

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 جيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
قسم علم الأحياء

Département De Science biologique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

Domaine : *Sciences de la Nature et de la Vie*

Filière : Science biologique

Spécialité : microbiologie appliquée

Thème

**Composition Chimique , activité Biologique et activité Anti
Oxydante d' huile essentielle de *L'Eucalyptus globulus***

Présenté par:

- *Melle* : El BAHRI Amel
- *Melle* : BRAHMI Alia
- *Melle* : NEFIDSA Nesrine

Devant le jury :

Mme NABTI. S	MCA	Président	(U.D.B.Khemis Miliana).
Mr BAADACHE.H	MCB	Promoteur	(U.D.B.Khemis Miliana).
Mme DIDOUH.N	MCA	Examinatrice	(U.D.B.Khemis Miliana).

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

En premier lieu et avant tout, merci à DIEU tout puissant ALLAH de nous avoir donné le courage, la patience et la force pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant

Mr BAADACHE.H., maitre de conférence à l'université de DJILLALI BOUNAMA a Khemis-miliana, d'avoir proposé

et dirigé ce travail; on la remercie infiniment pour ses orientations, ses conseils et son aide tout au long de ce travail.

Nous remercions sincèrement les membres du jury : **Mme DIDOUH.N.**, maitre de conférence à l'université de DJILLALI BOUNAMA, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury :

Mme NABTI. S., maitre de conférence à l'université de DJILLALI BOUNAMA, pour nous avoir fait

l'honneur d'examiner ce mémoire.

A la fin nous exprimons nos plus vifs remerciements à nos familles et surtout nos parents pour leurs soutien moral, leurs encouragement et leurs patience durant les étapes difficiles de ce travail.



Dédicace

Au terme de ce modeste travail, je le dédie :

*En premier lieu, à ma très chère mère qui m'accompagne par
Leurs prière que Dieu me les garde, (Aucune dédicace ne peut
Exprimer ma profonde reconnaissance et mon grand amour pour
elle).*

A mes frères : Fouad , Bachir , Youcef et Amine,

. A mes neveux et nièces

A tous ceux qui m'aidé à atteindre cette réalisation

ALIA





Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout
au long de mes études,*

A ma sœur ZOLA et son mari Toufik et leur fille MIRAL

*A ma sœur ASMA et son mari NOUREDDINE et leurs
enfants : ABDELOUADOUD , IBTIHEL et RACIM*

A ma sœur FATIHA et son mari IBRAHIM

A mon frère HAROUNE

A ma sœur IKRAM

A mon petit frère ZAKI

AMEL





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents NZFIDSA Amar et ZOBIR

Hakim pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études,

Ce travail st une expérience de ma reconnaissance et une compensation pour vos sacrifices et votre soutien moral.

Vous avez tout fait pour mon bonheur et ma réussite.

Que dieu vous préserve en bonne santé et vous accorde une longue vie

A mon frère aussi pour son affection, tendresse et soutien moral

Et en fin a toute ma famille pour leur encouragement

NESRINE



Resume

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une source de substances ayant des

vertus thérapeutiques diverses, utilisées depuis l'Antiquité dans la pharmacopée traditionnelle de nombreux pays. A cet effet, notre étude est focalisée sur la composition chimique ainsi que l'activité biologique des huiles essentielles de la plante sélectionnée (le genre *Eucalyptus*), cette étude a démontré que le genre *Eucalyptus* est une source importante de métabolites secondaires il est très riche en composés terpéniques et polyphénoliques biologiquement actifs.

Dans cette étude, une recherche bibliographique approfondie sur l'eucalyptus globulus a été réalisée, y compris ses principales utilisations, avec de précieux constituants bio actifs, anti oxydants et anti microbiens, qui ont ouvert la voie au développement de nouveaux produits pharmaceutiques, agro chimiques et des conservateurs alimentaires. Ils peuvent avoir, aussi des applications commerciales dans le but de limiter les anti oxydants de synthèses.

Mots clés : *Eucalyptus globulus*, huile essentielle, activité anti-oxydante, antibacérienne et antifongique.

ملخص:

النباتات العطرية والطبية هي مصدر للمواد مع مزايا علاجية مختلفة، استخدمت منذ العصور القديمة في دستور الأدوية التقليدي في العديد من البلدان تحقيقاً لهذه الغاية، تركز دراستنا على التركيب الكيميائي وكذلك النشاط البيولوجي للزيوت الأساسية للنباتات المختارة (نوع الأوكالبتوس)، وقد أظهرت هذه الدراسة أن جنس الأوكالبتوس هو مصدر مهم للأيضات الثانوية فهو شديد الأهمية. غني بمركبات التربين والبوليفينول النشطة بيولوجياً. في هذه الدراسة، تم إجراء بحث ببليوغرافي متعمق حول الكينا الكروي، بما في ذلك استخداماته الرئيسية، مع المكونات النشطة بيولوجياً ومضادات الأكسدة ومضادات الميكروبات، مما مهد الطريق لتطوير منتجات صيدلانية وكيميائية زراعية جديدة ومواد حافظة غذائية. قد يكون لديهم أيضاً تطبيقات تجارية لغرض مضادات الأكسدة الاصطناعية المحدودة.

الكلمات المفتاحية: الأوكالبتوس، الزيوت الأساسية، مضادات الأكسدة، مضادات الميكروبات.

Abstract :

Aromatic and medicinal plants are a source of substances with various therapeutic virtues, used since Antiquity in the traditional pharmacopoeia of many countries. To this end, our study is focused on the chemical composition as well as the biological activity of the essential oils of the selected plants (the genus *Eucalyptus*), this study has shown that the genus *Eucalyptus* is an important source of secondary metabolites it is very rich in biologically active terpene and polyphenolic compounds. In this study, an in-depth bibliographic research on eucalyptus globulus was carried out, including its main uses, with valuable bioactive, antioxidant and antimicrobial constituents, which paved the way for the development of new pharmaceutical and agrochemical products. and food preservatives. they may have also had commercial applications for the purpose of limited synthetic antioxidants.

Key words :eucalyptus , essential oils , antioxidant , antimicrobial

Liste des figures

Figure 1 : Aspect morphologique de l'eucalyptus

Figure 2 : *Eucalyptus globulus*

Figure 3 : Arbre d'*Eucalyptus camaldulensis*

Figure 4 : Fleurs d'*Eucalyptus camaldulensis*

Figure 5 : Ecorce d'*Eucalyptus camaldulensis*

Figure 6 : Fruit d'*Eucalyptus camaldulensis*

Figure 7 : Feuilles d'*Eucalyptus citriodora*

Figure 8 : Courbe Time-kill de l'aromadendrène et du 1,8-cinéole seuls et en combinaison contre *Streptococcus pyogenes*

Figure 9 : Schéma de la biosynthèse des Acylphloroglucinols

Figure 10 : Biosynthèse des catéchines

Figure 11: Principaux triterpénoïdes (lupane, oléanane et ursane) identifiés dans l'écorce d'*Eucalyptus globulus*

Figure 12 : Fabrication de biocarburants à partir de bois d'Eucalyptus par voie chimique

Figure 13 : Usine de pâte cellulosique de Sidi-Yahia-du-Rharb

Figure 14: Film antimicrobien d'amidon biodégradable. (A) Film sans ajout d'huile essentielle. (B) Film préparé avec HE d'*E. globulus*(0,25 ml d'huile/g d'amidon)

Liste des tableaux

Tableau 1 : Effets thérapeutiques des huiles essentielles de certaines espèces de la famille des Myrtacées.

Tableau 2 : *Composés phytochimiques et différentes parties d'E. globulus*

Tableau 3 : Principales plantes mellifères du Maroc et leur zones de productions

Tableau 4 : Efficacité (pourcentage moyen S.D.) des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* dans les premières 24 h et entre 48 et 72 h sur les adultes de *Lutzomyia longipalpis*

Tableau 5 : Activités antifongiques rapportées dans différentes parties d'E. globulus

Tableau 6 : Activités antibactériennes rapportées dans différentes parties d'E. globulus Labill.

Table de matière

I. REMERCIEMENTS

II. DIDICACE

III. RESUME

IV. LISTE DES FIGURES

V. LISTE DES TABLEAUX

Introduction	01
CHAPITRE I: La famille des Myrtacées et le genre Eucalyptus	
I. 1 – Ordre Myrtales	04
I.1.1. La famille des Myrtacées.....	04
I .1.2. Description botanique.....	05
1. 1. 3. Distribution géographique.....	05
I .1. 4. Genres principaux.....	05
1. 1. 5. Intérêts de certaines espèces de Myrtacées... ..	05
I. 1.6. Utilisation de la famille des Myrtacées en médecine traditionnelle	06
I. 2.Le genre <i>Eucalyptus</i>.....	06
I. 2.1.Présentation botanique et géographique du genre <i>Eucalyptus</i>... ..	06
<i>A .Eucalyptus globulus</i>	08
A. 1. Classification	08
A.2. Description botanique.....	
<i>B.Eucalyptus camaldulensis</i>... ..	10
B.1. Classification	10
<i>B. 2. Description botanique</i>	10
<i>C.Eucalyptuscitriodora</i>.....	13
C .1.Classification	13
C. 2. Description botanique	13
I. 2. 2. Propriétés thérapeutiques du genre <i>Eucalyptus</i>.....	14
I .2.3.Culture d'eucalyptus dans le monde	15
I .2.3.1.Culture d'eucalyptus en Australie.....	15

I .2.3.2.Culture d'eucalyptus en Chine	16
I .2.3.3.Culture d'eucalyptus en Amérique du Sud	17
I.2.3.4 .Culture d'eucalyptus en Inde.....	18
I .2.3.5.Culture d'eucalyptus en Europe.....	19
I .2.3.6culture des eucalyptus en Algérie	19
I .2.3.7Culture d'eucalyptus au Maroc	20
Chapitre II : Métabolites Secondaires isolés du genre eucalyptus	
II. huiles essentielles... ..	22
II .1.Généralité sur les huiles essentielles... ..	22
II .1.1.Historique des huiles essentielles... ..	22
II .1.2.Définition des huiles essentielles.....	23
II.2. Métabolites secondaires isolés du genre Eucalyptus.....	25
II.2. 1 . Monoterpènes... ..	26
II.2. 2 . Sesquiterpènes... ..	27
II.2. 3. Glucosides d'acide oleuropéique.....	28
II. 2.4 . Polycétones cycliques... ..	29
II. 2.5 . Acylphloroglucinols.....	29
II .2.6 . Glycosides de phloroglucinol.....	30
II. 2.7 .Macrocarpales et Euglobales... ..	30
II.2. 8 . Flavonoïdes... ..	31
II.2. 9.Catéchines... ..	32
II.2. 10 .Tanins hydrolysables.....	33
II. 2.11.β-dicétones.....	34
II. 2.12 .Triterpènes... ..	34
II. 2.13.Composés stéroïdiens... ..	36
II. 2.14.Glycosides cyanogènes... ..	36
Chapitre III Les principaux usage et activité biologique du genre Eucalyptus.Globulus	
III. 1.1.Principaux usages des eucalyptus... ..	38
III. 1.1.1.Production du bois.....	38
III. 1.1.2Production de miel.....	41
III .1. 3.Production des huiles.....	41
III.1.2.Production d'extraits autres que l'huile d'eucalyptus... ..	42
III .2.Activité biologique du genre <i>Eucalyptus globulus</i>	43
III .2.1.Activité insecticide	43
III .2.2.Activitéantifangique	44
III .2.3.Activité antibactérienne	46

III .2.4.Activité antioxidant...	53
III .2.5.Activité antibiofilm	54
III .2.6.Activité anti-inflammatoire.....	55
III .2.7.Antivirale... ..	56
III.3.8. Antidouleur... ..	56
Chapitre IV: Approches écologiques	
IV .1.L'utilisation de <i>Eucalyptus globulus</i> dans la depollution du sol... ..	58
IV .2.Activité alleopathique de la plante de l' <i>Eucalyptus globulus</i>	59
IV .3.L'utilisation des huiles essentielles de l' <i>Eucalyptus globulus</i> en tant que pesticide et insecticide	60
Conclusion et perspectives	61
Référence Bibliographique	



Introduction

INTRODUCTION

L'homme avait toujours pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base: nourriture, abris, vêtements et également pour ses besoins médicaux. L'utilisation thérapeutique des extraordinaires vertus des plantes pour le traitement des maladies de l'homme est très ancienne et avec l'histoire de l'humanité **(Rabiai,2014)**.

Actuellement, les plantes aromatiques possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles dans les soins de santé ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique. Leurs nombreux usages font qu'elles connaissent une demande de plus en plus forte sur les marchés mondiaux.

Traditionnellement, différentes techniques de distillation et machines de traitement sont utilisées pour extraire les huiles essentielles de plantes aromatiques à l'échelle du laboratoire, pilote et commerciale **(Babu et al ,2002 et Sood et al ,2009)**

Les huiles essentielles d'eucalyptus font partie des huiles essentielles les plus utilisées sur le marché. Elles sont devenues très courantes et il est possible de les retrouver dans tout type de commerces ce qui implique que l'on en trouve tout type de qualité.

L'*Eucalyptus* est l'un des principaux genres de la famille des Myrtacées. Il est originaire d'Australie et de Tasmanie, et il est acclimaté dans d'autres pays comme l'Inde, le Brésil **(Ghedira et al., 2008)** et dans le bassin Méditerranéen **(Aït youssef, 2006)**. En Algérie, L'*Eucalyptus* occupe une surface de 39.000 ha en 1995 **(Jacovelli, 2002)** et l'espèce *E. globulus* est l'une des espèces les plus réponsées **(Aït youssef, 2006)**. Ses feuilles sont employées traditionnellement comme remède tonique sous forme d'infusion pour traiter la grippe saisonnière, les infections des voies respiratoires, les diarrhées, les fièvres, les douleurs dentaires, les engelures et autres complications **(Aït youssef, 2006; Kim , al.,2001)**.

Les propriétés pharmacologiques de l'*Eucalyptus* sont liées essentiellement à sa composition en diverses classes de métabolites secondaires à savoir les huiles essentielles, les tannins et les flavonoïdes **(Vankar et al., 2006)**.

Outre les effets thérapeutiques traditionnels, les extraits de feuilles de cette plante sont inclus, au Japon, dans la liste des additifs alimentaires (Avis n°120,16 avril 1996 ministère de la santé) **(Amakura et al., 2002)**. Ces extraits ainsi que les huiles essentielles de *E. globulus* sont introduits également dans la formulation de multiples produits pharmaceutiques de diverses maladies, cas des affections respiratoires, et dans certains produits cosmétiques **(Ghedira et al., 2008; Takahashiet al., 2004)**.

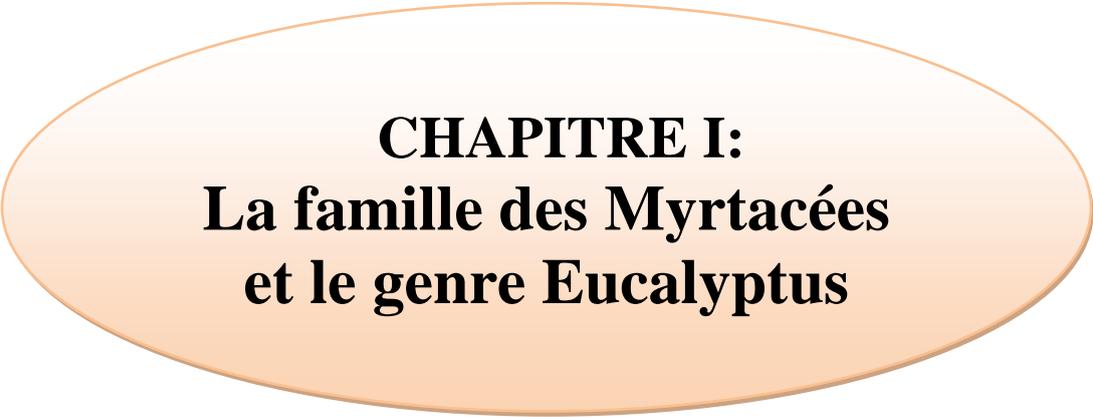
Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de mettre en évidence la composition chimique, activité antibactérien, antifongique, antioxydant, anti inflammatoire, de l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* . Ce manuscrit est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à une synthèse bibliographique sur la famille des Myrtaceae
Et le genre Eucalyptus

Dans le deuxième chapitre concerne les huiles essentielles et métabolites secondaires du genre Eucalyptus .

Le 3ème chapitre sera consacré au principaux usage et activités biologiques du genre Eucalyptus.

Le 4ème chapitre concerne l'approche écologique pour l'application de la plante de *Eucalyptus globulus*



**CHAPITRE I:
La famille des Myrtacées
et le genre Eucalyptus**

I. La famille des Myrtacées et le genre *Eucalyptus*

I. 1 – Ordre Myrtales

Il existe 9 familles qui appartiennent à l'ordre des Myrtales: Alzateaceae, Combretaceae, Cryteroniaceae, Lythraceae, Melastomataceae (y compris Memecylaceae), Myrtaceae (y compris Heteropyxidaceae, Psiloxylaceae), Onagraceae, Penaeaceae (incl. Oliniaceae and Rhynchocalycaceae), Vochysiaceae. (**Simpson, 2010**).

I.1.1. La famille des Myrtacées

La famille des Myrtacées est l'une des familles les plus importantes dans le règne végétal renfermant divers genres reconnus pour leurs effets thérapeutiques remarquables. Parmi ces genres, le *Eucalyptus* précisément l'espèce : *Eucalyptus globulus*.

La famille des **Myrtaceae - Myrtacées** est une famille de plantes dicotylédones, deux cotylédons sur l'embryon, deux feuilles constitutives de la graine. Les Myrtaceae sont réparties en environ trois mille espèces réparties en 134 genres environ.

Ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'huiles aromatiques des zones tempérées, sub-tropicales à tropicales, poussant principalement en Australie, en Amérique tropicale, région méditerranéenne, l'Afrique subsaharienne, Madagascar, tropicales et tempérées d'Asie, et les îles du Pacifique. Dans cette famille, on peut citer les genres : *Eucalyptus*, *Psidium* dont fait partie le goyavier, *Myrtus* dont fait partie le myrte (arbuste du maquis méditerranéen), *Eugenia* dont le giroflier (*Eugenia caryophyllata*) qui donne le clou de girofle. On rencontre aussi des espèces dont les fruits sont comestibles (genres *Feijoa*, *Eugenia*, *Campomanesia*). Il existe aussi une espèce de figuier étrangleur en Nouvelle- Zélande (*Metrosideros robusta*) (**Bruneton, 1999**).

Beaucoup d'espèces appartenant à cette famille sont une source d'HE pour la parfumerie ou pour l'usage thérapeutique.

Les fleurs à odeur suave des Myrtaceae sont pollinisées par divers insectes, oiseaux ou mammifères ; le nectar sert de monnaie d'échange. Chez les genres *Eucalyptus*, *Melaleucaet* *Callistemon*, les étamines sont plus remarquables que les pétales, donnant à l'influorescence un aspect de goupillon. Les espèces à fruit charnu sont disséminées par les oiseaux et les mammifères ; les espèces à fruits capsulaires ont de petites graines parfois ailées qui sont disséminées par le vent ou par l'eau (**Bruneton, 1999**).

1. 1.2. Description botanique

Les plantes de cette famille sont des arbres ou des arbustes à feuilles généralement opposées, entières, de grandes translucides avec stipules réduits ou totalement absents (Judd *et al.*, 2002; Ozenda, 1982). Ces plantes se caractérisent par des fleurs odorantes cycliques, actinomorphes et bisexuées (Deysson, 1979; Spichiger *et al.*, 2002). Leurs fruits sont sous forme de baie ou de capsule et parfois de drupe (Ozenda, 1982; Spichiger *et al.*, 2002)

1. 1. 3. Distribution géographique

Ces plantes se localisent principalement dans les régions tropicales et se rencontrent particulièrement en Amérique et en Australie (Spichiger *et al.*, 2002). Néanmoins, certaines espèces ont été acclimatées dans d'autres pays tels que les pays du bassin Méditerranéen, l'Europe et l'Amérique du nord (Aït youssef, 2006).

1. 1. 4. Genres principaux

La famille des Myrtacées possède environ 3500 espèces réparties en 150 genres dont les principaux sont : *Eucalyptus*, *Eugenia* (girofler), *Psidium*(goyavier), *Myrtus*(myrte) et *Syzygium*(jambosier) (Judd *et al.*, 2002 ; Ozenda, 1982).

1. 1. 5. Intérêts de certaines espèces de Myrtacées

Les fruits de certaines espèces de cette famille comme *Psidium guajava*(goyave), *Eugenia uniflora*(cerisier de Cayenne), *syzygium jambos*(pommier rose) sont comestibles (Ozenda, 1982; Spichiger *et al.*, 2002). Les boutons floraux de *Eugeniacyrophyllata*(clous de girofle) et les fruits de *Pimenta clioïca*sont utilisés eux aussi comme épices (Judd *et al.*, 2002; Ozenda, 1982; Spichiger *et al.*, 2002).

Certains genres de cette famille sont utilisés comme plantes ornementales appréciées notamment pour leurs pétales, sépales ou étamines parmi ces genres: le *Myrtus*(myrte) et le *Eucalyptus* (Judd *et al.*, 2002; Ozenda, 1982 et Spichiger *et al.*, 2002).

D'autres genres sont une source importante d'huiles essentielles extraites essentiellement de leurs feuilles. Ces composés exercent plusieurs effets thérapeutiques (antiseptique, balsamique..) et rentrent dans la préparation des produits pharmaceutiques. Le tableau I illustre les effets thérapeutiques des huiles essentielles extraites de certaines espèces de la famille des Myrtacées.

En plus des effets thérapeutiques des espèces de *Eucalyptus* qui sont liés principalement aux huiles essentielles, l'eucalyptus est utilisé à grande échelle comme arbre de reboisement en zone tropicale et semi-aride. Son bois intervient dans des utilisations très diversifiées comme source d'énergie, dans la construction, il est également utilisé dans les

industries papetières,... etc (Bigendako, 2004; Forrest and Moore, 2008 et Ozenda, 1982 ; Spichigeret *al.*, 2002).

I. 1.6. Utilisation de la famille des Myrtacées en médecine traditionnelle

De nombreuses espèces appartenant à cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle. Le tableau suivant montre quelques exemples de ces plantes traditionnellement utilisées pour traiter des maladies spécifiques

Tableau 01: Effets thérapeutiques des huiles essentielles de certaines espèces de la famille des Myrtacées.

Espèce	Partie utilisée	Effets thérapeutiques	Références
<i>Eucalyptus globulus</i>	Feuilles	Balsamique, antiviral, antibactérien, et antimalarique, antibactérien et pesticide	Bachir Raho et Bendali (2008) ; Batish et al. (2008) ; Ghedira et al., (2008) ; Wichtl et Anton(2003).
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Feuilles	Antibactérien.	Bachir Raho et Bendali (2008).
<i>Melaleucajupuli</i> (Cajeput)	Feuilles	Effets antirhumatismal, antidermatique et insecticide	Judd et al. (2002); Ozenda (1982); Spichiger et al. (2002).
<i>Malaleucaquinquenervia</i> (Niaouli)	Feuilles	Antiseptique, fébrifuge, antidiarrhéique et antirhumatismal.	
<i>Myrtuscommunis</i> (Myrte)	Feuilles	Contre les affections pulmonaires et les hémorroïdes	
<i>Eugenia caryophyllata</i> (Clous de girofle)	Bouton floral	Analgésique dentaire, bactéricide et insecticide.	

I .2.Le genre *Eucalyptus*

I.2.1.Présentation botanique et géographique du genre *Eucalyptus*

Les *Eucalyptus* sont de grands arbres dont certaines espèces peuvent atteindre 100 mètres de hauteur, originaire d'Australie, notamment de la province de Tasmanie ; l'*Eucalyptus* fut rapidement planté dans les régions subtropicales de l'Asie et du bassin méditerranéen.

Possédant une exceptionnelle capacité d'absorber l'eau du sol sur lequel il croît, l'*Eucalyptus* assèche rapidement les marais qu'il colonise. Il élimine ainsi les milieux de reproduction des insectes qui transmettent la malaria, d'où le nom d'« arbre à la fièvre » ou *Australianfevertree*. La plupart des *Eucalyptus* ont des feuilles persistantes. Comme les autres membres de la famille des myrtaceae, les feuilles d'*Eucalyptus* sont couvertes de glandes à huile. L'abondante production d'huile est une caractéristique importante de ce genre.

