, anti-inflammatory and anti proliferative properties of sixteen plant extracts used in the Limousin countryside as herbel tea. *Food and chemistry*. 2003,3: 399-407. .
- [109] H. Belfeki, M. Mejri, M. J. I. C. Hassouna, and Products, "Antioxidant and anti-lipases activities in vitro of *Mentha viridis* and *Eucalyptus globulus* extracts," vol. 89, pp. 514-521, 2016.
- [110] E. Noumi *et al.*, "Chemical composition, antioxidant and antifungal potential of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) and *Eucalyptus globulus* essential oils against oral *Candida* species," vol. 5, no. 17, pp. 4147-4156, 2011.

- [111] S. A. Santos, J. J. Villaverde, C. M. Silva, C. P. Neto, and A. J. J. T. J. o. S. F. Silvestre, "Supercritical fluid extraction of phenolic compounds from Eucalyptus globulus Labill bark," vol. 71, pp. 71-79, 2012.

# *Annexe*



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique


كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم هندسة الطرائق

جامعة غرداية  
جامعة غرداية

Faculté des sciences et  
Technologie  
Département génie  
Des procédés

  
Université de Ghardaïa

### Autorisation d'impression finale d'un mémoire de master

	Nom et prénom	Signature
Le président de jury	BENCHADI Wassila	
Examineur 1	MATALLAH Messaouda	
Examineur 2	RAACHE Imane	
Encadrant	BENCHEIKH Salah Eddine	 Dr. BENCHEIKH Salaheddine

Soussigne Dr : BENCHADI Wassila

Président de jury des étudiant (s) -

-NASRI Kaoutar

-LEBOUABI Zineb

Filière : Génie des procédés Spécialité : Génie chimique

Thème ETUDE DES ACTIVITES BIOLOGIQUE D'UNE PLANTE AROMATIQUE MEDICINALE

Autorise-le (s) étudiant (s) mentionné (s) ci-dessus à imprimer et déposer leur (s) manuscrit final au niveau du département.

Ghardaïa le: 30/06/2024

Le président de jury



Le chef de département