Les feuilles, bleuées, ont une curieuse caractéristique: sur les jeunes arbres, elles sont opposées, sessiles, ovales et glauques, et quand l'arbre grandit, elles deviennent alternes,

pétiolées, très allongées, parfois un peu courbées comme des lames de faux, et d'un vert luisant.

Les fleurs forment une petite boîte s'ouvrant par un couvercle : les étamines sont enfermées dans un étui fermé par un opercule (**d'où le nom d'*Eucalyptus* du grec *eu* = bien et *kaluptos*= couvert**) formé par la fusion des pétales et/ou des sépales.

Les fleurs sont très variées, elles ont de très nombreuses étamines qui peuvent être de couleur blanche, crème, jaune, rose ou rouge.

Les fruits à maturité ont la forme d'un cône, ils sont secs, et de couleur brune. Ils ont également des valves qui se soulèvent pour laisser échapper les graines lors de leur chute sur le sol (**Bruneton, 1999**).

De nombreux *Eucalyptus* sont utilisés dans le monde pour produire du bois de service: poteaux, bois de mine, bois de feu, perches, bois de construction.

les espèces présentes en Algérie, d'après ces auteurs **Baba Aïssa (1999) et Aït Youssef (2006) et sont :**

**Eucalyptus globulus* Labill ou gommier bleu;

**Eucalyptus citriodor* ason huile essentielle lui procure odeur citronnelle et verveine;

**Eucalyptus camaldulensis* ou gommier rouge.



Figure 01: Aspect morphologique de l'eucalyptus (**Castellana ,2012**)

A- *Eucalyptus globulus* :**A. 1. Classification :**

selon **Deysson (1979)** la systématique de *E. globulus* est la suivante :

Règne: Végétal

Embranchement: Spermaphyte

Sous embranchement: Angiosperme

Classe: Dicotylédones

Ordre: Myrtales

Famille: Myrtaceae (Myrtacée)

Genre: *Eucalyptus*

Espèce: *Eucalyptus globulus*.

A.2. Description botanique :

Le *E. globulus* est un bel arbre de croissance rapide qui peut atteindre à l'âge adulte 30 à 35 m de hauteur dans les régions Méditerranéennes (**Aït Youssef, 2006**) et jusqu'à 100 m dans le milieu naturel (Australie et Tasmanie) (**Ghedira et al., 2008**).

***Le tronc :**

est lisse et cendré, recouvert d'une écorce qui s'exfolie en long lambeaux (**Ghedira et al., 2008**). Il possède également des anfractuosités contenant une gomme dite « Kito » dont la couleur varie du rouge sang au rouge sombre (**Aït Youssef, 2006**).

***Les feuilles :**

(figure 1 a, b) sont persistantes et polymorphes selon l'âge du rameau. Les rameaux jeunes possèdent des feuilles larges courtes, opposées, sessiles et disposées horizontalement sur les rameaux (**BabbaAïssa, 1999; Ghedira et al., 2008**). Elles mesurent 10 à 15 cm de long et 4 à 8 cm de large avec un limbe entier qui renferme des nodules sécréteurs visibles par transparence (**Aït Youssef, 2006**). Les feuilles adultes sont aromatiques falciformes de 12 à 30 cm de long et 2 à 5 cm de large, étroites, pointues, épaisses, vert-foncé courtement pétiolées, alternes et pendantes (**Ghedira et al., 2008; Wichtl et Anton, 2003**). Ces feuilles commencent à apparaître lorsque le jeune plant atteint 1,80 à 2,50 m de hauteur, mais elles peuvent encore persister à des hauteurs plus importantes (**Ghedira et al., 2008**). Leur limbe est entier à faces semblables, il présente également des lenticelles (poches sécrétrices des huiles essentielles) de couleur brune plus en moins foncée (**Aït Youssef, 2006; Wichtl et Anton, 2003**).

***La fleur :**

(Figure 1 d) est un gros bouton floral qui prend naissance à l'aisselle de la feuille, solitaire, de couleur bleu-blanc (**Ghedira et al., 2008**), elle ressemble schématiquement à une

sorte de boîte s'ouvrant par un couvercle, ayant la forme d'une urne quadrangulaire dont les arêtes saillantes correspondent aux quatre sépales. Cette urne à quatre pans, de nature ligneuse, mesure 1 à 1,5 cm de long et a un sommet coiffé d'un couvercle déhiscent formé par les 4 pétales soudés (**Aït Youssef, 2006**). Ce couvercle se soulève à la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines à long filets blanchâtres disposés en bouquets, et se détache à la maturité de la fleur (**Baba Aïssa, 1999; Wichtl et Anton, 2003**).



Figure/2 : *Eucalyptus globulus* (**Balmey et Wilson, 2000; Deysson, 1979**).

a. Rameau fleuri; b. Feuilles au stade juvénile; c. Fleur avant l'anthèse, en coupe verticale

d. Fleur où la coiffe tombée; e. Fruit

***B.Eucalyptus camaldulensis* :**

B.1.Classification :

D'après la classification scientifique APG (AngiospermsPhlogeny Group) (**GUIGNARD, 2001**), le genre *Eucalyptus* appartient à :

Embranchement : Phanerogames

Sous Embranchement : Angiospermes

Ordre : Mytales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus camaldulensis*

B. 2. Description botanique :

Bel arbre des Angiospermes, indigène en Australie et en Tasmanie, l'Eucalyptus appartient aux Myrtaceae qui constituent la famille la plus importante de l'ordre des Myrtales.

Les Caractères généraux de plus de 600 espèces reconnues depuis les Philippines (latitude 7° N) jusqu'à l'Australie du sud (latitude 44° S) sont regroupés en deux sous-genres (Monocalyptus et lymphomyrtus) (ALEXENDRIEN, 1992).

Cette famille forme le fond de la flore australienne. Elle est très ancienne et peut être suivie jusque dans le crétacé inférieur. Les Eucalyptus sont naturellement l'élément le plus important dans les forêts australiennes, y faisant plus de 95 de toute la flore (MARIANI *et al*, 1981). En Algérie, *E.camaldulensis* semble être l'espèce pionnière de ce genre, ayant été introduite en 1860 par les français (POUPON, 1972).

Ecorce : L'écorce fréquemment blanche et lisse et s'exfoliant en plaques roussâtres. Elle peut être caduque ou persistante (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).

Tronc : Au niveau du tronc, l'écorce est très utile pour l'identification et la distinction entre les nombreuses espèces, car elle peut présenter de grandes différences dans son apparence : se décortiquant, dure, fibreuse, floconneuse, lisse, ou possédant de profonds sillons (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).

Feuilles : Les feuilles sont coriaces, persistantes, glabres, très odorantes. Elle se présentent sous deux sortes : feuilles de jeunesse plus ou moins opposées, souvent sessiles, rondes et glauques, et les feuilles adultes généralement alternes, pétiolées, entières, pendantes à deux faces identiques, l'angle d'insertion des nervures latérales est un caractère distinctif important. Les feuilles comportent de nombreuses vacuoles qui contiennent des huiles riches en cinéol ou en eucalyptol (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).

Racines : La plupart des Eucalyptus possède également des organes de sauvegarde souterrains appelés lignotubes. Ces lignotubes se présentent sous forme de renflements à la base du collet racinaire ; ce sont des massifs cellulaires indifférenciés contenant des réserves glucidiques comme l'amidon. Les Eucalyptus, pour la majorité d'entre eux indigènes de l'Australie, ont évolué dans un environnement difficile, aride et soumis aux incendies répétés. Or, les lignotubes permettent justement à l'Eucalyptus d'engendrer de nouvelles pousses si une perturbation majeure vient à détruire l'appareil végétatif aérien de la plante, partiellement ou dans sa totalité. Les lignotubes favorisent donc la survie des espèces d'Eucalyptus possédant cette adaptation (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).

Fleurs : Les fleurs peuvent être blanches, jaunes ou rouge, à étamines nombreuses ordinairement groupées en ombelles. Malgré la grande taille de certaines espèces et leur longévité, les Eucalyptus se mettent à fleur à un âge très peu avancé ; quelques fois 4 ou même 2 ans, il y a sous ce rapport des différenciations soit spécifiques, soit individuelles considérable.

La floraison est annuelle au début de l'automne ou au printemps, mais pour certaines espèces elle est estivale. Quand l'épanouissement des fleurs se fait au coeur de l'hiver, comme c'est le cas de l'Eucalyptus globulus, elles peuvent être endommagées par le froid. En général la fructification est abondante (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).

Fruits : Généralement les fruits se présentent sous forme de graines anguleuses, nombreuses, contenues dans une capsule. Le regroupement des fruits est aussi un facteur de détermination (FAO, 1982 ; ALEXENDRIEN, 1992).



3



4



5



6

Fig. 3: Arbre d'*Eucalyptus camaldulensis*

Fig. 4: Fleurs d'*Eucalyptus camaldulensis*

Fig. 5: Ecorce d'*Eucalyptus camaldulensis*

Fig. 6: Fruit d'*Eucalyptus camaldulensis*

(LAADEL,2014)

C.Eucalyptus citriodora :

C.1.Classification :

Nom latin : *Corymbiacitriodora* anciennement *Eucalyptus citriodora*.

Noms vernaculaires : *Eucalyptus* citronné, *Eucalyptus* blanc, *Eucalyptus* à odeur de citron.

La classification systématique de l'espèce *Eucalyptus citriodora* est la suivante

(Koziol, 2015) :

Embranchement : Spermaphytes

Sous - embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtacées

Genre : *Eucalyptus* ou *Corymbia*

Espèce : *Citriodora*

C. 2. Description botanique :

L'*Eucalyptus citriodora* ou *Corymbiacitriodora* a d'abord été classé dans les *Eucalyptus* pendant des années. C'est en 1995 qu'un nouveau genre a été créé : le genre *Corymbia*.

L'*eucalyptus* citronné est donc devenu *Corymbiacitriodora* mais son nom vernaculaire est resté *Eucalyptus citriodora*.

On différencie essentiellement les *Corymbia* des *Eucalyptus* par leur inflorescence qui comme leur nom l'indique, est sous forme de corymbe. *Eucalyptus radiata* et *Eucalyptus globulus* ont quant à eux une inflorescence simple, en épi, les fleurs poussent à l'aisselle des feuilles.

Originaire d'Australie, comme *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus radiata*, *Eucalyptus citriodora* est un grand arbre qui peut atteindre entre 20 et 50 mètres de hauteur. On le retrouve aujourd'hui en Australie, en Afrique (notamment à Madagascar) et en Europe.

Écorce : est lisse et blanchâtre à rose ce qui lui vaut le nom vernaculaire d'*Eucalyptus* blanc. Son écorce se desquame par plaques comme pour les deux autres genres d'*eucalyptus*. On pourra parfois même retrouver ces plaques d'écorce enroulées sur elles-mêmes.

Les feuilles : seront vertes, oblongues, alternes, étroites et effilées aux extrémités. Elles seront légèrement plus larges que les feuilles d'*Eucalyptus globulus* et d'*Eucalyptus radiata*. Le froissement de ces feuilles va libérer une odeur fortement citronnée due à la présence en grande quantité de citronellal.

Les fleurs : ont une inflorescence en forme de corymbe. Elles sont regroupées par 10 à 20. Elles seront de couleur jaune crème. Les fleurs donneront naissance à des fruits sous forme de capsules.



Figure 7: feuilles d'*Eucalyptus citriodora*(Site web N° 7)

I. 2. 2. Propriétés thérapeutiques du genre *Eucalyptus*

De nombreux pays ont rapidement intégré les usages médicaux des feuilles d'*Eucalyptus* dans leur pharmacopée : Chine, Inde, Sri Lanka, Afrique du Sud, Île de la Réunion, Europe, etc.

La production commerciale d'huile essentielle d'*Eucalyptus* a débuté en 1860, dans la région de Victoria en Australie. Actuellement, l'Australie, le Maroc, l'Espagne et certains pays de l'ex-URSS sont parmi les principaux producteurs.

Au XIX^e siècle, on utilisait l'HE pour aseptiser les cathéters urinaux dans les hôpitaux anglais. De nombreuses préparations pharmaceutiques destinées aux diverses affections des voies respiratoires (VicksVaporub, par exemple). De nos jours, elle entre dans la fabrication de rince-bouche (Listerine, par exemple) et de dentifrices ; les produits et les solvants endodontiques utilisés en dentisterie comprenant de l'huile de plusieurs plantes entre autre l'huile de clou de girofle et d'*Eucalyptus* (Goldstein et al ,2009).

On s'en sert aussi comme dégraissant industriel.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) reconnaît l'usage traditionnel des feuilles d'*Eucalyptus*, de l'HE (*E. globulus*) pour soulager la fièvre et les symptômes de l'asthme, pour traiter l'inflammation des voies respiratoires, de la gorge ou des muqueuses de la bouche (voie interne) ainsi que pour soulager les douleurs rhumatismales (voie externe).

Des essais sur des souris ont cependant permis d'observer que l'*Eucalyptus* exerce une activité antidouleur(Atta et Alkofahi , 1998 , Santos et Rao, 2000.)

On pense généralement que cette activité serait attribuable aux propriétés antioxydantes de la plante (Grassmann et Hippeli , 2000)

L'HE d'*Eucalyptus citronné* (*E. citriodora*) est un remède traditionnel pour éloigner les insectes piqueurs [6]. Au cours d'une étude croisée menée en Suède, un insectifuge à base d'*Eucalyptus citronné* (Citriodiol) a réduit de moitié les morsures de tiques (*Ixodes ricinus*) subies par 111 participants à des activités de plein air. Au cours d'un essai effectué en Malaisie, un produit à base d'*Eucalyptus citronné* a été très efficace pour prévenir les morsures de sangsues (*Haemadipsasylvestris*) (Tesche et Metternich , 2008, Meister,ett Wittig, 1999)

La fumée d'*Eucalyptus camaldulensis* est également employée dans les lieux de stockage des denrées comme agent de Conservation contre les insectes et les champignons. L'efficacité de cette pratique serait due à la richesse de la fumée en thymol et en cinéole (Kamal et al 1997).

I.2.3. Culture d'eucalyptus dans le monde :

La présentation de la culture et de la production d'eucalyptus dans la plupart des régions du monde a été principalement basée sur les références citées dans le livre de Cooper (2002).

I.2.3.1. Culture d'eucalyptus en Australie :

L'Australie est le pays le plus aride de la planète. Cependant, il existe des zones avec de très fortes pluies le long de la côte Est et dans le Sud-Ouest de la Tasmanie. Ce pays se caractérise par sa végétation forestière tropicale relativement uniforme.

L'Australie compte environ 132 millions d'hectares de forêt indigène. La plupart sont composés d'espèces d'angiospermes, principalement d'Eucalyptus et d'Acacia (Mathias et al., 2020).

La plupart des espèces du genre Eucalyptus sont originaires d'Australie et de Tasmanie, de Nouvelle-Zélande et d'Auckland (CHEVALIER, 1952).

Selon Brooker (2002):

- Parmi les espèces d'eucalyptus les plus abondantes dans les forêts humides de la côte Est de l'Australie, on trouve: *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus tereticornis* Smith et *Eucalyptus nitens*.
- L'espèce *Eucalyptus kumarlensis* Brooker est un exemple d'eucalyptus dominant dans les régions les plus sèches et souvent sur des sols moins fertiles. C'est un arbre sempervirent, de taille moyenne à parfois grande, atteignant habituellement 20 m de haut

Il existe environ 250 espèces de forme principalement boisée qui occupent les collines, les pentes, les plateaux et les montagnes, ainsi que les sols les plus lourds des plaines.

- La gomme de la rivière Rouge, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh est un grand arbre trouvé dans les ruisseaux d'eau douce dans la plupart des régions du continent.

- L'intérieur de l'Australie est presque aride, l'acacia étant le genre prédominant, mais les espèces d'eucalyptus se trouvent couramment dans ces régions le long des ruisseaux saisonniers et dans les collines rocheuses.
- Dans le sud, en particulier, il y a de larges plaines sableuses de faible fertilité où l'on trouve de nombreuses espèces d'eucalyptus de type mallee (environ 180 au total), qui poussent en émettant de nombreuses tiges à partir du sol et d'une hauteur inférieure à 10 m. La dimension des arbres d'eucalyptus variait avec la pluviosité et la température (Tableau 4), mais elle était généralement remarquable relativement aux conditions dans lesquelles ils poussaient (Unasyva, 1956).

I.2.3.2.Culture d'eucalyptus en Chine :

L'eucalyptus a été introduit pour la première fois en Chine depuis l'Italie en 1890 (Qi 1990). Il a été initialement planté à petite échelle dans les jardins, les écoles, les collèges et les sites pittoresques, le long des routes et autour des villages (Chen, 2002).

La production des plantations d'eucalyptus a considérablement augmentée, avec une moyenne d'environ 30 000 ha plantés chaque année. D'après une enquête du China EucalyptResearch Center (CERC), le taux de cette production s'est accéléré de 1990 à 1995, atteignant 50 000 hectares la première année (Chen, 2002).

Les espèces les plus plantées sont: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus exserta*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, l'hybride entre *Eucalyptus urophylla* et *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus leizhou*No.1 (locale).

Les plantations d'eucalyptus dépassent 4,5 millions de mètres carrés et qu'elle possède la troisième plus grande superficie de ces plantations après l'Inde et le Brésil.(XIE et al , 2017).

Les plantations sont réparties dans 17 provinces, dont environ 90 pour cent sont concentrées dans le Guangdong, le Guangxi, le Hainan et le Yunnan (Chen, 2002).

En raison de leur croissance rapide, de leur capacité de recépage, de leurs utilisations multiples et de leur adaptabilité, les eucalyptus sont largement plantés dans les campagnes, souvent par de petits agriculteurs qui utilisent eux-mêmes une partie de la récolte et une partie comme source de revenus monétaires (Chen, 2002).

L'industrie actuelle d'eucalyptus en Chine est une industrie complexe et multiforme, elle comprend la propagation des semis, la production et la fourniture d'engrais, la sylviculture, la récolte et le transport, la transformation du bois pour des produits tels que le bois, la pâte et le papier, et les panneaux à base de bois, ainsi que la production de bioénergie et divers sous-produits forestiers et produits forestiers non ligneux (XIE et al ,2017).

Par conséquent, la Chine est devenue le pays le plus grand consommateur de produits du bois au monde et un marché mondial pour les produits forestiers (**Chen et al , 2015**).

En 2015, la valeur totale de la production de toute cette industrie était d'environ 300 milliards CNY. Actuellement, elle est d'une importance majeure pour l'économie chinoise; elle implique des dizaines de milliers de producteurs et d'entreprises qui fournissent des moyens de subsistance à des centaines de milliers de personnes(**XIE et al , 2017**).

A titre d'exemple, l'exploitation industrielle des plantations d'eucalyptus dans la production d'huiles essentielles dans ce pays a commencé dans les années 1950. Durant les années 1970, la production annuelle d'huile d'eucalyptus était d'environ 3000 t, dont 30 pour cent étaient exportés. En 1980, ces chiffres sont passés à 4000 t, dont 50 pour cent étaient exportés.

Durant les années 90, la proportion exportée est passée à environ 80 pour cent (**Chen, 2002**). Parmi les espèces les plus couramment utilisées dans ce domaine, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus citriodora* et *Eucalyptus dives*, qui sont les plus importantes sources d'huiles de parfumerie et industrielles.

I .2.3.3.Culture d'eucalyptus en Amérique du Sud

Plusieurs espèces d'eucalyptus ont été introduites au Brésil dans la première décennie du XXe siècle par un agronome qui a étudié au Portugal (**Couto, 2002**).

De 1909 à 1965, environ 470 000 ha d'eucalyptus ont été plantés, dont 80 pour cent dans l'État de São Paulo, destinés principalement à remplacer les bois indigènes utilisés comme bois de feu.

Simultanément, la culture de l'eucalyptus s'est transférée vers d'autres pays d'Amérique du Sud, comme l'Argentine, le Pérou, le Chili et l'Uruguay, où la superficie cultivée a atteint plus de 245 000 hectares.

Certaines espèces comme *Eucalyptus grandis* et *Eucalyptus dunni* ont un potentiel productif élevé dans le sud du Brésil, l'Uruguay et le centre de l'Argentine. Ceci est basé sur la similitude du climat et du sol de ces zones, qui forment une écorégion appelée Campos (**Resquin et al, 2020**).

Selon la même référence, la superficie plantée d'eucalyptus dans différentes régions de l'Uruguay est estimée à 726 000 hectares. De plus, une grande surface de sol peut être cultivée, selon la législation en vigueur (environ 3,288 millions d'hectares).

En général, l'eucalyptus a été exploité commercialement dans de nombreux pays d'Amérique du Nord, à travers la production d'huile et d'autres produits forestiers.

Au Brésil, la production d'huiles essentielles d'eucalyptus a commencé pendant la Seconde Guerre mondiale. En 1970, il est devenu le plus grand producteur d'*Eucalyptus Citriodora* au monde.

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.

I.2.3. 4 .Culture d'eucalyptus en Inde :

L'eucalyptus a été introduit en Inde par les français en tant qu'arbre ornemental à la fin du XVIIIe siècle. Sa plantation régulière a commencé exactement en 1856 (**Handa et al, 2002**). Actuellement, la superficie de plantation de cette plante est estimée à plus de 3 millions d'hectares, dont environ 80% sont en agroforesterie (cultivés autour ou parmi les cultures ou les pâturages). En conséquence, l'Inde possède environ 10 % des plantations mondiales d'eucalyptus (**Singh et Dhakad, 2018**).

L'eucalyptus hybride est devenu l'eucalyptus le plus populaire et le plus universel dans toutes les régions à faibles précipitations de l'Inde en raison de sa capacité unique à s'adapter aux nombreux environnements agroclimatiques différents, sa capacité à résister à la sécheresse sur de longues périodes et ses excellents pouvoirs de recépage.

La plupart des eucalyptus sont plantés pour la production de bois à pâte, de bois de chauffage et d'huiles (en particulier à partir des espèces *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus citriodora*).

L'huile d'*Eucalyptus globulus* est utilisée localement comme antiseptique dans le traitement des voies respiratoires, pour la bronchite et l'asthme, et comme rubéfiant pour les rhumatismes. Il est également utilisé comme composant d'inhalant, d'embrocation (calmant appliqué sur le

corps et produit de la chaleur), de gargarismes (rinçage de la gorge) et de préparations germicides et désinfectantes.

L'huile riche en citronnelle d'*E. Citriodora* est utilisée comme parfum pour parfumer les savons, les détergents et les désinfectants.

Son utilisation principale est comme matière de départ pour la production de citronellol, d'hydroxy citronellol et d'hydroxy dihydro citronellal. Ce dernier composé a une odeur fine et fleurie, il est utilisé en grande quantité dans les compositions parfumantes.

(**Handa et al, 2002**).

I .2.3.5.Culture d'eucalyptus en Europe :

Les pays où les plantations d'eucalyptus ont été les plus dynamiques sont : le Portugal, l'Espagne, le Maroc, l'Italie, la Tunisie et l'Algérie ; mais pour l'avenir la tendance varie". Selon la même référence, les espèces les plus notoires de cette période sont *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus gomphocephala*, *Eucalyptus occidentalis*, ainsi qu'un groupe d'espèces xérophiles.(Métro, 1970)

l'espèce *Eucalyptus globulus* Labill a été introduite dans le Sud-ouest de l'Europe, le Portugal et l'Espagne au milieu du XIXe siècle. Cette espèce qui est bien adapté aux conditions climatiques de la région méditerranéenne a été plantée à des fins industrielles, particulièrement du bois et de la pâte à papier.

Récemment, elle couvre 1,3 million d'hectares de superficie forestière, principalement en Ibérie (plus de 80%), en France et en Italie.(Cerasoli et al, 2016).

D'autres eucalyptus ont été sélectionnés pour être plantés en Europe pour leur meilleure adaptation aux différentes conditions et usages environnementaux.

Parmi ces espèces, la gomme rouge (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) plantée principalement en Espagne, au Portugal, en Italie, en France, en Grèce, à Malte, à Chypre et en Turquie. Cette espèce est mieux adaptée à la production de bois que de pâte à papier. Elle est également utilisée comme brise-vent et comme plante ornementale (Cerasoli et al, 2016). En France, trois espèces ont été également plantées dans le Sud de ce pays à destination de l'usine de pâte à papier de Saint-Gaudens : *Eucalyptus dalrympleana* pour ses très bonnes capacités de croissance et de rectitude, *Eucalyptus gunnii* pour ses aptitudes de tolérance au froid, puis l'hybride *Eucalyptus gundalqui* qui associe les qualités des deux espèces (Melun et Nguyen The 2012).qw ;=4zc : Eh3

I .2.3.6.culture des eucalyptus en Algérie

Les *Eucalyptus* ont été utilisés récemment dans les reboisements industriels, particulièrement dans la région d'El Kala, (L'Est Algérien), pour la production de la pâte à papier à courte rotation (10 à 15 ans). Ainsi, les *Eucalyptus*, essentiellement *E. globulus* et *E. grandis*, auraient une production annuelle de l'ordre de 10 à 13 m³/ha/an dans ces régions. Cependant, on constate aujourd'hui que leur emploi sur de grandes surfaces se heurte aux attaques massives de *Phoracanthasemipunctata* (Coléoptère). Par ailleurs, on reproche aux *Eucalyptus* de ne pas constituer rapidement de sol forestier et de ne pas être une espèce améliorante (INRF, 1996).

Son introduction en Algérie fut par les français en 1860. L'espèce pionnière semble être l'*E.camaldulensis*, mais d'autres espèces furent introduites dans des placettes d'essais

notamment à Reghaia, Bouchaoui et El-Alia dans la région d'Alger. Cette zone d'introduction a été tellement favorable qu'on a assisté à des croisements naturels qui ont donnés des hybrides dont l'*Eucalyptus Algériensis*. Dans les années 40 et 50 les *Eucalyptus* furent introduits dans 18 arboretums couvrant les étapes bioclimatiques humides et semi-arides.

Dans ce cadre pas moins de 130 espèces ont été plantés sur le territoire national. Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'*Eucalyptus* ont concernés notamment l'Est (El-Kala. Annaba. Skikda). Le centre (Tizi-Ouzou. Baïnem) et l'Ouest (Mostaganem) et ceci afin de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers (INRF, 1996).

Des pieux d'*Eucalyptus* ont été plantés ça et là à travers tout le pays.

I.2.3.7.Culture d'eucalyptus au Maroc :

A partir du XX^e siècle plusieurs espèces d'eucalyptus furent introduites sur l'ensemble du territoire national du Maroc, c'est (EL BARAKA, 2019).

Les deux espèces *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus gomphocephala* ont été introduites dans ce pays respectivement en 1918 et 1920. (FAO, 1981).

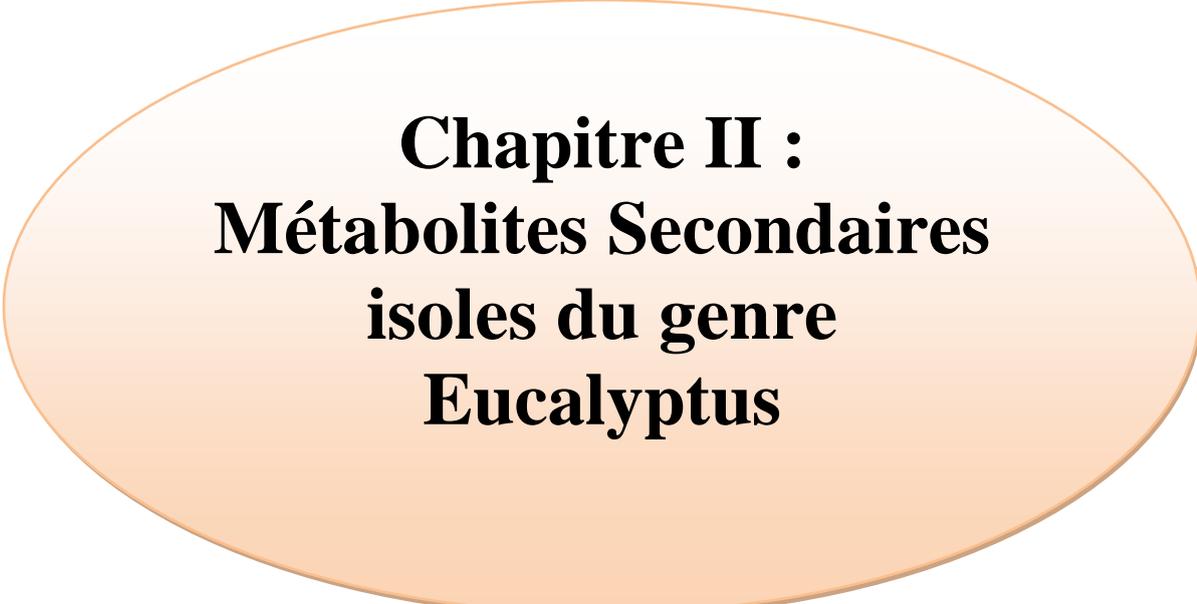
La superficie totale d'eucalyptus plantés au Maroc à la fin de 1974 était de 117 743 ha (FAO, 1981).

Les objectifs de la plantation de cet arbre au Maroc sont (EL BARAKA, 2019):

- Initialement pour l'amélioration des conditions écologiques, en particulier sur les immenses plaines insalubres de la région du Gharb.
- Contribution au développement économique de certaines régions du Maroc, grâce à l'industrie de bois, où elles sont devenues la composante majeure de cette filière.
- L'industrie du papier, ainsi que la production d'huile essentielle et la production mellifère.
- Aujourd'hui l'arbre d'eucalyptus fait partie intégrante du paysage forestier marocain.

Les deux espèces, *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus gomphocephala*, sont les plus importantes en termes de superficie plantée (FAO, 1981).

Les plantations les plus étendues se trouvent dans la zone de Rharb / Mamora au nord-est de Rabat, où l'objet de la gestion est la fourniture de bois à pâte (*Eucalyptus camaldulensis*) à l'usine de pâte et papier de Sidi-Yahia (FAO, 1981).



**Chapitre II :
Métabolites Secondaires
isoles du genre
Eucalyptus**

II. huiles essentielles

II .1.Généralité sur les huiles essentielles

Les végétaux fabriquent leurs huiles essentielles (HE) pour se réparer, attirer les insectes pollinisateurs, se protéger du soleil ou du froid, des prédateurs et des maladies, on encore à guérir blessures et attaques diverses .Les HE ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenus avec des pressoirs comme l'huile de tournesol, l'huile de maïs, l'huile d'amande douce, etc...

Les HE et les arômes extraits à partir des herbes aromatiques et d'épices sont le résultat d'un mélange complexe de substances volatiles (**Garnero, 1996**) .Elles sont généralement présentes à des très faibles concentrations dans les plantes a parfums.

Avant de pouvoir utiliser ou analyser de telles substances, il est nécessaire de les extraire de leur matrice. Plusieurs méthodes d'extraction ont été mises au point telles que l'hydrodistillation,

l'entraînement à la vapeur, l'hydro-diffusion, la distillation -extraction simultanée

au CO₂ supercritique et l'hydro- distillation par micro-ondes .Elles sont

ensuite séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques. L'huile ainsi obtenue possède certaines caractéristiques physico-chimiques qu'il est possible de mesurer au laboratoire à l'aide de techniques simple ou d'appareillages plus complexes(**Durvelle, 1893**).

II .1.1.Historique des huiles essentielles

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C (**Baser et Buchbauer, 2010**). Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles.

Après la naissance de Jésus-Christ, à l'époque du Moyen-âge, c'est Paracelse, médecin Suisse jouant un rôle considérable dans l'histoire de la médecine, qui réimplante le pouvoir des huiles essentielles. C'est lors de la renaissance moyen-orientale qu'Avicenne produisit la première huile essentielle (HE) pure de *Rosa centifolia*avec l'invention du serpentín permettant le refroidissement rapide de la vapeur aromatique (**Compagnie des sens, 2016**).

De la fin de la révolution, jusqu'au XXe siècle, aucune découverte notable n'est faite

en aromathérapie. En1910, René-Maurice Gattefossé, chimiste, parfumeur et père de

l'aromathérapie scientifique, se brûle la main lors d'une explosion dans son laboratoire, par réflexe, il plonge sa main dans un récipient rempli d'huile essentielle de lavande vraie.

Le soulagement est immédiat, la guérison de la plaie et sa cicatrisation fut très rapide, sans

infections ni cicatrices. Ce résultat surprenant l'incite à se consacrer à l'étude des propriétés antibactériennes des huiles essentielles (HEs) (**Fabre, 2017**).

II .1.2.Définition des huiles essentielles

Il existe plusieurs expressions pour définir les huiles essentielles :

- Selon le professeur **Valnet (1983)** père de l'aromathérapie « huile essentielles est la partie atomique de la plante et le concentré de ses propriétés »
- Le terme « huile » provient du fait que les volatiles contenu dans le végétale sont visqueux et hydrophobe, elles ont des propriétés de solubiliser dans les huiles végétales et minérales, et les graisses, les alcools et l'éther. La dénomination « essentielle » reflète le caractère principal des plantes qui dégagent des odeurs agréables (**Bouamer et al ; 2004**).
- Selon la 8^{eme} éditions de la pharmacopée française (1965) les huiles essentielles (essence=huiles volatiles) sont des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation (**Broneton, 1999**).

Tableau 2. Composés phytochimiques et différentes parties d'E. globulus.

Parties de plantes	Principaux constituants	Références
Feuilles	γ -terpinène (94,48%) et 1,8-cinéole (3,20%)	(Djenane et al ,2011)
Feuilles	1,8-cinéole (85,8 %), α -pinène (7,2 %) et β -myrcène (1,5 %).	(Damjanovi'c-Vratnica et al ,2011)
Parties aériennes	1,8-cineole (79.85%), Limonene (6.72%), p-cymene (5.14%), and γ -terpinene (3.93%)	(Ait-ouazzou, et Conchello ,2011)
Feuilles	1,8-cinéole (95,61%) et alpha-pinène (1,5%)	(Noumi et al ,2011)
Feuilles	Terpinène-4-ol (23,46 %), γ -terpinène (17,01 %), pathuléol (8,94 %), p-ymène (8,10 %) et p-cymen-7-ol (6,39 %), globulol (2,52 %) et α -phellandrène (2,20 %).	(Akolade et al ,2012)
Feuilles	1,8-cinéole (33,6 %), α -pinène (14,2 %) et d-limonène (10,1 %).	(Kumar et al ,2012)
Feuilles	1,8-cinéole (22,35%), limonène (7,01%), solanol (6,05%), β -pinène (5,20%), trans-verbenol (4,02 %), et terpinène-4-ol (3,10 %).	(Derwich et al ,2013)
Feuilles	1,8-cinéole (71,05 -pinène (8,3%) et α 0%)	(Goldbeck et al , 2014)
Feuilles	1,8 cinéole (51,08 %), α -pinène (24,60 %), L-pinocarveol (9,98 %) et globulol (2,81).	(Boukhatem et al ,2014)
Feuilles	1,8-cinéole (55,29 %), spathuléol (7,44 %) et α -terpinéol (5,46 %).	(Harkat-Madouri et al ,2015)

Feuilles	1,8-cinéole (62,38%), α -pinène (23,79%), acétate d' α -terpinyle (5,41%), globulol (1,68%), et β -pinène (1,1 %).	(Bachheti et al ,2015)
Feuilles	1,8-cinéole (63,00%), α -pinène (16,10%) et camphre (3,42%).	(Mekonnen et al, 2016)
Feuilles	p-Cymène (18,18%), méthyl eugénol (8,83%), 4-Terpinenol (8,45%), s-méthyl 3-méthylbutanethioate (7,26%), g-terpinène (5,12%), et 1,8-cinéole (3,16%).	(Hafsa et al ,2016)
Feuilles	1,8-cinéole (75,8 %), p-cymène (7,5 %), α -pinène (7,4 %) et limonène (6,4 %).	(Quatrin et al ,2017)
Feuilles	1,8-cinéole (46,76 %), D-limonène (9,61 %) et o-cymène (6,49 %).	(Elzayyat et al ,2018)
Feuilles	Composés phénoliques (quercétine, lutéoline, kaempférol, iso-rhamnetine, phlorétine, acide chlorogénique)	(González-Burgos et al 2018)
Feuilles	1,8-cinéole, acides phénoliques (acide gallique, acide ellagique, acide vanillique, acide p-hydroxybenzoïque, p-coumarique et quercétine), des composés phénoliques (catéchine, rutine et lutéoline).	(Nile et al ,2018)
Feuilles	Eucalyptol (59,63 %), p-cymène (15,55 %) et DL-limonène (14,90 %).	(Bogavac et al 2019)
Feuilles	1,8-cinéole (80,2%), p-cymène (6,6%), et limonène (5%)	(Göger et al ,2020)
Feuilles	1,8-cinéol (56,83%), L-pinocarveol (10,42%), α -pinène (9,47%), globulol (7,68%), et carvacrol (1,59 %).	(Obeizi et al , 2020)
Feuilles	Eucalyptol (51,62%), α -pinène (23,62%), p-cymène (10%), β -myrcène (8,74%), terpinen-4-ol (2,74 %), et γ -terpinène (2,59 %).	(Almas et al ,2021)
Feuilles	1,8-cinéol (67,4 et 67,6%) et α -pinène (12,8 et 13,1%).	(Pino et al , 2021)

L'activité anthelminthique de l'huile essentielle des feuilles extraites a été prévi (**Taur et al ,2010**) .

Ce phénomène a été attribué à la présence de précieux phytoconstituants dans l'huile, comme le bornéol, linalol, cinéol, acétate de géranyle, anéthol et safran. De plus, les analyses phytochimiques et d'empreintes digitales de l'huile essentielle de feuilles ont montré une teneur plus élevée en flavonoïdes, par rapport aux phénols, tandis que la spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier a prouvé l'existence de composés polyphénoliques, tels que la rutine, le polyphénoliques, tels que la rutine, l'acide tannique, l'acide vanillique et l'acide ascorbique, qui sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire. En outre, l'analyse par chromatographie en phase gazeuse a caractérisé les principaux constituants de l'huile essentielle comme étant le 1,8 cinéole (29%), l' α -pinène (16,9%) et le β -pinène. (16%) (**Sharma et al ,2021**) .

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse de l'extrait aqueux éthanolique des feuilles d'Eucalyptus a identifié la présence de 21 composés. Les principaux composés caractérisés étaient le β -eudesmol (12,84 %), le γ eudesmol (3,36 %), le globulol (2,87 %) et l'alloaromadendrène (3,80 %). madendrène (3,80 %) ; en revanche, la présence d' α -sélinène et d' α -gurgujène a

été observée à de faibles concentrations(**Gullón et al ,2017**) .

En outre, la détection du gâïacol, du syringol, de l'ocymène, catéchol et de phénol pourrait être associée à la présence de petits fragments de lignine et de produits monomères dérivés de la lignine dans les extraits de feuilles (**Gullón et al, 2017**) . Les principaux acides triterpéniques identifiés dans les extraits de feuilles d'*E. globulus* étaient les acides bétulinique, bétulonique, oléanolique, ursolique 9*3-acétylologique, et 3-acétylursolique, qui ont été considérés comme des composés pharmaceutiques précieux (**Rodrigues et al,2018**) .

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (CG-SM) de extrait méthanolique a identifié l'existence de neuf composés, 9,10-secocholesta-5,7,10(19)- triène 1, 3-diol, 25 [(triméthylsily) oxy] (3 β , 5Z,7E)-, 1-Heptatriacotanol, Morphinan-4,5 époxy3,6diol, 6 [7nitrobenzofurazan-4-yl] amino, acide 10-heptadécène-8-ynoïque, ester méthylique, [E]-, Iso-allocholate d'éthyle, 2- Myristynoyl pantetheine, Cholesta-8,24-dien-3-ol,4-méthyl-, [3 β , 4 α]-, acide cyclopropanedodécanoïque, 2-octyl-, ester méthylique, acide 9,12,15-Octadécatriénoïque et l'ester 2-phényl-1,3-dioxan-5-yl (**Ajilore et al, 2021**) .

Il est intéressant de noter que l'hydrosol, obtenu comme sous-produit de l'hydrodistillation des feuilles, présente une activité insecticide efficace contre les insectes. la cochenille, ce qui l'a désigné comme un composé insecticide biodégradable potentiel, au lieu d'un pesticide synthétique (**Sharma et Kaur ,2021**).

II.2. Métabolites secondaires isolés du genre *Eucalyptus*

Selon **Krief, 2003** les métabolites secondaires sont des composés chimiques qui jouent un rôle primordial dans les relations entre les plantes et leur environnement.

Ces différentes relations ont conduit à une extrême diversification des composés secondaires. Dans le cas du genre *Eucalyptus*, les plus importants rôles des métabolites secondaires pour cette plante: l'adaptation aux conditions climatiques difficiles, la protection contre les agents pathogènes, les insectes et les herbivores, etc. (**Singh et Sidana, 2014; Almas et al, 2021**).

Le genre *Eucalyptus* est une source importante de métabolites secondaires dont le nombre de composés volatils dépasse de loin celui des non volatils. Il est très riche en composés terpéniques et polyphénoliques biologiquement actifs (**Brezániet et Šmejkal, 2013**).

Certaines études ont montré que les espèces d'*eucalyptus* présentent de grandes différences dans leur composition chimique (**Chahomchuen et al, 2020; Limam et al, 2020**).

Les métabolites secondaires se trouvent dans les différentes parties de la plante, dans les feuilles, les fleurs, les racines et les tiges. Ils sont largement utilisés dans la médecine traditionnelle, l'aromatisation alimentaire, la parfumerie, les produits cosmétiques et les produits pharmaceutiques. Ils présentent également une grande activité biologique, notamment en tant qu'antioxydant, antibactérien et antifongique.

Les méabolutes secondaires extraits de différentes espèces d'eucalyptus ont été décrits en détail par deux équipes de chercheurs, **Brezáni et Šmejkal, 2013** et **Salehi et al, 2019**, à savoir: Monoterpènes, Sesquiterpènes, Glucosides d'acide oleuropéique, Polycétones cycliques, Acylphloroglucinols, Glycosides de phloroglucinol, Acylphloroglucinols dimères, Robusta dials, Euglobales, Macrocarpales, Eucalyptone G and rhodomyrtone, Flavonoïdes, Catéchines, Tanins hydrolysables, β -dicétones, Triterpènes, Composés stéroïdiens et Glycosides cyanogéniques.

l'espèce *Eucalyptus globulus* est la principale source d'huile d'eucalyptus dans le monde

(**Mulyaningsih et al, 2011; Vecchio et al, 2016**).

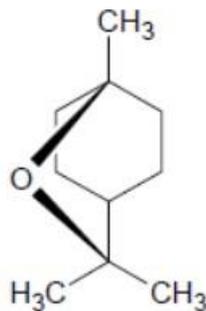
Ci-dessous, nous présentons un petit nombre d'exemples de composés extraits à partir de cette espèce

II. 1 .Monoterpènes

L'eucalyptol est le monoterpène le plus connu, composé naturel organique incolore, également connu sous le nom cinéole ou 1,8-cinéole. Il est present dans presque toutes les huiles essentielles extraites d'espèces d'eucalyptus plantées à différents endroits à travers le monde.

Le composé 1,8- cinéole (ou eucalyptol) est en général le composé majoritaire et le marqueur génétique de l'espèce d'*E. globulus*. L'utilisation pharmaceutique des huiles essentielles de cette plante exige une teneur approximative de 70% en 1,8 - cinéole(**Freire et al, 2005**).

D'après **Almas et al, 2021**, de nombreuses études ont montré que le pourcentage de ce composé dans certaines espèces d'eucalyptus est inférieur à 50%, tandis que dans d'autres, il est supérieur à 80%.



Eucalyptol (1,8-cinéol)

Le 1,8-cinéole est un liquide incolore à jaune pale, possède une odeur aromatique caractéristique camphrée ainsi qu'un gout piquant et épicé.(**Laguerre, 2015**)

• Formule brute : $C_{10}H_{18}O$

- Nom IUPAC est le suivant : 1, 3,3-triméthyl-2-oxa-bicyclo [2, 2,2] octane.
- Diamètre moléculaire : 0,660 nm.
- Masse moléculaire : 154,24 g/mol.
- Densité : 0,925 g/cm³ à 20°C
- Solubilité : insoluble dans l'eau (3,25 g/L à 21°C) mais soluble dans l'éther, l'éthanol, le chloroforme, le sulfure de carbone et l'acide acétique pur.
- Point d'ébullition : 174-177°C
- Point d'inflammation : 49°C
- Point de fusion : 1,5°C
- Point de congélation : 0-1°C
- Point de liquéfaction : -1°C

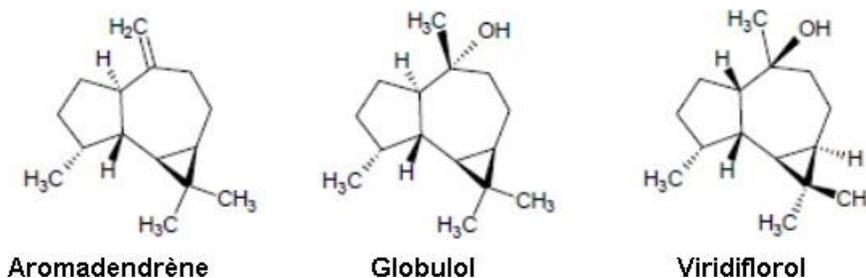
l'espèce *Eucalyptus globulus* reste la principale source de cinéole dans le monde (**Brophy et Southwell, 2002**).

Bien que l'eucalyptol soit l'un des principaux composants de l'huile d'eucalyptus, l'effet antimicrobien de l'extrait total est également généré par un composant secondaire. Cela peut expliquer l'effet antimicrobien plus fort de l'huile d'eucalyptus par rapport à celui de l'eucalyptol seul, ce qui a été confirmé dans des études biologiques (**Hac-Wydro et Szydło, 2016**).

Par conséquent, l'eucalyptol peut être également utilisé dans la composition d'un complément alimentaire reconnu par son utilisation pour traiter l'inflammation des voies respiratoires, des bronches et de la gorge, mais aussi pour aider à soulager la fièvre et les symptômes de l'asthme (**Site web N°3**).

II. 2 . Sesquiterpènes

Ils sont composés de l'aromadendrène, le globulol et le viridiflorol, qui sont parmi les principaux composants de l'huile d'*eucalyptus globulus* et qui se caractérise également par une activité biologique.



A titre d'exemple, la **Figure 08** illustre la courbe time-kill de l'aromadendrène et du 1,8-cinéole seuls et en combinaison contre *Streptococcus pyogenes*, bactérie responsable d'infections potentiellement graves chez l'Homme

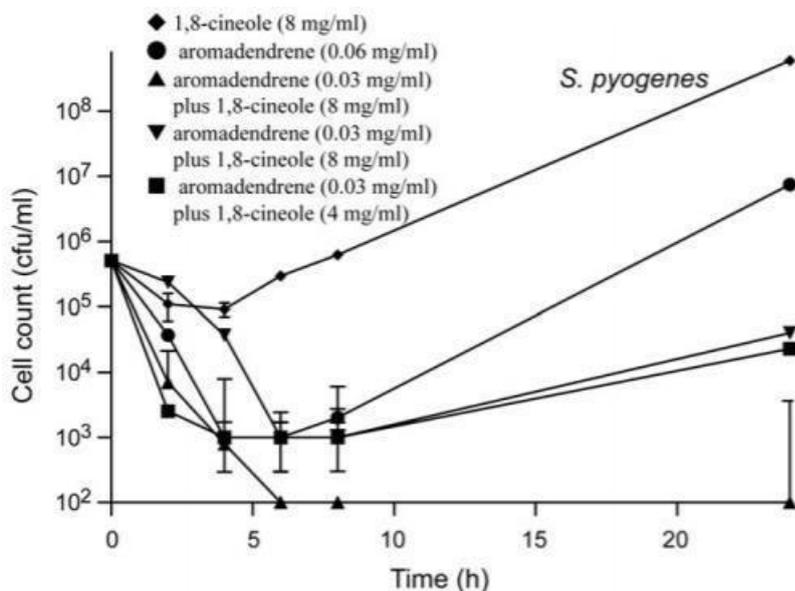
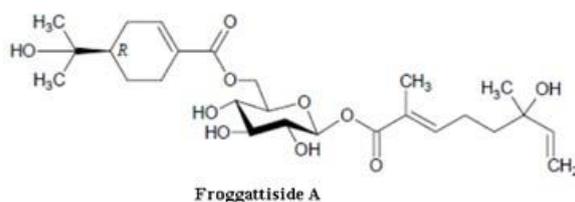


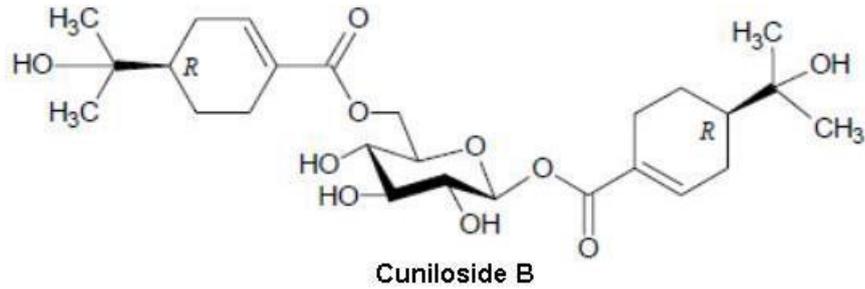
Figure 08: Courbe Time-kill de l'aromadendrène et du 1,8-cinéole seuls et en combinaison contre *Streptococcus pyogenes* (Mulyaningsih et al, 2010).

II. 3. Glucosides d'acide oleuropéique

Le rôle de ces composés non volatils dans les cavités sécrétoires d'*Eucalyptus* n'est pas clair. Il a été suggéré qu'ils pourraient être impliqués dans la biosynthèse des monoterpènes (Brezáni et Šmejkal, 2013).

L'exemple suivant est celui de deux molécules de froggattisides A et B, isolées à partir d'*Eucalyptus globulus*.



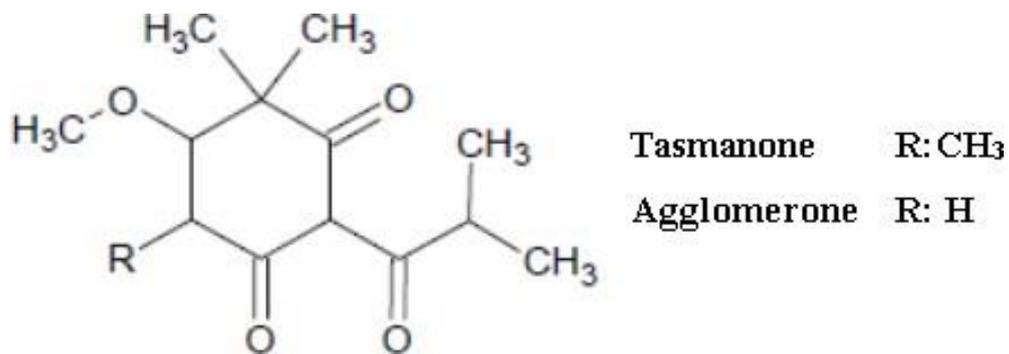


Les autres molécules obtenues à partir de cette espèce sont: Cunilosides, globulines, cypellocarpines et eucalmaidines (**Brezáni et Šmejkal, 2013**).

II. 4 .Polycétones cycliques

Les polycétones cycliques diffèrent par la chaîne latérale, le nombre de groupes méthyle nucléaires et le niveau d'oxygénation: Tasmanone, Agglomerone, Leptospermone, Isoleptospermone et flavesone.

La première polycétone cyclique isolée d'eucalyptus était la Tasmanone en 1914, elle peut constituer jusqu'à 40% de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camfieldii* (**Brezáni et Šmejkal, 2013**).



II. 5 .Acylphloroglucinols

sont des composés phénoliques biosynthétisés par acylation intramoléculaire de type Claisen entre les atomes C-1 et C-6 de l'acétogénine correspondante (**Brezáni et Šmejkal, 2013**).

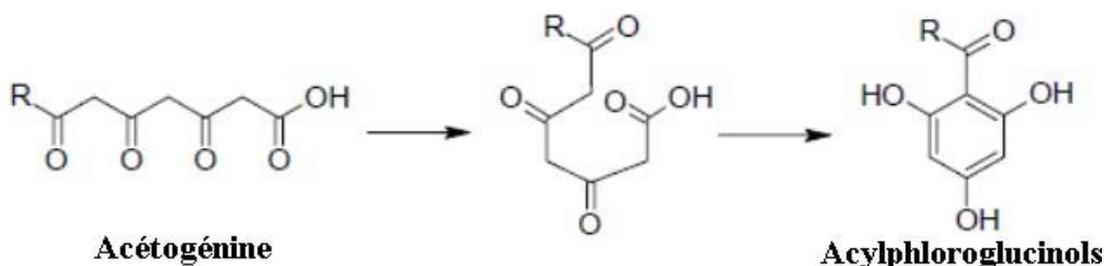
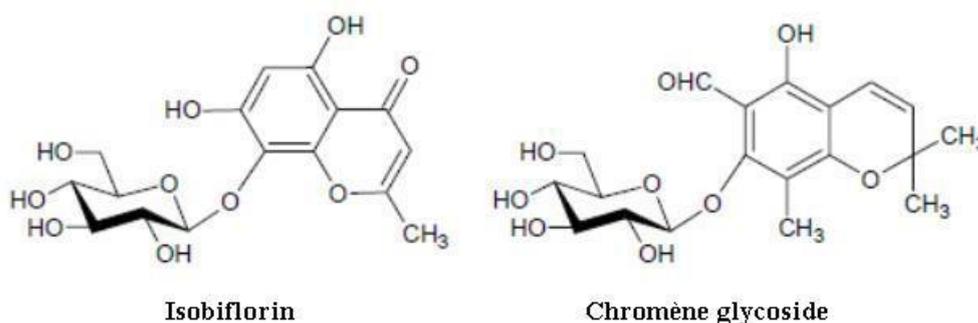


Figure 09: Schéma de la biosynthèse des Acylphloroglucinol

D'autres composés ont été isolés à partir des différentes espèces d'Eucalyptus, à savoir: Jensenone, torquatone, loxophlébène, robustaol B, conglomerone, pulverulentone A, pulverulentone B, baeckeol, isobaeckeol, homoisobaeckeol, 2,6 -diméthoxyp-benzoquinone, acétate de 3,4,5-triméthoxyphénol et acétate de 2,4,6-triméthoxyphénol (Brezáni et Šmejkal, 2013).

III. 6 . Glycosides de phloroglucinol

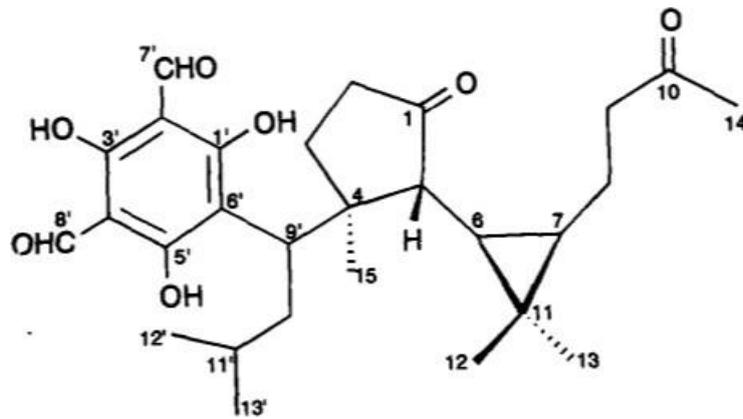
L'isobiflorine et le chromène glycoside ont été isolés à partir d'extraits d'acétone des feuilles séchées d'*Eucalyptus globulus* (Brezáni et Šmejkal, 2013).



II. 7. Macropales et Euglobales

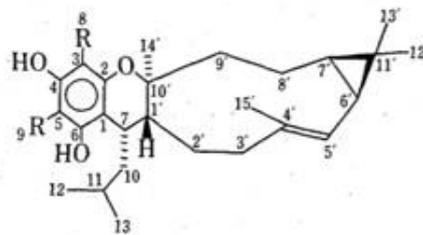
Les plantes du genre *Eucalyptus* contiennent de nombreux types de dérivés de phloroglucinol, tels que les macropales et les euglobales, et certains de ces composés possèdent des activités biologiques intéressantes (OSAWA et al, 1995).

L'eucalyptone, également connue sous le nom de macropal AM1, appartient à la classe des composés organiques appelés sesquiterpénoïdes. Il a été isolé des feuilles d'*Eucalyptus globulus* et se caractérise par son efficacité contre les bactéries cariogènes.



Eucalyptone

L'Euglobal-III est le premier composé euglobale isolé à partir des bourgeons et des feuilles d'*Eucalyptus globulus* LABILL (Kozuka et al, 1982).



1 : R=CHO, 8 : R=CH=NOH

Euglobal-III

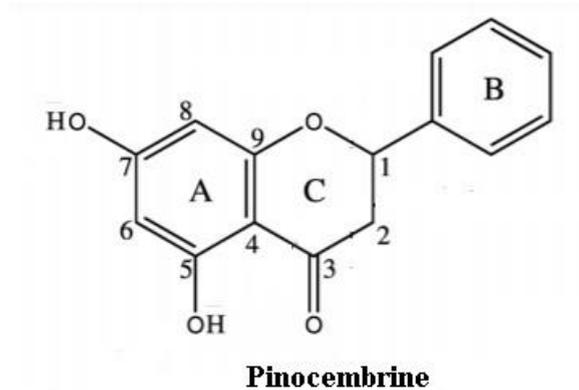
II. 8 . Flavonoïdes

Un vaste éventail de flavonoïdes a été reporté chez les espèces d'eucalyptus. Ces flavonoïdes comprennent les flavonols, les flavanones et les 3-hydroxyflavanones ainsi que les proanthocyanidines (ABD-ALLA et al, 1980).

Les flavonoïdes peuvent se présenter sous deux formes: sous forme de glycosides ou d'aglycones libres. Ils présentent un spectre d'activités biologiques remarquable.

Brezáni et Šmejkal, 2013 ont cité les différents flavonoïdes isolés à partir des différentes espèces d'eucalyptus. Ces flavonoïdes sont les suivants: Pinocembrine, chrysin, Rutine, quercétine-3-O-D-glucopyranoside, syringétine, quercétine-3-O-β-arabinoside, quercétine-3-O-α-rhamnoside, quercétine-3-O-2-(β-xylosyl)-α-rhamnoside, quercétine-3-O-β-galactoside-6''-O-gallate, 3,4'-diméthoxy-6,8-diméthylkaempférol, 3-méthoxy-6,8-diméthylkaempférol, eucalyptine, 8-desméthyleucalyptine, kaempférol, myricétine, lutéoline et tricétine.

La pinocembrine est très prometteuse en tant que produit pharmaceutique et est principalement d'origine végétale, de sorte que l'eucalyptus pourrait être une source commerciale potentielle de ces composés (Goodger *et al*, 2016).



II. 9. Catéchines

Les catéchines sont des molécules qui appartiennent au groupe des flavan-3-ols. Ils sont dérivés des flavanones par plusieurs étapes de biosynthèse

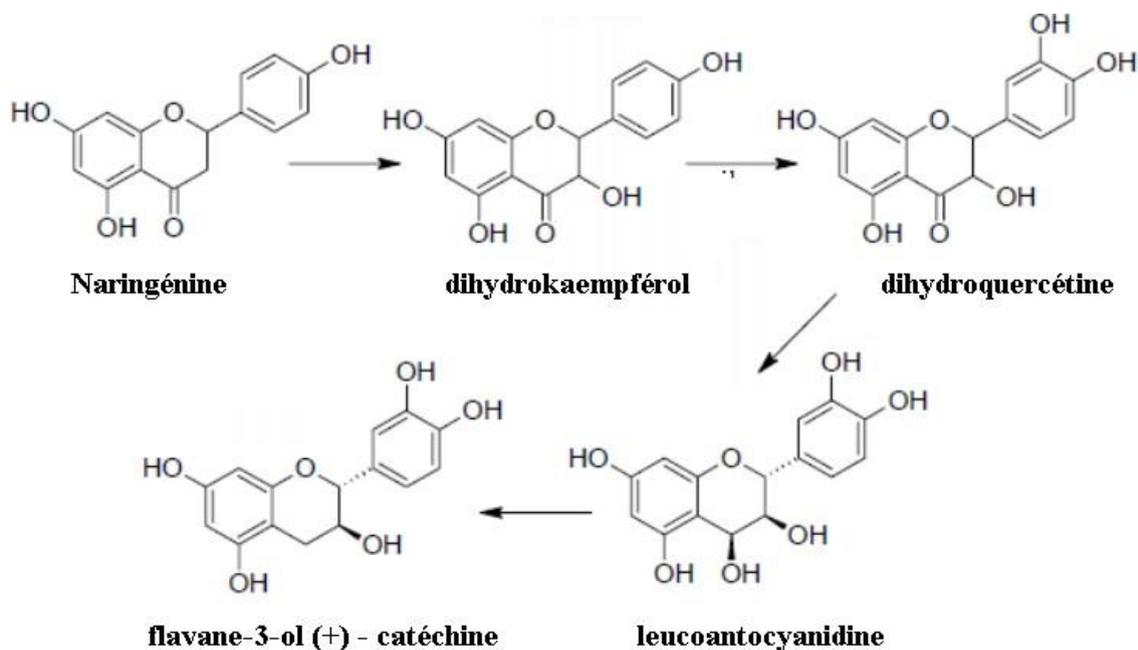


Figure 10: Biosynthèse des catéchines (Brezáni et Šmejkal, 2013)

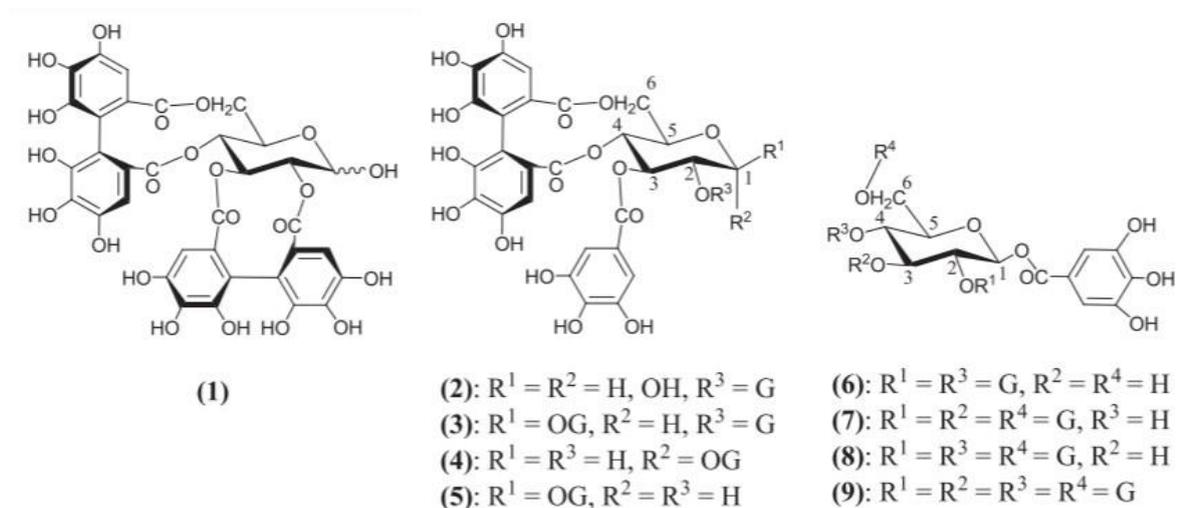
Selon la même référence, par exemple, 9 molécules ont été isolées à partir de l'espèce *Eucalyptus ovata* à savoir: Catéchine, gallocatéchine, catéchine-3-O-gallate, épicatechine- (4β-

8) -catéchine, catéchine- (4 β -8) -catéchine, gallocatéchine- (4 β -8) -catéchine, gallocatéchine- (4 β -8) - gallocatéchine, gallocatéchine- (4 β -6) -catéchine et gallocatéchine- (4 β -8) - gallocatéchine- (4 β -8) –catéchine.

II. 10. Tanins hydrolysables

L'acide gallique, l'acide ellagique et leurs dérivés sont des tanins hydrolysables, caractérisés par leur faculté d'être hydrolysés, qui ont été détectés dans des extraits méthanoliques d'écorce d'*Eucalyptus globulus* (Brezáni et Šmejkal, 2013).

Les scientifiques japonais Sugimoto et al, (2009) ont isolé et identifié neuf tanins hydrolysables (cinq ellagitanins et quatre gallotanins) à partir de l'extrait aqueux éthanolique de feuilles d'*Eucalyptus globulus*. Ces molécules présentent une activité antioxydante plus puissante que l'acide ascorbique.

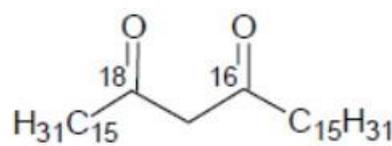
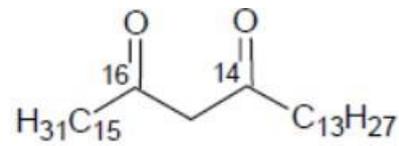
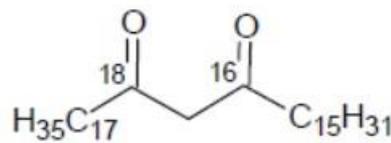


(1) Pédonculagine; (2) tellimagrandine I; (3) tellimagrandine II ; (4) hétérophylliine A ; (5) 1,3-di-O-galloyl-4,6-hexahydroxydiphénoyl (HHDP) - β -D-glucose ; (6) 1,2,4-tri-O-galloyl- β -D-glucose ; (7) 1,2,3,6-tétra-O-galloyl- β -D-glucose ; (8) 1,2,4,6-tétra-O-galloyl- β -D-glucose ; (9) 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glucose.

II. 11.β-dicétones

Les principaux composants de la plupart des cires de feuilles des espèces *d'Eucalyptus* étudiées sont :les β-dicétones à longue chaîne, $[H_3C-(CH_2)_{n1}-CO-CH_2CO-(CH_2)_{n2}-CH_3]$ (**LI et al , 1997**).

Selon la même référence la molécule n-tritriacontane-16,18-dione est l'homologue majeur de toutes les espèces, tandis que les deux molécules n-hentriacontane-14,16-dione et n-pentatriacontane-dione sont les homologues mineurs.

**n-tritriacontane-16,18-dione****n-hentriacontane-14,16-dione****n-pentatriacontane-dione****II. 12 .Triterpènes**

L'écorce d'eucalyptus contient de grandes quantités de triterpénoïdes caractérisés par une bioactivité remarquable, à savoir les acides triterpéniques, à savoir les acides triterpéniques et leurs dérivés acétyliques (acides ursolique, bétulinique, oléanolique, bétulonique, 3-acétylursolique et 3-acétyloléanolique) (**Domingues et al, 2012**).

La **figure 15** montre les principaux triterpénoïdes trouvés dans plusieurs espèces *d'eucalyptus* ont des structures de lupane, oléanane et ursane.

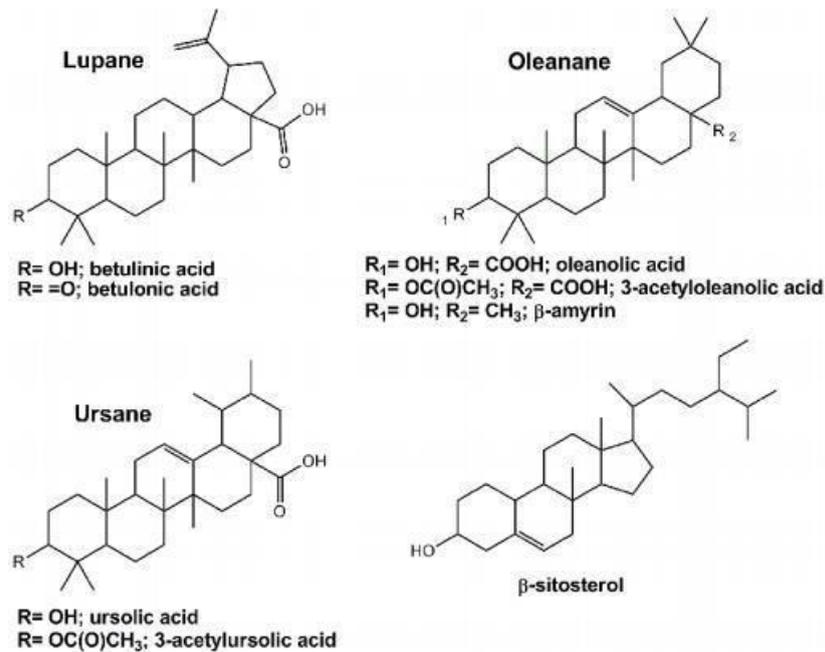


Figure 11: Principaux triterpénoïdes (lupane, oléanane et ursane) identifiés dans l'écorce d'*Eucalyptus globulus* (Domingues et al, 2012).

L'équipe de recherche **Gominho et al, 2020** de l'université de Lisboa-Portugal ont étudié trois *Eucalyptus globulus* matures âgés de 40 ans, à trois niveaux de hauteur (0%, 35% et 60% de la hauteur totale de l'arbre) et à trois régions radiales (aubier, bois de coeur intérieur et extérieur).

Cette étude a montré que les acides gras constituent la principale famille chimique et qu'ils représentent 40,8% du total des composés isolés, suivis des phytostérols (19,0%), des aromatiques (10,5%) et des triterpènes. (10,4%).

- **Triterpéniques au squelette du lupane**

Acide bétulonique, acide bétulinique, Acide 3-acétylbétulinique, et ester méthylique de l'acide bétulinique.

- **Triterpéniques au squelette de l'oléanane.**

Acide oléanolique, acide 3-acétyloléanolique, érythrodiol, β -amyrine et ester méthylique d'acide cis-pméthoxy-cinnamoyloxyoléanolique.

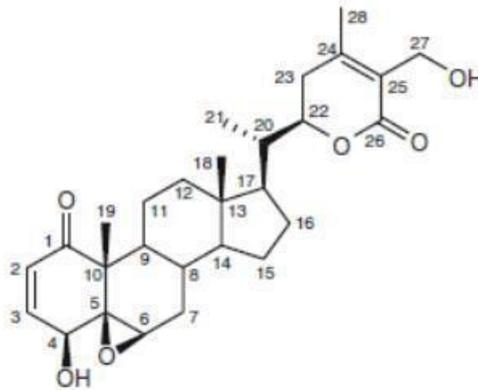
- **Triterpéniques au squelette de l'ursane**

Acide ursolique, acide 3-acétylursolique, ester méthylique d'acide ursolique, uvaol, ester méthylique d'acide cis-pméthoxy-cinnamoyloxyoléanolique et ester méthylique d'acide trans-p-méthoxy-innamoyloxyoléanolique.

II. 13. Composés stéroïdiens

Les withanolides, groupe de lactones stéroïdiennes naturelles avec un squelette de type ergostane C-28, possèdent de nombreuses activités biologiques telles que des propriétés anti-inflammatoires, antitumorales, cytotoxiques, immunomodulatrices et chimiopréventives du cancer ainsi que des propriétés antibactériennes et antifongiques. (Misico et al, 2011).

La withaférine Aa été considérée pendant de nombreuses années comme le modèle de base des withanolides (Misico et al, 2011).

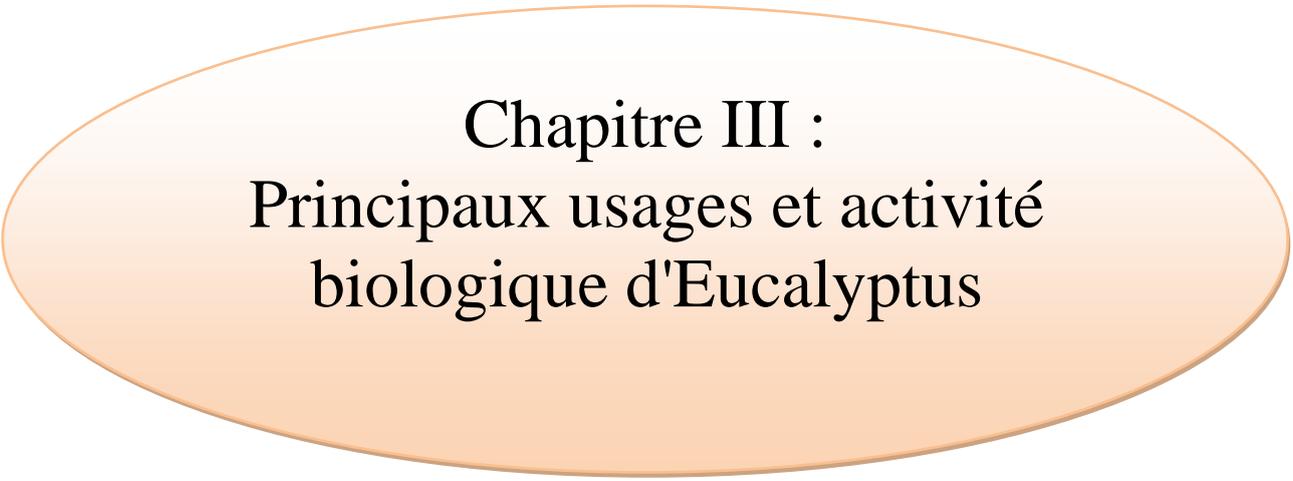


Withaférine A

II. 14. Glycosides cyanogènes

De nombreuses espèces d'eucalyptus contiennent des composés cyanogènes capables de produire du cyanure toxique. A titre d'exemple, la mort du bétail en mangeant les feuilles d'*Eucalyptus cladocalyx* (Brezáni et Šmejkal, 2013).

Parmi ces molécules, la (R)-prunasine qui a été identifiée dans 12 des 18 espèces d'Eucalyptus cyanogène



**Chapitre III :
Principaux usages et activité
biologique d'Eucalyptus**

III. Principaux usages et activité biologique d'Eucalyptus

III. 1.1.Principaux usages des eucalyptus

III .1.1.1.Production du bois

Les forêts plantées (arbres natives et introduites) sont extrêmement importantes dans le contexte socio-économique et environnemental de nombreux pays, notamment des régions à climat tropical (**Abreu-Junior et al, 2017**).

A titre d'exemple, en Union Européenne (UE) sont par conséquent la base d'un secteur avec 16 millions de propriétaires forestiers et de nombreuses entreprises qui soutiennent l'économie rurale avec plus de trois millions d'emplois directs(**Carnus et al, 2012**)

Les arbres, arbustes (taille entre 4 et 7 mètres) et arbrisseaux (taille de moins de 4 mètres) sont une source importante de bois qui est un ensemble de tissus secondaires résistants (support, conduction et stockage) qui constituent les troncs, les branches et les racines de ces plantes.

D'après **Hinchee et al, 2009**, la biomasse ligneuse représente une ressource renouvelable aux multiples applications industrielles. Elle est utilisée comme matière première pour l'industrie des pâtes et papiers, mais peut également être plantés spécifiquement pour répondre aux besoins en matières premières de l'industrie de l'énergie ou des biocarburants (figure)

Le bois utilisé dans l'industrie est principalement composé de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Il se caractérise par sa couleur, sa dureté, son pouvoir calorifique, sa résistance aux champignons, sa résistance aux termites, etc.

L'eucalyptus est le genre dont le bois a des propriétés supérieures. Il est surtout planté dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées, offrant une production élevée de biomasse sur des rotations à court terme, même sur des sols altérés et pauvres en éléments nutritifs (**Labate et al, 2009; Epron et al, 2013**)

Turnbull et Booth, (2002), ont confirmé que l'utilisation du bois d'Eucalyptus a commencé pour la première fois en Australie, à la fin du XVIIIe siècle. Ils l'ont utilisé principalement dans la construction des bâtiments agricoles, les clôtures et le bois de chauffage.

Parmi les autres usages de ce bois, il est utilisé pour la construction (en particulier de ponts et de quais), les revêtements de sol, la construction navale, les traverses de chemin de fer, le bois de mine, le mobilier et les caisses d'emballage. Il a également été utilisé pour les placages, le contreplaqué, le tournage, les panneaux durs, les panneaux de fibres et les panneaux de particules (Site web N° 4).

Dans certains pays comme le Brésil et l'Afrique du Sud, les eucalyptus ont été plantés le long des voies ferrées pour alimenter les chaudières des locomotives à vapeur

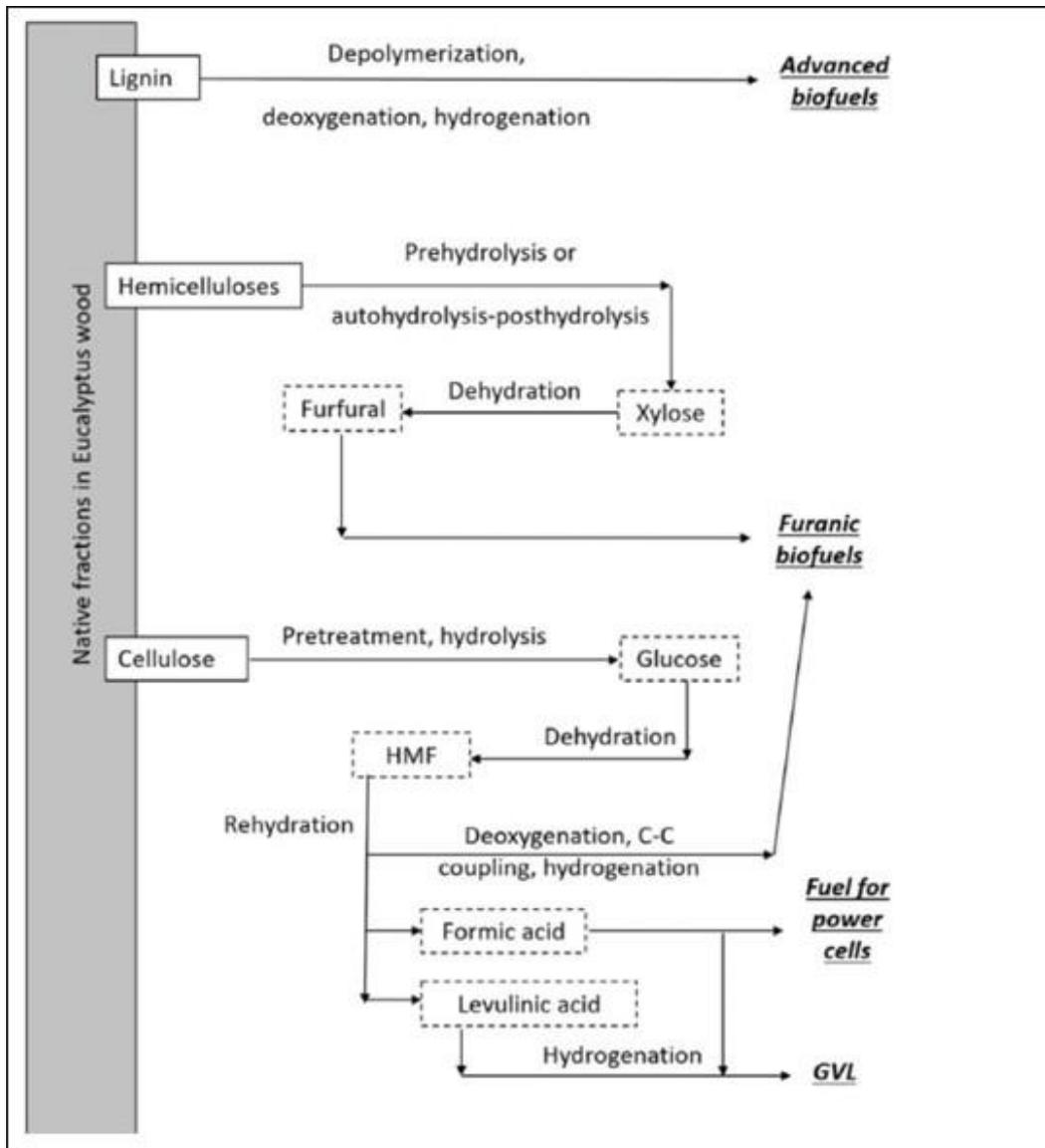


Figure12 :Fabrication de biocarburants à partir de bois d'Eucalyptus par voie chimique (Penin et al, 2020).

Le charbon de bois est utilisé pour la production de fonte brute et d'acier de haute qualité et pour la production d'alliages de fer, en particulier au Brésil et en Australie (Rockwood et al, 2008; Protasio et al, 2021).

Le Brésil, par exemple, produit environ 10 millions de tonnes de fonte brute en utilisant du charbon de bois, 60% sont exportés, générant un revenu de 2,0 milliards de dollars US par an (site web n° 5).

Au Madagascar, la plantation des espèces d'eucalyptus est d'un intérêt primordial pour le développement des communautés rurales qui les utilisent en tant que bois de chauffe, de

construction et de charbon, principalement pour alimenter les chaudières des locomotives

(Verhaegen et al, 2011).

Au Maroc, l'utilisation industrielle du bois d'Eucalyptus a commencé dans les années 1950. Ils ont mis en place une usine de pâte cellulosique située à 6 km de Sidi-Yahia-du-Rharb, à proximité immédiate des principaux boisements (figure).En 1963, la consommation en bois est de 75 000 à 80 000 tonnes par an, correspondant à une production de 16 000 tonnes de pâte, soit 45 tonnes par jour (Unasylyva, 1963).



Figure13 : Usine de pâte cellulosique de Sidi-Yahia-du-Rharb (Unasylyva, 1963)

Actuellement, les plantations d'Eucalyptus au Maroc occupent une superficie très importante et jouent un rôle socio-économique important. En plus de la production de pâte à papier elles fournissent du bois de chauffage et des grumes (Marien et Idrissi, 2011; Amer et al, 2019). En Afrique du Sud, la superficie totale consacrée à l'Eucalyptus est estimée à un peu plus de 380 000 hectares, soit 29 % de la superficie totale boisée. Environ 85 % du volume total de bois produit chaque année est consommé par les industries de la pâte et des mines, dont environ 50 % est consommé par l'industrie des pâtes et papiers. Les 15%restants sont principalement utilisés pour la production de bois de sciage et de poteaux (MALAN, 1995) Au Royaume-Uni, les eucalyptus sont particulièrement adaptés à une telle production de biomasse car ils présentent une densité de bois relativement élevée, des caractéristiques chimiques appropriées, une faible teneur en humidité et peuvent être facilement récoltés toute l'année à l'aide de machines conventionnelles (Leslie et al, 2012).

En Algérie, les forêts sont constituées de pin d'Alep (880 000 ha), de chêne liège (230 000 ha), de chênezéen (48 000 ha), de cèdre (éparpillés sur 16 000 ha), de pin maritime (32 000 ha) et d'eucalyptus (43 000 ha) (FAO, 2000).

Selon la même référence, le bois du pin d'Alep, de loin le plus répandu, est de qualité moyenne. Ses principaux débouchés sont la menuiserie, la charpente et le coffrage. Les bois d'eucalyptus, qui est exploité généralement à courte rotation (10 ans), est destiné à la trituration. Le bois de chêne zéen, vu son importante densité et sa dureté, est essentiellement utilisé pour la confection de traverses de chemin de fer. Le bois de pin maritime, de meilleure qualité est surtout utilisé en menuiserie, le bois de cèdre est quant à lui utilisé en ébénisterie

III. 1.1.2 Production de miel

A travers le monde le miel d'eucalyptus est produit surtout en Australie puis à moindre échelle dans de nombreux pays. Ses arômes pénétrants sont très faciles à identifier, sa saveur est très caractéristique, avec des notes boisées, une certaine âcreté et un arrière-goût légèrement amer.

Le Maroc pays nord-africain et méditerranéen, est classé deuxième mondialement au point de vue de biodiversité des plantes avec une flore dépassant les 7000 espèces végétales contenant 940 genres et 135 familles réparties entre les montagnes de l'Atlas et les plaines du Gharb et du Sahara Marocain (Benabid, 2000).

Le Maroc par ailleurs regorge d'extraordinaires savoir-faire traditionnels dans la production de miel naturel à base de plantes aromatiques médicinales (Moujanni et al, 2017)

Le tableau ci-dessous représente globalement les sources d'apiculture en fonction des régions, le miel d'eucalyptus constitue la plus grosse production mellifère marocaine en terme de quantités, il sera notamment exporté aux pays étrangers dont l'Europe et surtout la France.

Tableau 3 : Principales plantes mellifères du Maroc et leur zones de productions (Kherrati B et al, 2011)

ESPECE VEGETALE	PRINCIPIALES ZONES DE PRODUCTION										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EUCALYPTUS	■	■	■								
FLEURS SPONTANÉES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AGRUME			■								
AVOCATIERS					■					■	
CHARDON	■	■							■	■	
AMANDIER							■	■			
ACACIA	■	■	■						■	■	
LAVANDE		■									
EUPHORBE RESINIFERA		■									
EUPHORBE O ^a . & RJ. ^b				■							
THYM		■							■	■	
ROMARIN									■	■	
CACTUS		■									
ARBOUSIER									■	■	
CAROUBIER		■									
JUJUBIER									■	■	

- Code des principales zones de production du miel au Maroc
1. Gharb
 2. Tadla_Azilal
 3. Doukkala_Abda
 4. Souss
 5. Tafilalet
 6. Haouz
 7. Ouarzazate
 8. Oriental
 9. Rif
 10. Rabat_Khémisset
 11. Chefchaoune

^a : Euphorbia officinarum subsp.echinus
^b : Euphorbia regis-jubae

III. 1. 3. Production des huiles

L'huile d'eucalyptus est l'une des huiles essentielles les plus utilisées, produite dans de nombreuses régions du monde et à des échelles très différentes. Elle a une grande importance économique et pour de nombreux pays, c'est une source précieuse de devises étrangères **(Coppen, 2002)**

Les huiles d'eucalyptus sont des liquides clairs avec des arômes caractéristiques de l'espèce à partir de laquelle elles sont obtenues. Elles sont incolores lorsqu'elles sont raffinées mais généralement légèrement jaunes lorsqu'elles sont distillées pour la première fois à partir des feuilles **(Coppen, 2002)**.

Une douzaine d'espèces d'eucalyptus sont utilisées dans la production des huiles, dont six représentent la plus grande partie de la production mondiale: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus exserta*, *Eucalyptus polybractea*, *Eucalyptus smithii*, *Eucalyptus citriodora* et *Eucalyptus dives* **(Coppen, 2002)**.

La distillation commerciale des huiles d'eucalyptus a été débutée en Australie en 1852, dans le Gippsland, juste à l'Est de Melbourne, et en Tasmanie. L'huile était utilisée comme désinfectant et solvant, ainsi que pour sa valeur médicinale **(Davis, 2002; Daroui-Mokaddem, 2012)**.

Après cette période, une enquête scientifique a commencé sur les principales sources de ces huiles et leur composition chimique. Ils ont constaté que leur valeur commerciale dépend de la quantité d'huile qui doit représenter au moins 1 pour cent du poids frais de la feuille et la composition chimique doit présenter un intérêt pour le marché.

En effet, la composition chimique de l'huile est l'un des facteurs les plus importants qui déterminent sa valeur commerciale **(Brophy et Southwell, 2002)**.

Les huiles essentielles d'eucalyptus sont généralement un mélange de terpènes, souvent très complexes **(Doran, 2002)**

Elles sont classées, en plusieurs types, en fonction de leurs compositions: Huiles à cinéole (1,8- cinéole), huiles de citronellal (*Eucalyptus citriodora*), huiles citrals (*Eucalyptus staigeriana*), huile d'acétate de géranyl (Eucalyptus *macarthurii*), huiles riches en pipéritone et α -phellandrène (exp. *Eucalyptus dives*) et huiles riches en cinnamaldéhyde E-méthyle (*Eucalyptus olida*).

L'huile la plus importante est celle du 1,8-cinéole et l'espèce *Eucalyptus globulus* reste la principale source de cette huile dans le monde. **(Brophy et Southwell, 2002)**.

III.1.2. Production d'extraits autres que l'huile d'eucalyptus

Selon **Davis (2002)**, plusieurs produits d'extraction autres que l'huile ont été obtenus commercialement à partir d'eucalyptus, à savoir:

Extrait de tanin:Le tanin était extrait du bois de l'espèce *Eucalyptus wandoo* par la société IndustrialExtracts Ltd pendant une quarantaine d'années, jusqu'à la fin des années 1960

Le produit était utilisé dans le tannage du cuir, en particulier du cuir lourd. Il était également utilisé comme agent de traitement de l'eau de chaudière, où il agissait comme un piègeur d'oxygène, empêchant l'entartrage en formant des sels solubles de préférence aux sels de calcium insolubles, et formant un film de fer conservateur sur les tubes de la chaudière

Rutine: La rutine est un composé phénolique extrait à l'échelle commerciale à partir des feuilles d'un certain nombre d'eucalyptus, en particulier l'espèce *Eucalyptus macrorhyncha* et *Eucalyptus youmanii*. Elle a été utilisée dans le traitement de la fragilité capillaire, en particulier les varices, les hémorroïdes et les engelures.

Parfumerie: L'huile riche en citronnelle d'*Eucalyptus citriodora* est utilisée comme parfum pour parfumer les savons, les détergents et les désinfectants, mais son utilisation principale est commématoire première pour la production de citronellol, d'hydroxycitronellol et d'hydroxy dihydro citronellal.

III. 2. Activité biologique du genre *Eucalyptus globulus*

III. 2.1. Activité insecticide

Batish et al (2008) La présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été (bien qu'on lui préférera *Eucalyptus citriodora* qui est beaucoup plus efficace pour cette indication) .

Papachristos et al. (2004), ont évalué l'action insecticide d'huile d'*Eucalyptus globulus*

Et de leurs principaux constituants sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) et leurs Valeurs LC50 ont été estimées. L'huile essentielle testée a présenté une forte activité contre les adultes d'*A. obtectus* , avec des valeurs LC50 variables selon le sexe de l'insecte et la composition d'huile essentielle. Une corrélation entre le contenu total en monoterpénoïdes oxygénés et l'activité a été observée, les composés oxygénés présentant une activité plus élevée que les hydrocarbures. Parmi les principaux constituants, seuls l'acétate de linalyle et de terpinyle n'étaient pas actifs contre *A. obtectus*, tandis que tous les autres présentaient une activité insecticide contre les adultes mâles et femelles, avec des valeurs de CL50 allant de 0,8 à 47,1 mg litre⁻¹ d'air

Macielet al. (2010), ont étudié l'activité insecticide de l'huile essentielle d'*E. globulus*

Sur les oeufs, les larves et les adultes de *Lutzomyia longipalpis*. Cinq traitements avec

Différentes concentrations ont été effectués avec deux contrôles négatifs, eau distillée et Tween 80 (3%), et un contrôle positif, cyperméthrine (0,196 mg/ml). Les tests ont été réalisés dans des pots en plastique recouverts intérieurement de plâtre stérile et remplis d'un substrat composé d'excréments de lapin et de feuilles de manioc écrasées. Les oeufs, les larves et les adultes ont été pulvérisés avec les huiles. Les larves écloses ont été comptées pendant 10 jours consécutifs et observées jusqu'à la pupaison. La mortalité des insectes a été observée après 24, 48 et 72 h. L'huile d'*E. globulus* été efficace sur les trois phases de l'insecte. Le principal constituant de l'huile 1,8-cinéole (*E. globulus*). L'huile essentielle d'Eucalyptus constitue un produit naturel alternatif pour le contrôle de *L.longipalpis* puisque les valeurs de concentration efficace médiane (EC50) ont révélé.

Tableau4 : Efficacité (pourcentage moyen S.D.) des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* dans les premières 24 h et entre 48 et 72 h sur les adultes de *Lutzomyialongipalpis* (Macielet *al.*, 2010).

<i>Eucalyptus globulus</i>			
	Concentration (mg/ml)	Efficacité en 24h	Efficacité en 48 et 72h
Cyperméthrine Tween 80 Eau	10	95.50 ±1.10Aa	96.47± 0.09aA
	8	51.39 ±5.73bBA	47.64 ±1.33bB
	6	33.70± 0.37cA	25.80± 3.77cA
	4	18.70 ±2.43dAB	10.56 ±1.61dA
	2	4.10 ±0.61efA	3.13 ±0.33efA
	0.196	100 ±0.00a	100 ±0.00a
	3%	1.38 ±0.23f	2.16± 1.9f
		0.48 ±0.45	1.65± 0.77

Dans une autre étude, **Kumaret *al.* (2012)**, ont travaillé sur l'activité insecticidee d'huile *E.globulus* a été évaluée contre les larves et les pupes de la mouche domestique. La Concentration létale, LC50 , se situe entre 2,73 et 0,60 l/cm2 pour différents jours d'observation tandis que le temps léthal, LT50, varie entre 6,0 et 1,7 jours. Les larves traitées à l'huile ont montré un rétrécissement de la surface, une prolifération des cellules épineuses et la formation de bulles au microscope électronique à balayage (MEB). L'activité considérable de l'huile d'*E.globulus* contre les larves et les pupes de la mouche domestique démontre sa potentialité comme option viable pour le développement d'un produit écologique pour le contrôle de la mouche domestique.

III. 2.2. Activité antifongique

Vilela et al. (2009), ont travaillé sur l'activité antifongique d'huile essentielle de feuilles *E.globulus* composé majeur 1,8-cinéole, ont évalué pour contre de stockage *Aspergillus Flavus* et *Aspergillus parasiticus* par dissolution des composés dans un milieu d'extrait de levure et de saccharose (YES) et par exposition aux volatiles de l'espace de tête. Une inhibition complète de la croissance fongique des deux espèces a été obtenue avec l'huile essentielle par les essais de contact et volatils. L'exposition aux volatiles a montré une inhibition totale au niveau le plus bas testé, soit 500 ml. Niveau inférieur testé de 500 ml. Le 1,8-cinéole testé seul a montré une inhibition partielle seulement au niveau le plus élevé de 1,3492 mL. La production d'aflatoxine B1 a été réduite dans les tests volatils de l'espace de tête et une inhibition partielle a été observée à la dose de 200 mL du produit. Inhibition partielle a été observée à la dose de 200 mL de l'huile essentielle.

Mekonnen et al. (2016), ont étudié l'activité antifongique *in vitro* de l'huile essentielle de plante d'*E.globulus* contre des champignons. Les études ont été réalisées en utilisant la méthode de diffusion en gélose pour sélectionner le huile essentielle et la dilution en gélose pour déterminer la concentration minimale inhibitrice de huile essentielle. Le résultats de Cette étude a révélé que le huile essentielle d'*E.globulus* étaient actives contre certains champignons.

Tableau5 : Activités antifongiques rapportées dans différentes parties d'E. globulus.

Parties de plantes	Solvant utilisé	Méthode utilisée	Espèces cibles	Références
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de microdilution	Candida albicans ATCC 90028 Candida albicans 15B	(Noumi et al, 2010)
Feuilles	Huile essentielle	Test de microdilution en bouillon	Candida albicans ATCC 10231	(Damjanović-Vratnica et al, 2011)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion en puits d'agar	Candida spp.	(Noumi et al, 2011)
Feuilles	Extrait méthanol	Méthode de la coupelle et de la plaque	Trichophyton rubrum	(Obiorah et al, 2012)
Souche	n-hexane, éthanol, méthanol, et 75 % de éthanol aqueux	Essai de diffusion en disque	Candida albicans ATCC 90028 Candida tropicalis ATCC 750	(Luis et al, 2014)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de la plaque cylindrique	Aspergillus niger Candida	(Dixit et al, 2014)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion Agar	Trichophyton spp. Aspergillus spp.	(Mekonnen et al, 2016)
Feuilles	Huile essentielle incorporée dans films de chitosan	Essai de diffusion en gélose	Candida albicans Candida parapsilosis	(Hafsa et al, 2016)
Feuilles	Nanoémulsions contenant de l'huile	Technique de microdilution en bouillon	C. albicans (ATCC 14053) C. tropicalis (ATCC 66029) C. glabrata (ATCC 66032)	(Quatrin et al, 2017)
Parties aériennes	Huile essentielle	Disk diffusion assay	Candida albicans ATCC 10231	(Salem et al, 2018)
Feuilles	Huile essentielle	Microplaque à double dilution test	C. albicans1 C. albicans2	(Bogavac et al, 2019)
Feuilles	Oxyde de zinc nanoparticules à partir de huile essentielle	Méthode de diffusion en puits d'agar	Candida albicans	(Obeizi et al, 2020)

L'huile essentielle des parties aériennes de l'Eucalyptus tunisien s'est avérée avoir une puissante efficacité antifongique contre C. albicans. antifongique contre C. albicans, supérieure à celle de l'antifongique (amphotéricineB), en particulier l'huile essentielle obtenue

au stade de la fructification, plutôt que celle obtenue au stade végétatif et de la pleine fleur. Ceci est probablement dû aux mécanismes de défense de la plante pendant la formation du fruit ou de la variation des composants de l'huile pendant les différents stades de croissance. Durant les différents stades de croissance, car l'huile contient des quantités considérables d' α -pinène et de p-cymène avec un rendement élevé en huile essentielle pendant le dernier stade de développement. En outre, l'application combinée de l'huile essentielle d'Eucalyptus avec l'amphotéricine B a montré une grande diminution de la valeur CMI de l'huile essentielle d'eucalyptus seule contre *C. albicans*, de 1000 à 31,25 $\mu\text{g/ml}$ à 31,25 $\mu\text{g/ml}$ dans le cas d'une combinaison (Salem et al, 2018). De même, Bogavac et al. (2019) ont montré l'efficacité antifongique puissante de l'huile essentielle comme alternative prometteuse contre les souches vaginales de *C. albicans* qui étaient multirésistantes aux antifongiques conventionnels.

III. 2.3. Activité antibactérienne

Damjanović-Vratnica et al. (2011), ont évalué l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*E. globulus* Labill, Le rendement en huile essentielle d'Eucalyptus était de 1,8 % (p/p) sur la base du poids frais, tandis que l'analyse a permis d'identifier un total de 11 constituants, dont les principaux sont le cinéole (85,8 %), l' α -pinène (7,2 %) et le β -myrcène (1,5 %). Les résultats ont révélé que l'huile essentielle d'*E. globulosa* a une activité antimicrobienne assez forte, notamment contre *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii*, et *Klebsiella pneumoniae*. La concentration minimale inhibitrice a révélé la plus faible activité contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Salmonella infantis* (3,13 mg/ml), tandis que la plus forte activité a été observée contre *S. aureus*, *E. coli* et *S. pyogenes* (0,09 mg/ml).

Harkat-Madouriet al. (2015), ont étudié l'activité antibactérienne d'*E. globulus* contre des espèces bactériennes parodontopathogènes et cariogènes, à l'aide d'une méthode d'analyse de l'ADN. Les huiles analysées ont montré une activité antibactérienne marquée contre les bactéries Gram négatif, principalement pour *F. nucleatum* ATCC 25586 (CMI = 1,14 mg/mL) et *P. gingivalis* ATCC33277 (CMI = 0,28 mg/mL). Par conséquent, Les huiles essentielles d'*E. globulus* peuvent avoir une application thérapeutique potentielle pour le traitement des maladies parodontales.

Mekonnen et al. (2016), ont travaillé sur l'activité antibactérienne in vitro de l'huile essentielle de plante d'*E. globulus*. Les études ont été réalisées en utilisant la méthode de diffusion en gélose pour sélectionner les huiles essentielles les plus efficaces et la dilution en gélose pour déterminer la concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle. Le résultat

Chapitre III principaux usages et activité biologique d'Eucalyptus

de cette étude ont révélé que le huile essentielle d' *E. globulus* étaient actives contre les bactéries . Les valeurs de concentration minimale inhibitrice des huiles essentielles dans la gamme de 15,75-36,33 mg/mL contre les bactéries testées.

Salem et al. (2018), ont évalué l'activité antibactérienne des conventionnels de huile essentielle d'*E.globulus L.* avec a également été évalué contre neuf bactéries pathogènes et *Candida albicans* ATCC 10231. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse a révélé deux chimiotypes différents selon le stade de croissance, caractérisés par le 1,8-cinéole (13,23 %) au stade végétatif et le p-cymène aux stades de pleine floraison (32,19 %) et de fructification (37,82 %). L'huile essentielle d'*E.globulus* était active contre les différentes souches bactériennes surtout pendant les stades végétatifs et de pleine floraison (CMI = 2 mg/mL) contre *Bacillus cereus* ATCC 14579 et *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. *Candida albicans* ATCC 10231 était plus sensible que les bactéries pendant la phase de fructification. La combinaison de l'huile essentielle d'Eucalyptus avec l'ampicilline a révélé un effet synergique partiel contre le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (FICI de 0,53).

Enfin, **Obeiziet al. (2020)**, ont étudié l'activité antibactérienne d'huile essentielle d'*E.globulosa* été utilisée dans la synthèse verte de nanoparticules d'oxyde de zinc qui réalisée par la méthode de diffusion en puits d'agar et par la détermination de la concentration minimale inhibitrice. Les résultats indiquent que les NPs de ZnO présentent un potentiel antimicrobien efficace contre tous les micro-organismes testés avec une zone d'inhibition maximale de $19,35 \pm 0,45$ mm pour *K. pneumoniae* à une concentration de 100 µg / ml.

Tableau6: Activités antibactériennes rapportées dans différentes parties d'*E. globulus* Labill.

Parties de plantes	Solvant utilisé	Méthode utilisée	Espèces cibles	Références
Feuilles	Huile essentielle	méthode de diffusion par disque d'agar	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853 <i>Phylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>klebsiellapneumoniae</i> <i>Proteus mirabilis</i> <i>Streptococcus pyogenes</i> <i>Morganellamorganii</i> <i>Providenciastuartii</i> <i>Enterobactercloacae</i> <i>Acinetobacterbaumannii</i> <i>Citrobacterfreundii</i> <i>Salmonella infantis</i>	(Damjanović-Vratnica et al, 2011)
			<i>Salmonella enteritidis</i> (CECT 4155) <i>Escherichia coli</i> (CECT 4267) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CECT 110) <i>Staphylococcus aureus</i> (CECT 239)	

Partie aérienne	Huile essentielle	test de diffusion en disque	Enterococcus faecium (CECT 239) Listeria monocytogenes (CECT 935) Listeria monocytogenes EGD-e	(Ait-ouazzou Conchello, 2011)
Feuilles	Huile essentielle	technique de diffusion en agar	Staphylococcus aureus CECT 4459 Escherichia coli O157:H7 CECT 4267	(Djenane et al, 2011)
Feuilles	Méthanol extrait	méthode cup-piate	Staphylococcus aureus Bacillus subtilis	(Obiorah et al , 2012)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de dilution à l'agar	Helicobacter pylori ATCC 700392	(Esmacili et al , 2012)
Feuilles	Huile essentielle	méthodes de diffusion en disques d'agar et de bouillon de dilution	Escherichia coli Staphylococcus aureus	(Bachir Benali et al , 2012)
Fruits	Méthanol aqueux (80%)	Méthode de diffusion en disque	Staphylococcus aureus ATCC 6538 Bacillus subtilis ATCC 6633 Klebsiella pneumoniae E 47	(Boulekbache-makhlouf et al, 2013)
Feuilles	Acétate d'éthyle	Méthode de diffusion en puits d'agar	Lactobacillus acidophilus (MTCC-447) Lactobacillus casei (MTCC-1423) Staphylococcus aureus (MTCC-890) Streptococcus mutans (MTCC-96)	(Ishnava et al , 2013)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion Agar	Streptococcus mutans (ATCC 700610)	(Goldbeck et al , 2014)
Souche	n-hexane, éthanol, méthanol et éthanol aqueux à 75%.	Essai de diffusion en disque	Staphylococcus aureus ATCC 25923 Bacillus cereus ATCC 11778 Listeria monocytogenes LMG 16779 Enterococcus faecalis ATCC 29212 Escherichia coli ATCC 25922 Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 Klebsiella pneumoniae ATCC 13883 S. aureus : SA 01/10, SA 02/10, SA 03/10 et SA 08 S. aureus : MRSA 10/08 et MRSA 12/08	(Luís et al , 2014)
Feuilles	Extraits méthanoliques	Méthode de diffusion en disque	Pseudomonas aeruginosa	(Pereira et al , 2014)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de la plaque cylindrique	Bacillus subtilis Escherichia coli Staphylococcus aureus Pseudomonas aeruginosa	(Dixit et al, 2014)
Feuilles	Huile encapsulée nanoparticule de silice	Méthode de diffusion en puits d'agar	Escherichia coli (ATCC 25922)	(Dohare et al, 2014)

Feuilles	Huile essentielle	Méthode de microdilution en bouillon	Fusobacteriumnucleatum ATCC 25586 Aggregatibacteractinomycetemcomitans ATCC 29522 Porphyromonasgingivalis ATCC 33277, ATCC 49417, HW24D1, et W83) Streptococcus mutans ATCC 35668 ATCC 33535, ATCC 25175 S. sobrinus ATCC 33478, ATCC 27607 ATCC 27352	(Harkat-Madouri et al, 2015)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion en puits d'agar	Staphylococcus aureus (MTCC 3160), Staphylococcus epidermidis (MTCC 435) Pseudomonas aeruginosa (MTCC 7453) Klebsiellapneumonia (MTCC 4030)	(Bachheti, 2015)
Fruits	Huile essentielle	Test de diffusion Agar	Staphylococcus aureus ATCC 43300 Bacillus subtilis ATCC 6633 Listeria innocua CLIP 74915 Escherichia coli ATCC 25922 Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	(Bey-Ould Si Said et al, 2016)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion Agar	Salmonella typhi Salmonella paratyphi Salmonella typhimurium Shigella species Pseudomonas aeruginosa Staphylococcus aureus Escherichia coli	(Mekonnen et al, 2016)
Feuilles	Huile essentielle incorporée dans films de chitosan	Essai de diffusion en gélose	Staphylococcus aureus Escherichia coli Pseudomonas aeruginosa Klebsiellapneumonia	(Hafsa et al, 2016)
Feuilles et petites branches	Huile essentielle	Essai de diffusion en disque	Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 E. coli ATCC 25922 K. pneumoniae ATCC 13883 Salmonella Typhimurium ATCC 13311 Acinetobacterbaumannii LMG 1025 Acinetobacter baumannii LMG 1041 P. aeruginosa PA 08 P. aeruginosa PA 12/08 E. coli EC 08 K. pneumoniae KP 08	(Luís et al , 2016)
Feuilles	Nanoémulsions contenant de l'huile	Technique de microdilution en bouillon	Pseudomonas aeruginosa PA01	(Quatrin et al, 2017)
Feuilles	Aqueux, éthanol, et méthanol	Méthode de diffusion en disques d'agar	Staphylococcus aureus (MTCC 3160) Escherichia coli (MTCC 1655) Streptococcus mutans(MTCC 890)	(Jamil et al, 2017)
Feuilles	Huile essentielle	Infusion de disque	Escherichia coli ATCC 25922 Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 Staphylococcus aureus ATCC 25923	(Djelloul et al, 2017)

Feuilles	Éthanol aqueux	Technique de dilution en série	Listeria innocua (NCTC 10528) Staphylococcus aureus (ATCC 6538) Escherichia coli(ATCC 25922) Bacillus cereus (DSM 4313) Pseudomonas aeruginosa (10145) Salmonella enteritidis (ATCC 3076)	(Gullón et al, 2017)
Parties aériennes	Huile essentielle	Méthode de diffusion en disque	Staphylococcus aureus ATCC 6816 Staphylococcus aureus (SARM) Bacillus cereus ATCC 14579 Listeria monocytogenes ATCC 19115 Enterococcus faecalis ATCC 29212 Escherichia coli ATCC 25922 Klebsiella pneumoniae CIP 104727 Salmonella enteritidis DMB 560	(Salem et al, 2018)
Feuilles	Huile essentielle	Essai en microplaque à double dilution	E. coli 1 E. coli 2 S. aureus 1 S. aureus 2 P. aeruginosa P. mirabilis	(Bogavac et al, 2019)
Feuilles	Oxyde de zinc nanoparticules à partir de l'huile essentielle	Méthode de diffusion en puits d'agar	Staphylococcus aureus ATCC 43300 Staphylococcus aureus ATCC 25923 Enterococcus faecalis ATCC 29212 Escherichia coli ATCC 25922 Klebsiella pneumoniae Salmonella enteritidis ATCC 13076 Salmonella typhimurium Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 Acinetobacter baumannii	(Obeizi et al, 2020)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de microdilution in vitro	Propionibacterium acnes ATCC 6919 P. acnes ATCC 11827 Staphylococcus aureus ATCC 6538 S. epidermidis ATCC 12228	(Göger et al, 2020)
Feuilles	Huile essentielle	Test de diffusion Agar	Enterococcus faecalis (ATCC 10,541) Bacillus licheniformis (ATCC 8480) Staphylococcus aureus (ATCC 6538) Pseudomonas aeruginosa (ATCC 9027) Serratia marcescens (ATCC 13,880) Escherichia coli (ATCC 8739)	(Limam et al, 2020)

Feuilles	Huile essentielle	Méthode de diffusion en disques d'agar	Acetobacteraceti Pseudomonas aeruginosa MTCC 427 Escherichia coli MTCC 40 Bacillus subtilis MTCC 121 Staphylococcus aureus MTCC 3160 Saccharomyces cerevisiae	(Sharma et al, 2021)
Feuilles	Aqueousextract	Méthode de diffusion sur disque d'agar	Staphylococcus aureus ATCC 6536 Bacillus subtilis ATCC 6633 Escherichia coli ATCC	(Bencheikh et al, 2021)
Feuilles	Huile essentielle	Méthode de microdilution en bouillon	Staphylococcus aureus ATCC 25923 Streptococcus pyogenes ATCC 28422 Escherichia coli Escherichia coli	(Pino et al, 2021)

L'huile essentielle extraite des fruits a exercé un pouvoir antibactérien prononcé contre les bactéries multirésistantes testées.. En outre, la combinaison du 1,8-cinéole et de l'aromadendrène provenant d'huiles de fruits a produit une inhibition plus élevée par un effet additif et synergique contre le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, le *Streptococcus pyogenes*, et *Bacillus subtilis*, par rapport à l'utilisation d'un seul composé. (Mulyaningsih et al, 2010). L'efficacité antibactérienne est attribuée au pourcentage le plus élevé de monoterpènes oxygénés (87,32%) dans l'huile de feuille d'Eucalyptus, et la synergie résulte également d'autres composants mineurs (Damjanović-Vratnica et al, 2011). Le site effets antimicrobiens de l'extrait méthanolique des feuilles, contre *S. aureus* et *B. subtilis*, pourraient être attribués à l'existence de tannins et de saponines (Obiorah et al, 2012). De même, les extraits de feuilles ont prouvé l'activité anticariogène, due à l'existence d'alpha-farnésène sesquiterpène qui conduirait à un progrès des médicaments efficaces pour le traitement des caries dentaires (Ishnava et al, 2013). La plus grande activité antibactérienne a été obtenue par la synergie entre l'huile essentielle ou les extraits de feuilles d'*E. globulus* et des antibiotiques à l'égard de *P. aeruginosa* (Pereira et al, 2014). De plus, Goldbeck et al, (2014) ont observé un effet de synergie suite à la combinaison entre les huiles essentielles d'*E. globulus* et d'*E. urograndis* contre *Streptococcus mutans*. En outre, l'activité antibactérienne la plus élevée a été corrélée à la concentration élevée de 1,8-cinéole (71%) dans *E. globulus*, par rapport à *E. urograndis* (36%), ce qui soutient l'utilisation potentielle de l'huile essentielle d'*E.*

globulus, par son incorporation dans des films biodégradables, en tant que stratégie respectueuse de l'environnement pour contrôler *S. mutans*, un important pathogène oral. Comme souligné par **Luis et al.,(2016)**, l'action synergique de l'huile essentielle avec la présence de chloramphénicol, de ciprofloxacine et de tétracycline contre les souches d'*Acinetobacterbaumannii*. observée. En revanche, il n'y a pas eu d'activité synergique entre l'association d'huile essentielle avec la céfopérazone et la pipéracilline contre les souches susmentionnées. La puissante efficacité antibactérienne a été corrélée à la forte teneur en α -pinène et en 1,8-cinéole dans l'huile essentielle extraite des feuilles. (**Mekonnen et al,2016**). Néanmoins, **Quatrin et al,(2017)** ont rapporté que des nano-émulsions contenant une faible quantité d'huile essentielle d'Eucalyptus (5 %) et étaient inefficaces contre la bactérie Gram-négative, que l'on retrouve généralement chez les patients immunodéprimés. Il est intéressant de noter qu'une synergie a été détectée dans l'association d'ampicilline et d'huile essentielle d'Eucalyptus contre le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, ce qui a permis de diviser par 32 la CMI de l'antibiotique et par deux la CMI de l'huile essentielle contre *S. aureus*. Cette combinaison a également réduit la toxicité de l'huile essentielle pour les cellules saines (**Salemet al, 2018**).

L'extrait méthanolique des feuilles a montré une activité antibactérienne prometteuse contre *S. mutans*, *S. aureus* et *E. coli*, par rapport aux extraits aqueux et éthanoliques des feuilles, ce qui est attribuable à l'extraction de composants très diversifiés par le méthanol, par rapport aux autres extraits (**Jamil et al, 2017**). L'extrait aqueux de feuilles d'Eucalyptus a montré une tendance similaire et a présenté une activité antibactérienne contre les espèces testées. Les auteurs ont attribué l'effet additif ou synergique comme étant lié à l'existence de diverses molécules bioactives (**Gullón et al, 2017**). L'extrait aqueux des feuilles d'*E. globulus* a présenté le même mode d'action que l'ampicilline contre *S. aureus*. De plus, l'extrait a démontré une action inhibitrice significative contre *S. aureus* et *B. subtilis* par rapport à la gentamicine, ce qui pourrait expliquer la grande quantité de polyphénols et de flavonoïdes présents dans l'extrait. quantité importante de polyphénols et de flavonoïdes dans l'extrait (**Bencheikh et al,2021**).

L'huile essentielle d'eucalyptus et son composant principal (1,8-cinéole) ont exercé une activité antibac-contre le développement du biofilm produit par des souches de *S. aureus* résistantes à la méthicilline (**Merghni et al, 2018**). De manière intéressante, **Obeizi et al, (2020)** ont prouvé que les nanoparticules de ZnO biosynthétisées à partir de l'huile essentielle de la feuille ont montré une activité anti-biofilm efficace contre *S. aureus* ATCC 25923 et *P.*

aeruginosa ATCC 27853, qui sont connus pour leur potentiel élevé de formation de biofilms. ce qui aidera à surmonter la résistance aux antibiotiques résultant d'un biofilm bactérien. qui est considéré comme la principale raison de la transition des infections nosocomiales. Le potentiel antimicrobien de l'huile essentielle de feuille d'Eucalyptus peut être dû aux effets synergiques des polyphénoliques (Sharma et al, 2021).

En outre, l'extrait de fruit a montré une activité antibactérienne uniquement contre les bactéries Gram-positives, ce qui était dû à sa richesse en composés phénoliques, même si aucune activité n'a été détectée contre les bactéries Gram-négatives, ce qui pourrait être attribué à leur membrane externe lipopolysaccharide membrane (Boulekbache-makhlouf et al, 2013).

III. 2.4. Activité antioxydant

Le pouvoir antioxydant de ces HE est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les poly phénols qui sont responsables de ce pouvoir (Richard et al ,1992).

Un antioxydant est défini comme étant toute substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques (Boyd et al ,2003). Ce sont des composés capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit. L'activité antioxydant peut être primaire ou préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont capables de donner des électrons à l'oxygène radicalaire afin qu'ils puissent le piéger, empêchant ainsi la destruction des structures biologiques. Ils peuvent agir comme agents réducteurs capables de passer leurs électrons aux Réactifs oxygènes espèces (ROS) et les éliminer (Kohen et al ,2002) .

En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que la complexation des ions métalliques ou la réduction d'oxygène...etc (Madhavi et al ,1995).

Quelques travaux ont rapporté que certaines huiles essentielles sont plus efficaces que les antioxydants synthétiques (Hossain et al ,2010) . Les effets antioxydants d'huiles essentielles et d'extraits des plantes sont dus principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique (Hussain et al ,2009) .

Une étude Nigeria a été menée pour travailler sur l'activité antioxydant de l'huile essentielle de feuilles d'*Eucalyptus globulus* Labill cultivées . L'étude de l'huile par GC/MS a permis d'identifier 16 composés, la majeure partie de l'huile étant constituée de monoterpènes

oxygénés (46,5 %), le terpinène-4-ol (23,46 %) étant le constituant le plus abondant. Parmi les autres composés notables, citons le γ -terpinène (17,01 %), le spathuléol (8,94 %), le ρ -cymène (8,10 %) et le ρ -cymen-7-ol (6,39 %). Le globulol (2,52 %) et l' α -phellandrène (2,20 %) font également partie des constituants identifiés. Les caractéristiques antioxydantes de l'huile essentielle ont été évaluées en utilisant l'inhibition du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl, une activité de piégeage des radicaux dépendante de la concentration avec une valeur IC50 de 136,87 μ l/ml a été observée. L'absence de 1,8-cinéole et la présence d' α -phellandrène couplée à une faible activité antioxydante (Akolade *et al*, 2012).

Harkat-Madouri *et al*, (2015), ont évalué propriétés antioxydantes d'*E. globulus* et sa composition chimique a été évaluée et l'activité synergique potentielle avec les antibiotiques conventionnels contre les souches d'*Acinetobacterbaumannii* a également été évaluée. Le principal composant de l'huile d'*E. globulus* était le 1,8-cinéole, également connu sous le nom d'eucalyptol (63,81%). Il a été possible de conclure que l'huile essentielle d'eucalyptus présentait des propriétés pertinentes de piégeage des radicaux et avaient également la capacité d'inhiber la peroxydation lipidique.

Bey-Ould Si Said *et al*, (2016), l'activité antioxydant (essais d'inhibition de l'activité de piégeage du DPPH', du pouvoir réducteur et de la peroxydation lipidique) par rapport à celle du standard Butylatedhydroxyanisole (BHA). Vingt-huit composés volatils ont été identifiés, avec une prédominance des composés sesquiterpènes et sesquiterpènes oxygénés (61,2%). Les résultats des activités antioxydants (activité de piégeage du DPPH, pouvoir réducteur et inhibition de l'activité de peroxydation lipidique) de l'extrait d'huiles essentielles ont révélé de faibles activités avec des valeurs IC50 de $27,0 \pm 0,2$ mg mL⁻¹, $32,9 \pm 1,8$ mg mL⁻¹ et $4,9 \pm 0,2$ mg mL⁻¹, respectivement, par rapport à celles du standard Butylatedhydroxyanisole (BHA) qui étaient d'environ $0,05 \pm 0,0$ mg mL⁻¹, $0,03 \pm 0,0$ mg mL⁻¹ et $0,5 \pm 0,2$ mg mL⁻¹, respectivement.

III. 2.5. Activité antibiofilm :

Coswig Goldbeck *et al*, (2014), ont travaillé sur l'activité antibiofilm de huiles essentielles d'*E. globulus* contre les cellules du biofilm de *S. mutans* en utilisant l'essai de diffusion en gélose et en déterminant le degré de toxicité de ce huile. L'effet synergique des huiles combinées a également été testé (1:1). Les films d'amidon biodégradable ont été préparés, et leur bioactivité a été testée en utilisant la technique de macrodilution. Cette huile essentielle étaient active contre *S. mutans*, et elle présentait des zones d'inhibition d'un diamètre compris entre $14,7 \pm 1,2$ mm et $35,3 \pm 0,34$ mm. *E. globulosa* donnait les meilleurs résultats, ne nécessitant que 15 min de contact pour provoquer la mort des microorganismes. Ces

résultats peuvent s'expliquer par la plus grande concentration de 1,8-cinéole dans l'HE d'*E. globulus*. La formation de biofilms par *S. mutans* a également été également inhibée en présence de huile testée, qui ont donné des résultats plus efficaces que le NaF (fluorure de sodium) commercial à 0,1 %. NaF (fluorure de sodium) commercial. La bioactivité accrue de cette huile suggère leur potentiel technologique.

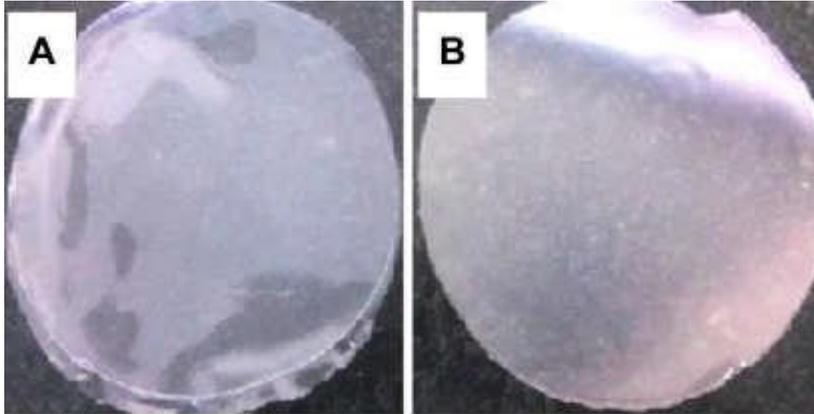


Figure 14. Film antimicrobien d'amidon biodégradable. (A) Film sans ajout d'huile essentielle. (B) Film préparé avec HE d'*E. globulus*(0,25 ml d'huile/g d'amidon)(Coswig Goldbeck *et al.*, 2014).

Dans une autre étude d'Obeiz *et al.*, (2020), d'activité antibiofilm de l'huile essentielle des feuille d'*E. globulussa* été étudiée par la méthode des plaques de microtitration à 96 puits. Les résultats indiquent que le site pourcentage significatif d'inhibition du biofilm a été trouvé 85% et 97% contre *S. aureus* ATCC 25923 et *P. aeruginosa* ATCC 27853, respectivement.

III. 2.6. Activité anti-inflammatoire

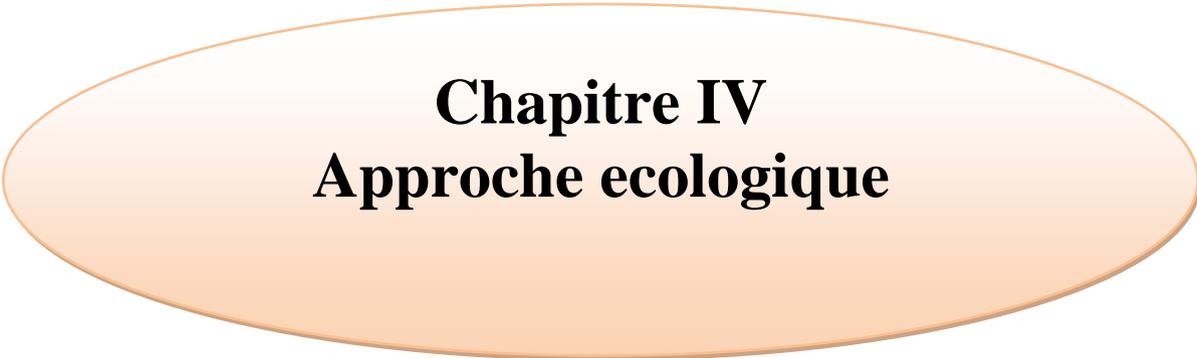
Les constituants aromatiques de l'HE sont utilisés comme remèdes analgésiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques (Silva *et al.*, 2003 ; Juergens *et al.*, 2003) ont examiné le rôle de l'eucalyptol comme inhibiteur de la production et de la synthèse du facteur de nécrose tumorale- α (TNF- α), l'interleukine-1 β (IL-1 β), le leucotriène B4 et le thromboxane B2 dans les monocytes du sang humain, suggérant que l'eucalyptol est un puissant inhibiteur de cytokines qui pourrait convenir au traitement à long terme de l'inflammation des voies respiratoires dans l'asthme bronchique et d'autres troubles sensibles aux stéroïdes (Juergens *et al.*, 1998). De plus, dans un essai en double aveugle contrôlé par placebo, l'anti-inflammatoire l'activité de l'eucalyptol a été évaluée chez des patients asthmatiques sévères suggérant l'efficacité de cette molécule et une nouvelle rationnel pour son utilisation comme agent mucolytique dans les maladies des voies aériennes supérieures et inférieures (Juergens *et al.*, 2003). Ces résultats devraient aider à clarifier applications fonctionnelles pour l'avenir de la plante d'*eucalyptus* et de ses HE dans les traitements anti-inflammatoires

III. 2.7. Antivirale

L'huile essentielle d'Eucalyptus globulus possède une activité antivirale. Elle est notamment importante concernant Herpes Simplex Virus (HSV)(**Schnitzler et al ,2001**). Le HSV existe sous deux formes : le HSV-1 qui est plus souvent responsable de l'herpès labial et le HSV-2 qui est plus souvent responsable de l'herpès génital. Une fois contaminé par le virus HSV, on ne peut pas en guérir totalement. Le virus reste à l'état latent dans l'organisme et peut se réactiver à tout moment à la suite d'un élément déclencheur (stress, fièvre, menstruations, fatigue...). C'est lors de cette phase de réactivation que l'on peut traiter les symptômes. Des études ont démontré que les huiles essentielles d'Eucalyptus globulus et de Teatree possèdent une forte activité antivirale contre HSV. On pourra donc les utiliser afin de traiter un bouton de 59 fièvre, appliquées sur le bouton soit pures, soit en mettant 1 goutte d'huile essentielle dans une pommade d'aciclovir et ce, cinq fois par jour minimum (vitesse de réplication du virus).

III.3.8. Antidouleur

Des études prouvent que l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus possède des propriétés anti-inflammatoires et analgésiques grâce à la présence de 1,8-cinéole(**Santos et al ,2000**). On pense qu'il s'agirait des propriétés anti-oxydantes de la plante qui pourraient être à l'origine de l'effet anti-inflammatoire(**Grassmann et al ,2000**). L'huile essentielle inhibe la formation des prostaglandines et de cytokines par les monocytes d'où l'effet anti-inflammatoire. Elle sera ainsi utilisée comme antidouleur notamment dans les douleurs musculaires et rhumatismales (en massage, diluée à 10% dans de l'huile végétale, de millepertuis par exemple).

A large, horizontally-oriented oval with a light orange gradient and a thin dark orange border, centered on the page.

Chapitre IV
Approche ecologique

IV .Approches écologiques pour l'application de la plante *Eucalyptus globulus* dans l'environnement

Du point de vue écologique, les gommiers bleus sont plantés le long des vergers dans les régions productrices de fruits. Leurs fleurs attirent les abeilles et la pollinisation est nettement améliorée. En plus, ceci favorise la production de miel de très bonne qualité. Au Soudan, les *Eucalyptus globulus* sont plantés pour protéger les récoltes contre les vents de sable. Cet arbre a servi l'humanité grâce aux puissantes émanations de ses feuilles et à sa capacité de pomper d'impressionnantes quantités d'eau, assainissant de ce fait les marais et réduisant fortement les sites de reproduction des insectes (Mekelleche, 2015).

IV.1. L'utilisation de *Eucalyptus globulus* dans la dépollution du sol

L'efficacité de l'*E. globulus* pour protéger les plantes des impacts indésirables des métaux lourds et des plantes envahissantes ainsi que des insectes a été reconnue comme une alternative efficace pour contrôler la croissance des mauvaises herbes et des insectes, et pour extraire les polluants des sols contaminés. On peut considérer qu'il s'agit d'une méthode respectueuse de l'environnement. Pour améliorer la capacité des plantes à la phytoextraction, Luo et al (2015) ont recommandé la replantation d'*E. globulus* comme méthode appropriée pour éliminer le cadmium du sol contaminé par l'enlèvement des racines lors de chaque récolte, plutôt que de suivre le système du taillis, indépendamment du coût élevé de la replantation.

Cette méthode a également permis de réduire le temps de phytoremédiation, étant donné que la plus grande quantité de métaux lourds sera absorbée par les racines de l'*Eucalyptus* en tant qu'élément de base et en tant que composant non métaboliquement actif. De plus dans les observations décrites par Luo et al ,2015 ,Luo, 2017, l'*E. globulus* avait une phytoremédiation puissante des métaux lourds en raison de sa croissance rapide et à sa biomasse aérienne élevée, ainsi qu'à sa capacité à décliner les dommages physiologiques par l'agrégation des matières toxiques dans les parties les moins sensibles par rapport aux parties métaboliquement actives.

Les arbres d'*E. globulus* peuvent accumuler du cadmium (Cd) et des substances toxiques, accumuler le cadmium (Cd) et le plomb (Pb), ce qui en fait des candidats potentiels pour la capture efficace des métaux lourds des zones contaminées (El-Khatib et al ,2020). Plus récemment, Reboredo et al,(2021) ont déclaré que l'*E. globulus* était capable d'éliminer l'arsenic de plantations proches d'activités minières et que son système racinaire était considéré comme l'organe le plus important pour l'accumulation, bien que la translocation vers les organes aériens est faible, cela a favorisé l'efficacité de la phytoremédiation des plantes

d'Eucalyptus comme étant rentable et fournissant un processus efficace pour éliminer les métaux lourds des terres contaminées. l'élimination des métaux lourds des terres contaminées ; ainsi, il pourrait aider à contrecarrer les limites des méthodes conventionnelles dans le processus d'élimination des métaux lourds. méthodes conventionnelles dans le processus d'élimination des métaux lourds.

IV .2. Activité allélopathique de la plante de l'*Eucalyptus globulus*

Pour l'effet phototoxique d'*E. globulus*, l'extrait méthanolique de la feuille a eu une plus grande activité allélopathique, et par conséquent, il a diminué le pourcentage de germination, le taux de germination, la croissance des racines et des pousses, ainsi que le poids frais et sec des aubergines, que les autres extraits utilisés. (Dejamet *al* ;2014).

Morsi et Abdelmigid (2016) ont prouvé l'activité allélopathique de l'extrait aqueux de feuilles d'Eucalyptus par l'intermédiaire de l'inhibition de la germination des graines, et la croissance des semis des plantes *Hordeum vulgare* a été attribuée à la présence de phénoliques phytotoxiques dans l'extrait de feuilles.

La mise en œuvre des propriétés allélopathiques de *Eucalyptus* dans la gestion des mauvaises herbes permettra de améliorer la résistance aux herbicides résultant de l'application excessive d'herbicides synthétiques. herbicides synthétiques ; de plus, cette stratégie maximisera la production agricole en supprimant les mauvaises herbes qui concurrencent les cultures pour les mêmes ressources. En ce qui concerne cette préoccupation Puig *et al*, 2019 ; Puig *et al*, (2013) ont déclaré que l'incorporation des résidus d'*E. globulus* dans le sol comme engrais vert l'utilisation d'herbicides synthétiques, en particulier dans l'agriculture biologique, pour lutter contre les mauvaises herbes, en tant que pratique respectueuse de l'environnement. Un extrait de feuille avec un potentiel allélopathique peut être utilisé comme bioherbicide naturel prometteur pour inhiber les mauvaises herbes à feuilles larges et étroites associées à la plante de pois. (El-Rokiek et Saad El-Din, 2016).

L'extrait aqueux de la feuille a une influence négative sur la germination et la croissance des semis de teff et d'orge, par rapport aux extraits de tige et de racine juvéniles (Nega et Gudeta, 2019).

Par conséquent, la compatibilité allélopathique entre cultures et les Eucalyptus doit être essentiellement contrôlée afin d'éviter les effets négatifs potentiels des arbres sur les cultures associées. des arbres sur les cultures associées, l'extrait aqueux des feuilles séchées au four a un potentiel herbicide en tant que biocide contre la mauvaise herbe très répandue de *Portulaca oleracea* L., ce qui est attribuable à l'existence d'une quantité significative de substances allélochimiques (Pinto *et al*, 2021).

IV .3.L'utilisation des huiles essentielles de l'*Eucalyptus globuluse* tant que pesticide et insecticide

L'huile essentielle d'Eucalyptus est considérée comme un bon choix écologique pour maintenir la qualité de vie des roses "Carola". Cela permettra d'éviter l'utilisation de pesticides toxiques, en tant que procédure de routine après la récolte par les producteurs de roses, ce qui a un impact indésirable sur l'environnement et sur la santé de l'homme, car ils peuvent augmenter la résistance des agents pathogènes (**Pinto et al, 2020**).

En outre, l'activité insecticide de l'huile essentielle d'Eucalyptus a été préévaluée contre la mouche domestique (**Ebadollahi et al, 2010**).

De plus la formulation de nanocapsules d'extraits hydroalcooliques de feuilles a présenté des activités répulsives et biocides contre Aphididae. (**Abdelkader et al, 2020**)

A large, horizontally-oriented oval with a smooth orange-to-white gradient, centered on the page. The text is positioned in the upper-middle part of the oval.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Dans ce mémoire ,nous avons passé en revue des etudes sue *Eucalyptus globulus*, et cses l’huile essetielle ;son inportance ethenopharmacologique, phytochimie et certain activite biologique.

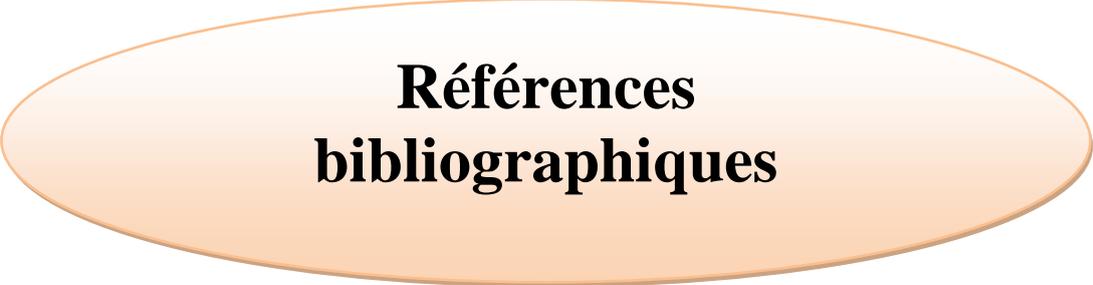
L'eucalyptus a été décrit et nommé pour la première fois par le botaniste français l'Héritier en 1788.

C'est un genre appartenant à la famille des *Myrtaceae*, comprenant environ 800 espèces. La plupart de ces espèces sont originaires d'Australie et de Tasmanie, de Nouvelle-Zélande et d'Auckland.

Le genre *Eucalyptus* est une source importante de métabolites secondaires il est très riche en composés terpéniques et polyphénoliques biologiquement actifs.

Les métabolites secondaires se trouvent dans les différentes parties de cette plante, dans les feuilles, les fleurs, les racines et les tiges. Ils sont largement utilisés dans la médecine traditionnelle, la parfumerie, les produits cosmétiques et les produits pharmaceutiques. Ils représentent également une grande activité biologique, notamment en tant qu'antioxydant, antibactérien , antifongique, anti insecticide ...etc

A la fin, on conclue que le genre *Eucalyptus* est extrêmement important dans les domaines socio-économiques et environnementaux. De cet effet, on propose d’orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies et complémentaires afin que le grand potentiel de ce type d'arbres sera pleinement exploité.



**Références
bibliographiques**

Référence Bibliographique

- ✓ **Abreu-Junior et al., (2017)** Fertilization using sewage sludge in unfertile tropical soils increased wood production in Eucalyptus plantations. *Journal of Environmental Management* 203: 51-58
- ✓ **Abdelkader, H.; Abdelkader, B.; Yahia, B(2020)** . Toxicity and repellency of Eucalyptus globulus L. essential oil against *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera: Aphididae). *J. Entomol. Res.* 44, 147–152. [CrossRef]
- ✓ **Abd-Alla Muhamed F., El-Negoumy Sabry I., El-Lakany M.Hosny et Nabil A.M.Saleh,1980** , Flavonoid glycosides and the chemosystematics of *Eucalyptus camaldulensis*, *Phytochemistry*,vol 19(12) : 2629-2632
- ✓ **Ait-ouazzou, A.; Conchello, P(2011)**. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco. *J. Sci. Food Agric.* 91, 2643–2651. [CrossRef]
- ✓ **AlmasIsmail, Innocent Ester, Machumi et KisinzaWilliam,2021**, Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania, *Scientific African*, vol 12: 07-58
- ✓ **Almeida, E.F.A.; Santos, L.O.; Castricini, A.; da Silva Reis, J.B.R(2020)** . Eucalyptus globulus essential oil on the postharvest quality of “Carola” roses. *Ornam. Hortic*26, 159–165. [CrossRef]
- ✓ **Atta, AH.,Alkofahi, A., 1998**. Anti-nociceptive and anti-inflammatory effects of some Jordanian medicinal plant extracts. *J Ethnopharmacol*, Mar; 60 (2):117-24.
- ✓ **Almas, I.; Innocent, E.; Machumi, F.; Kisinza,W(2021)**. Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. *Sci. Afr.* 12, e00758.
- ✓ **Akolade, J.O.; Olajide, O.O.; Afolayan, M.O.; Akande, S.A.; Idowu, D.I.; Orishadipe, A.T(2012)**. Chemical composition, antioxidant and cytotoxic effects of *Eucalyptus globulus* grown in north-central Nigeria. *J. Nat. Prod. Plant Resour.* 2, 1–8.
- ✓ **Ajilore, B.S.; Oluwadairo, T.O.; Olorunnisola, O.S.; Fadahunsi, O.S.; Adegbola, P.I(2021)**. GC–MS analysis, toxicological and oral glucose tolerance assessments of methanolic leaf extract of *Eucalyptus globulus*. *Futur. J. Pharm. Sci.* 7, 162. [CrossRef]
- ✓
- ✓ **BATISH, Daizy R., SINGH, Harminder Pal, KOHLI, Ravinder Kumar et KAUR, Shalinder. (2008)** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management.* décembre.

Vol. 256, n° 12, pp. 2166-2174.

- ✓ **Bogavac, M.; Tešanović, K.; Marić, J.; Jovanović, M.; Karaman, M(2019).** Antimicrobial activity and toxicity of Eucalyptus globulus Labill. essential oil against vaginal microorganisms. Trends Phytochem. Res3, 201–206.
- ✓ **Bachir, R.G.; Benali, M(2012)** . Antibacterial activity of the essential oils from the leaves of Eucalyptus globulus against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 2, 739–742. [CrossRef]
- ✓ **Boulekbache-makhlouf, L.; Slimani, S.; Madani, K(2013)** . Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of Eucalyptus globulus cultivated in Algeria. Ind. Crops Prod. 41, 85–89. [CrossRef]
- ✓ **Bachheti, R.K(2015)** . Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from the leaves of Eucalyptus globulus collected from Haramaya University, Ethiopia. Der Pharma Chem. 7, 209–214.
- ✓ **Bencheikh, D.; Gueddah, A.; Soualat, K.; Ben-aissi, H.; Benslama, A.; Harrar, A.; Khennouf, S(2021)** . Polyphenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of aqueous extracts of Eucalyptus globulus L. and Trigonella foenum-greacum L. J. Appl. Biol. Sci. 15, 53–63
- ✓ **Boyd, B., C. Ford, C. Koepke Michael, K. Gary, E. Horn, S. McAnelley, and C. McAnelley(2003)** . Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose AOTM sur des personnes en bonne santé. GlycoScience et Nutrition, 4(6): p. 7.
- ✓ **Bey-Ould Si Said Z., Haddadi-Guemghar H., Boulekbache-Makhlouf L., Rigou P., Remini H., Adjaoud A., Khaled K. N., Madani K. (2016).** Essential oils composition, antibacterial and antioxidant activities of hydrodistilled extract of Eucalyptus globulus fruits. Industrial Crops and Products 89:167–175.
- ✓ **Bruneton J., 1999.** pharmacognosyPhytochemistry medical plants Lavoisier publishing, USA, New York 2:a upplagan s. 555-558
- ✓ **Baudoux, D. 2001.** L'aromathérapie-Se soigner par les huiles essentielles, Atlantica, 132- 133.
- ✓ **Brooker (2002)** Part 1: General aspects. *In:* Coppen, J.J.W. (ed.) Eucalyptus: The Genus Eucalyptus. Taylor and Francis, London and New York, pp. 13–46.
- ✓ **Brezáni, V.; Šmejkal, K. (2013)** Secondary metabolites isolated from the genus Eucalyptus.Curr.Top. Med. Chem. 7, 65–75.
- ✓ **Brophy Joseph J. etSouthwell Ian A. (2002)** Eucalyptus chemistry. *In:* Coppen, J.J.W. (ed.) Eucalyptus: The Genus Eucalyptus. Taylor and Francis, London and New York, pp. 101–159.
- ✓ **BOUAMER A., BELLAGHIT M.et MOLLAY AMERA.,2004:** Etude comparative entre l'huile

Références Bibliographique

- essentielle de la menthe vert et la menthe poivrée de la région de Ouargla. Mémoire DES .Unive. Ouargla, p 2-5; 10 ; 19 ; 21-22
- ✓ **BRUNETON. J ., 1999** : Pharmacognosie «Phytochimie Plantes» médicinales 3eme éd, Tec et Doc, Paris pp 484-540.
 - ✓ **Baser, K.H.C et Buchbaue, G.** 2010. Handbook of essential oils: Science. Technology and Application. Ed Taylor and Francis Group, LLC. United States of America, 2010.
 - ✓ **Boukhatem, M.N.; Amine, F.M.; Kameli, A.; Saidi, F.; Walid, K.; Mohamed, S.B(2014).** Quality assessment of the Essential oil from Eucalyptus globulus Labill of Blida (Algeria) origin. Int. Lett. Chem. Phys. Astron. 17, 303–315. [CrossRef]
 - ✓ **Bachheti, R.K(2015).** Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from the leaves of Eucalyptus globulus collected from Haramaya University, Ethiopia. Der Pharma Chem. 7, 209–214
 - ✓ **Carnus, J.-M., Hengeveld, G.M., Mason, B., (2012)** Sustainability impact assessment of forest management alternatives in Europe: an introductory background and framework. Ecol. Soc. 17, 49. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04838-170449>.
 - ✓ **Coppen, J.J.W. (2002)** Eucalyptus: The Genus Eucalyptus. Appendix 2. Estimates of eucalypt plantations worldwide. Taylor and Francis, London and New York, page: 404.
 - ✓ **Compagnie des sens** : Histoire des huiles essentielles (<https://www.compagnie-dessens.fr/histoire-des-huiles-essentielles>). (Consulté le :01-déc-2016).
 - ✓ **Cerasoli, S., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Caudullo, G., de Rigo, D., (2016)** Eucalyptus globulus and other eucalypts in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *In*: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01b5bb+
 - ✓ **Couto L.(2002)** Cultivation and production of eucalypts in South America With special reference to the leaf oils. *In*: Coppen, J.J.W. (ed.) Eucalyptus: The Genus Eucalyptus. Taylor and Francis, London and New York, pp. 237–248.
 - ✓ **Chen S. (2002)** Cultivation and production of eucalypts in the People's Republic of China: With special reference to the leaf oils. *In*: Coppen, J.J.W. (ed.) Eucalyptus: The Genus Eucalyptus. Taylor and Francis, London and New York, pp. 200–213.
 - ✓ **Chevalier Auguste(1952)** Travaux français sur le genre Eucalyptus. In: Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 32^e année, bulletin n°353- 354, Mars-avril. pp. 105-112.
 - ✓ **Coswig Goldbeck J., Edmilson do Nascimento J., Jacob R.G., Fiorentini Â. M., Da Silva W. P.(2014).** Bioactivity of essential oils from Eucalyptus globulus and Eucalyptus urograndis

- against planktonic cells and biofilms of *Streptococcus mutans*. *Industrial Crops and Products* 6:304–309.
- ✓ **Dejam, M.; Khaleghi, S.K.; Ataollahi, R(2014)** . Allelopathic effects of *Eucalyptus globulus* Labill. on seed germination and seedling growth of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Int. J. Farming Allied Sci.* 3, 81–86.
 - ✓ **Djelloul, R.; Mokrani, K.; Hacini, N(2017)** . Study of the antibacterial activity of the extract from the essential oil of *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* on three bacterial strains. *Int. J. Appl. Environ. Sci.* 12, 47–56.
 - ✓ **Dohare, S.; Dubey, S.D.; Kalia, M.; Verma, P.; Pandey, H.; Singh, N.K.; Agarwal, V(2014)** . Anti-biofilm activity of *Eucalyptus globulus* oil encapsulated silica nanoparticles against *E. coli* biofilm. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 5, 5011–5016.
 - ✓ **Djenane, D.; Yangüela, J.; Amrouche, T.; Boubrit, S.; Boussad, N.; Roncalés, P(2011)**. Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. *Food Sci. Technol. Int.* 17, 505–515. [CrossRef]
 - ✓ **Dixit, A.; Rohilla, A.; Dixit, J.; Singh, V(2014)**. Antimicrobail activity of volatile oil of *Eucalyptus globulus* Labill. *Int. J. Adv. Pharm. Biol. Chem.* 3, 384–387.
 - ✓ **Doran J. C. (2002)** Genetic improvement of eucalypts: With special reference to oil-bearing species. In: Coppen, J.J.W. (ed.) *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus*. Taylor and Francis, London and New York, pp. 74–93.
 - ✓ **Davis Geoffrey R. (2002)** Cultivation and production of eucalypts in Australia: With special reference to the leaf oils. In: Coppen, J.J.W. (ed.) *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus*. Taylor and Francis, London and New York, pp. 181–199.
 - ✓ **Daroui-MokaddemHabiba (2012)** Etude phytochimique etBiologique des Espèces *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniolumolusatrum* (Apiaceae), *Asteriscusmaritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asterarceae). Thèse de Doctorat en Biochimie Appliquée, Département de Biochimie, Faculté des Sciences-UniversitéBadjiMokhtar-Annaba.
 - ✓ **Domingues Rui M. A., Oliveira Eduardo L. G. ,Freire Carmen S. R., Couto Ricardo M., Simões Pedro C., Neto Carlos P., SilvestreArmando J. D. and Silva Carlos M.,2012** , Supercritical Fluid Extraction of *Eucalyptus globulus* Bark—A Promising Approach for Triterpenoid Production, *Int. J. Mol. Sci.* vol 13(6) : 7648-766
 - ✓ **Djenane, D.; Yangüela, J.; Amrouche, T.; Boubrit, S.; Boussad, N.; Roncalés, P(2011)**. Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in

Références Bibliographique

- minced beef. Food Sci. Technol. Int. 17, 505–515. [CrossRef]
- ✓ **Damjanovi´c-Vratnica, B.; Dakov, T.; Šukovi´c, D.; Damjanovi´c, J(2011).** Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. Czech J. Food Sci. 29, 277–284. [CrossRef]
 - ✓ **Derwich, E.; Benziane, Z.; Chabir, R.; Bouseta, A(2013).** Antifungal activity and gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) leaf oil analysis of essential oils extracted from *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) of north centre region of Morocco. Afr. J. Pharm. Pharmacol. 7, 1157–1162. [CrossRef]
 - ✓ **Esmaeili, D.; Mobarez, A.M.; Tohidpour, A(2012).** Anti-Hlicobacter pylori Activities of shoya powder and essential oils of *Thymus vulgaris* and *Eucalyptus globulus*. Open Microbiol. J. 6, 65–69. [CrossRef]
 - ✓ **El-Khatib, A.A.; Youssef, N.A.; Barakat, N.A.; Samir, N.A(2020).** Responses of *Eucalyptus globulus* and *Ficus nitida* to different potential of heavy metal air pollution. Int. J. Phytoremediat. 22, 986–999. [CrossRef]
 - ✓ **El-Rokiek, K.G.; Saad El-Din, S.A(2017) .** Allelopathic activity of *Eucalyptus globulus* leaf water extract on *Pisum sativum* growth, yield and associated weeds. Middle East J. Appl. Sci. 07, 907–913.
 - ✓ **Ebadollahi, A.; Safaralizadeh, M.H.; Pourmirza, A.A.; Ghosta, Y(2010) .** Contact and fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula stoechas* L. and *Eucalyptus globulus* Labill grown in Iran against *Lasioderma serricorne* F. Biharean Biol. 4, 31–36
 - ✓ **EL Baraka Soumaya, (2019) L'EUCALYPTUS : Propriétés botaniques, phytochimiques, pharmacothérapeutiques et usage industriel.** Thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohamed v. Faculté de médecine. Rabat. Maroc.
 - ✓ **Elzayyat, E.; Elleboudy, N.; Moustafa, A.; Ammar, A(2018).** Insecticidal, oxidative, and genotoxic activities of *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globulus* on *Culex pipiens* adults and larvae. Turk. Parazitol. Derg 42, 213–222. [CrossRef]
 - ✓ **Fabre, N.** Conseil et utilisation des huiles essentielles les plus courantes en officine, Thèse de Doctorat, Toulouse, 2017
 - ✓ **Freire, S.R.C.; Neto, P.; Pereira, S.; Silva, M.S.A.; andSilvestre, J.D.** Chemical composition of the essential oil distilles from the fruits of *Eucalyptus globulus* grown in Portugal. Flavour and fragrance journal, 2005, 20, 407-409.
 - ✓ **GRASSMANN, J., HIPPELI, S., DORNISCH, K., ROHNERT, U., BEUSCHER, N. et ELSTNER, E. F. février (2000).** Antioxidant properties of essential oils. Possible explanations for their anti-inflammatory effects. Arzneimittel-Forschung. Vol. 50, n° 2, pp. 135-139. PMID: 10719616

Références Bibliographique

- ✓ **Goldestein, H.B., Epstein, B.J., 2000.** La dentisterie non conventionnelle : Parais 4, les pratiques et les produits dentaires conventionnels. J Can. Dent. Assoc.; 66: 564-568.
- ✓ **Grassmann, J., Hippeli, S., 2000 .**Antioxidant properties of essential oils.Possible explanations for their anti-inflammatory effects.Arzneimittelforschung Feb; 50 (2):135- 139.
- ✓ **Goodger JQD, Seneratne SL, Nicolle D, Woodrow IE (2016)** Foliar Essential Oil Glands of Eucalyptus Subgenus Eucalyptus (Myrtaceae) Are a Rich Source of Flavonoids and Related Non-Volatile Constituents. PLoS ONE 11(3): e0151432. doi:10.1371/journal.pone.0151432.
- ✓ **GARNERO, J., 1996 :** les huiles essentielles. Techniques de l'ingénieur, K 345, Paris.
- ✓ **GHESTEM A., SEGUIN E., PARIS M. ET ORECCHIONI A.M., 2001 :** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, -Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC, Paris.
- ✓ **Gullón, B.; Gullón, P.; Lú-Chau, T.A.; Moreira, M.T.; Lema, J.M.; Eibes, G(2017).** Optimization of solvent extraction of antioxidants from Eucalyptus globulus leaves by response surface methodology: Characterization and assessment of their bioactive properties. Ind. Crops Prod. 108, 649–659. [CrossRef]
- ✓ **Goldbeck, J.C.; Do Nascimento, J.E.; Jacob, R.G.; Fiorentini, M.Â.; Da Silva, W.P(2014).** Bioactivity of essential oils from Eucalyptus globulus and Eucalyptus urograndis against planktonic cells and biofilms of Streptococcus mutans. Ind.Crops Prod., 60, 304–309. [CrossRef]
- ✓ **Gominho, Jorge Lourenço Ana Marques, António Velez Pereira et Helena,2020,** An extensive study on the chemical diversity of lipophilic extractives from Eucalyptus globulus wood, *Phytochemistry*. vol 180 :1-8
- ✓ **González-Burgos, E.; Liaudanskas, M.; Viškelis, J.; Žvikas, V.; Janulis, V.; Gómez-Serranillos, M.P(2018).** Antioxidant activity, neuroprotective properties and bioactive constituents analysis of varying polarity extracts from Eucalyptus globulus leaves. J. Food Drug Anal. 26, 1293–1302. [CrossRef]
- ✓ **Göger, G.; Karaca, N.; Altınbaşak, B.B.; Demirc, B.; Demirci, F(2020).** In vitro antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory evaluation of Eucalyptus globulus essential oil. Nat. Volatiles Essent. Oils 7, 1–11.
- ✓ **Harkat-Madouri L., Boudria A., Madani K., Bey-Ould Si Said Z., Rigou P., Grenier D., Allalou H., Remini H., Adjaoud A., Boulekbache-Makhlouf L. (2015).** Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of Eucalyptus globulus from Algeria . Industrial Crops and Products 78:148–153.

Références Bibliographique

- ✓ **Hossain, M.A., M. Kabir, S. Salehuddin, S.M. Rahman, A. Das, S.K. Singha, M.K. Alam, and A. Rahman,(2010)** Antibacterial properties of essential oils and methanol extracts of sweet basil *Ocimum basilicum* occurring in Bangladesh. *Pharmaceutical biology*, 2010. **48(5)**: p. 504-511.
- ✓ **Hussain, A.I.(2009)** Characterization and biological activities of essential oils of some species of Lamiaceae. Thèse de Doctorat, University of Agriculture, Faisalabad.
- ✓ **Harkat-Madouri L., Boudria A., Madani K., Bey-Ould Si Said Z., Rigou P., Grenier D., Allalou H., Remini H., Adjaoud A., Boulekbache-Makhlouf L. (2015).** Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria . *Industrial Crops and Products* 78:148–153.
- ✓ **Hafsa, J.; ali Smach, M.; Ben Khedher, M.R.; Charfeddine, B.; Limem, K.; Majdoub, H.; Rouatbi, S(2016).** Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films containing *Eucalyptus globulus* essential oil. *LWT Food Sci. Technol.* 68, 356–364. [CrossRef]
- ✓ **Hac-WydroetSzydło (2016)** The influence of environmentally friendly pesticide – Eucalyptol – alone and in combination with terpinen-4-ol– on model bacterial membranes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* . 146: 918-923.
- ✓ **Handa S.S., Thappa R.K. etAgarwal S.G. (2002)** Cultivation and production of eucalypts in India: With special reference to the leaf oils. *In: Coppen, J.J.W. (ed.) Eucalyptus: The Genus Eucalyptus.* Taylor and Francis, London and New York, pp. 249–264
- ✓ **Hafsa, J.; ali Smach, M.; Ben Khedher, M.R.; Charfeddine, B.; Limem, K.; Majdoub, H.; Rouatbi, S(2016).** Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films containing *Eucalyptus globulus* essential oil. *LWT Food Sci. Technol.* 68, 356–364. [CrossRef]
- ✓ **Harkat-Madouri, L.; Asma, B.; Madani, K.; Said, Z.B.-O.S.; Rigou, P.; Grenier, D.; Allalou, H.; Remini, H.; Adjaoud, A.; Boulekbache-Makhlouf, L(2015).** Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Ind. Crops Prod.* 78, 148–153. [CrossRef]
- ✓ **Ishnava, K.B.; Chauhan, J.B.; Barad, M.B(2013)** . Anticariogenic and phytochemical evaluation of *Eucalyptus globules* Labill. *Saudi J. Biol. Sci.* 20, 69–74. [CrossRef] [PubMed]
- ✓ **INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE FORESTIÈRE.** 1996. «La foret algérienne ». - Bainem- Alger février –mars, page 10.
- ✓ **Jamil, K.; Asmuddin, M.; Ranawat, B.; Rao, C(2017)** . Estimation of antibacterial activity of plants extracts from *Phyllanthus emblica*, *Terminalia chebula* and *Eucalyptus globulus* against oral pathogens. *Int. J. Dent. Oral Heal* 3, 100–104. [CrossRef]

Références Bibliographique

- ✓ **Juergens UR, Dethlefsen U, Steinkamp G, Gillissen A, Repges R, Vetter H. (2003).** Anti-inflammatory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial. *Respir Med* .97(3): 250-6.
- ✓ **Juergens UR, Stöber M, Vetter H. (1998).** Inhibition of cytokine production and arachidonic acid metabolism by eucalyptol (1,8-cineole) in human blood monocytes in vitro. *Eur J Med Res*. 3(11): 508-10.
- ✓ **Juergens, U., Dethlefsen, U., (2003).** Activité anti-inflammatoire du 1,8-cinéol (eucalyptol) dans l'asthme bronchique: essai à double insu contrôlé par placebo. *Médecine respiratoire*, 97: 250- 256.
- ✓ **Kohen, R. and A. Nyska, (2002)** Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods of their quantification. *Toxicol Pathol*, 30 (6): 620-50.
- ✓ **Kamal, M., Tantaoui, El.A., Ismaili, A.M., 1997.** Etude du pouvoir anti- fongique des fumées de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*. *Plantes médicinales et aromatiques et leurs huiles essentielles*. Actes Editions.
- ✓ **Koziol N.** Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora*: qualité, efficacité et toxicité. Thèse pour obtenir le Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie. Université de Lorraine, France, 2015.
- ✓ **Kumar, P.; Mishra, S.; Malik, A.; Satya, S(2012).** Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta Trop*. 122, 212–218. [CrossRef]
- ✓ **Kozuka M., Sawada T., Kasahara F., Mizuta E., Amano T., Komiya T., et Goto M.,1982 ,**The Granulation-Inhibiting Principles from *Eucalyptus globulus* LABILL. III. The Structures of Euglobal-III, -IVb and -VII, *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, vol 30 (6) :1964-1973
- ✓ **Labate CA, De Assis TF, Oda S, Mello EJ, Mori ES, Moraes MLT, Cid LPB, Gonzáles ER, Alfenas AC, Zauza EA, Foelkel C, Moon DH, De Carvalho MCCG, Caldas DGG, Carneiro R (2009)** *Eucalyptus*. In: Kole C, Hall T (eds) *Compendium of transgenic crop plants*. Wiley, Chichester, pp 35–108
- ✓ **LAADEL Nouredine (2014)** IMPACT DE LA FAUNE ENTOMOLOGIQUE SUR LE DEPERISSEMENT DE L'*Eucalyptus camaldulensis* DANS LES REGIONS DE SETIF ET BORDJ BOU ARRERIDJ. 106p
- ✓ **Limam, H.; Ben Jemaa, M.; Tammar, S.; Ksibi, N.; Khammassi, S.; Jallouli, S.; Del Re, G.; Msaada, K(2020)** . Variation in chemical profile of leaves essential oils from thirteen Tunisian *Eucalyptus* species and evaluation of their antioxidant and antibacterial properties. *Ind. Crops Prod*. 158, 112964. [CrossRef]
- ✓ **Luo, J.; Qi, S.; Peng, L.; Xie, X(2015).** Phytoremediation potential of cadmium- contaminated soil by *Eucalyptus globulus* under different coppice systems. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 14,

Références Bibliographique

- 321–325. [CrossRef]
- ✓ **Lombard, L., Chen, S.F., Mou, X., Zhou, X.D., Crous, P.W. et Wingfield, M.J., 2015**, species, hyper-diversity and potential importance of *Calonectria* spp. from *Eucalyptus* in South China, *Studies in Mycology*, vol 80(38) :151-188
 - ✓ **Luo, J.; Qi, S.; Peng, L.; Xie, X(2017)** . Enhanced phytoremediation capacity of a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and Chickpeas. *J. Geochem. Explor.* 182, 201–205. [CrossRef]
 - ✓ **Laguerre V. (2015)** Huiles essentielles et 1, 8-cinéole. *Sciences pharmaceutiques*. hal- 01770640.
 - ✓ **Morsi, M.M.; Abdelmigid, H.M(2016)**. Allelopathic activity of *Eucalyptus globulus* leaf aqueous extract on *Hordeum vulgare* growth and cytogenetic behaviour. *Aust. J. Crop Sci.* 10, 1551–1556. [CrossRef]
 - ✓ **Madhavi, D., S. Deshpande, and D.K. Salunkhe, (1995)** Food antioxidants: Technological: Toxicological and health perspectives. CRC Press.
 - ✓ **Mulyaningsih, S.; Sporer, F.; Zimmermann, S.; Reichling, J.; Wink, M(2010)** . Synergistic properties of the terpenoids aromadendrene and 1,8-cineole from the essential oil of *Eucalyptus globulus* against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant pathogens. *Phytomedicine* 17, 1061–1066. [CrossRef]
 - ✓ **Merghni, A.; Noumi, E.; Hadded, O.; Dridi, N.; Panwar, H.; Ceylan, O.; Mastouri, M.; Snoussi, M(2018)** . Assessment of the antibiofilm and antiquorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* essential oil and its main component 1,8-cineole against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Microb. Pathog.* 118, 74–80. [CrossRef]
 - ✓ **Mekonnen A., Yitayew B., Tesema A., Taddese S. (2016)**. *In Vitro* Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis*. *International Journal of Microbiology*:1-8.
 - ✓ **Mekonnen, A.; Yitayew, B.; Tesema, A(2016).**; Taddese, S. In vitro antimicrobial activity of essential oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis*. *Int. J. Microbiol.* [CrossRef] [PubMed]
 - ✓ **Maciel M.V., Morais S.M., Bevilaqua C.M.L., Silva R.A., Barros R.S., Sousa R.N., Sousa L.C., Brito E.S., Souza-Neto M.A.(2010)**. Chemical composition of *Eucalyptus* spp. essential oils and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. *Veterinary Parasitology* 167:1-7.
 - ✓ **Moujanni A, (2017)** Essamadi AK, Terrab A. L’apiculture au Maroc: focus sur la production de miel.
 - ✓ **MALAN, F. A. (1995)** *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO

Références Bibliographique

- INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo. Anais... São Paulo: IPEF/IPT: 1-19.
- ✓ **Marien Jean-Noël, IdrissiAzami Ahmed (2011)** Le développement des plantations clonales d'eucalyptus au Maroc : Une dynamique toujours plus actuelle. *ForêtMéditerranéenne*, 32 (1): 31-38.
 - ✓ **Mekelleche, H.** Contribution à l'étude morphométrique d'*Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtacées) dans la région de Tlemcen. Département d'Ecologie et Environnement, Université AboubakerBelkaid-Tlemcen, Algérie, 2015.
 - ✓ **Melun F et Nguyen The N (2012)** L'Eucalyptus en France : une espèce remarquable pour la production de biomasse. *Revue Forestière Française*, n°1 p 7 à 26.
 - ✓ **Métro A. (1970)** Les Eucalyptus dans le monde méditerranéen. AgroParisTech, Nancy, France.
 - ✓ **Mathias N., Eastaugh C., Adams M. (2020)** Managing mixed Callitris-Eucalyptus forests for carbon and energy in central-eastern Australia. *Biomass and Bioenergy* 140: 105656.
 - ✓ **Mulyaningsih Sri, Sporer Frank, Reichling Jürgen et Wink Michael,2011**, Antibacterial activity of essential oils from Eucalyptus and of selected components against multidrug-resistant bacterial pathogens, *Pharm Biol*, vol 49(9):893-899
 - ✓ **Misico, Rosana I. Nicotra Viviana E., Oberti Juan C., Barboza Gloria, Gil Roberto R. et Burton Gerardo,2011**, Withanolides and Related Steroids, *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*, vol 94 :127–229 in Kinghorn A. Douglas, Falk Heinz, Gibbons Simon, Kobayashi Jun'ichi, Asakawa Yoshinori et Liu Ji-Kai, *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products* 109 Ed Springer International, 567p
 - ✓ **Meister, R., Wittig, T., 1999.** Efficacy and tolerability of myrtol standardized in long- term treatment of chronic bronchitis. A double-blind, placebo-controlled study. Study Group Investigators. *Arzneimittelforschung* Apr; 49 (4):351-8.
 - ✓ **Mekonnen, A.; Yitayew, B.; Tesema, A.; Taddese, S(2016).** In vitro antimicrobial activity of essential oil of *Thymus schimperii*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis*. *Int. J. Microbiol.* [CrossRef] [PubMed]
 - ✓ **Noumi, E.; Snoussi, M.; Bakhrouf, A(2010).** In vitro effect of *Melaleuca alternifolia* and *Eucalyptus globulus* essential oils on mycelia formation by oral *Candida albicans* strains. *Afr. J. Microbiol. Res*4, 1332–1336.
 - ✓ **Noumi, E.; Snoussi, M.; Hajlaoui, H.; Trabelsi, N.; Ksouri, R.; Valentin, E.; Bakhrouf, A (2011).** Chemical composition, antioxidant and antifungal potential of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) and *Eucalyptus globulus* essential oils against oral *Candida* species. *J. Med. Plants Res.* 5,

- 4147–4156.
- ✓ **Nega, F.; Gudeta, T.B(2019).** Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* Labill. on seed germination and seedling growth of highland teff (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter)) and barely (*Hordeum vulgare* L.). *J. Exp. Agric. Int* 30, 1–12. [CrossRef]
 - ✓ **Nile, S.H.; Keum, Y.S(2018).** Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and antitumor activities of *Eucalyptus globulus* Labill. *Indian J. Exp. Biol.* 56, 734–742
 - ✓ **Obeizi, Z.; Benbouzid, H.; Ouchenane, S.; Yilmaz, D.; Culha, M.; Bououdina, M(2020).** Biosynthesis of Zinc oxide nanoparticles from essential oil of *Eucalyptus globulus* with antimicrobial and anti-biofilm activities. *Mater. Today Commun.* 25, 101553. [CrossRef]
 - ✓ **Obiorah, S.; Eze, E.; Obiorah, D.; Orji, N.; Umedum, C.17–18 March(2012).** Phytochemical and antimicrobial studies on the extracts from leaves of *Cajanus cajan* and *Eucalyptus globulus*. In *Proceedings of the International Conference on Environment, Chemistry and Biology, Singapore, Volume 49*, pp. 192–197.
 - ✓ **Osawa Kenji, Yasuda Hideyuki, Morita Hiroshi, Takeyaet Koichi et Itokawa Hideji,1995 ,** Eucalyptone from *Eucalyptus globulus*, *Phytochemistry*, vol 40 (1) : 183-184
 - ✓ **Papachristos D.P., Karamanoli K.I, Stamopoulos1 D.C., Menkissoglu-Spiroudi U. (2004).** The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Pest Manag Sci* 60:514–520.
 - ✓ **Pereira, V.; Dias, C.; Vasconcelos, M.C.; Rosa, E.; Saavedra, M.J(2014) .** Antibacterial activity and synergistic effects between *Eucalyptus globulus* leaf residues (essential oils and extracts) and antibiotics against several isolates of respiratory tract infections (*Pseudomonas aeruginosa*). *Ind. Crops Prod.* 52, 1–7. [CrossRef]
 - ✓ **Pino, J.A.; Moncayo-molina, L.; Spengler, I.; Pérez, J.C(2021) .** Chemical composition and antibacterial activity of the leaf essential oil of *Eucalyptus globulus* Labill. from two highlands of the canton Cañar, Ecuador. *Rev. CENIC Ciencias Químicas* 52, 26–33.
 - ✓ **Puig, C.G.; Revilla, P.; Barreal, M.E.; Reigosa, M.J.; Pedrol, N(2019) .** On the suitability of *Eucalyptus globulus* green manure for field weed control. *Crop Prot.* 121, 57–65. [CrossRef]
 - ✓ **Puig, C.G.; Álvarez-Iglesias, L.; Reigosa, M.J.; Pedrol, N(2013) .** *Eucalyptus globulus* leaves incorporated as green manure for weed control in maize. *Weed Sci.* 61, 154–161. [CrossRef]
 - ✓ **Pinto, M.; Soares, C.; Martins, M.; Sousa, B.; Valente, I.; Pereira, R.; Fidalgo, F(2021) .** Herbicidal effects and cellular targets of aqueous extracts from young *Eucalyptus globulus* Labill. Leaves. *Plants* 10, 1159. [CrossRef] [PubMed]
 - ✓ **Quatrin, P.M.; Verdi, C.M.; de Souza, M.E.; de Godoi, S.N.; Klein, B.; Gundel, A.; Wagner,**

Références Bibliographique

- R.; de Almeida Vaucher, R.; Ourique, A.F.; Santos, R.C.V(2017).** Antimicrobial and antibiofilm activities of nanoemulsions containing Eucalyptus globulus oil against *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida* spp. *Microb. Pathog.* 112, 230–242. [CrossRef]
- ✓ **Richard F. et Peyron F.,(1992) .** Manuel des corps gras, paris, Ed : Lavoisier, Tec.et Document., pp : 12228-1242.
- ✓ **Reboredo, F.H.; Pelica, J.; Lidon, F.C.; Pessoa, M.F.; Silva, M.M.; Guerra, M.; Leitão, R.; Ramalho, J.C(2021).** The tolerance of Eucalyptus globulus to soil contamination with arsenic. *Plants* 10, 627. [CrossRef] [PubMed]
- ✓ **Rabiai M,** étude physicochimique et évaluation de l'activité biologique d'une huile essentielle et l'extrait aqueux d'eucalyptus globulus de la région m'sila, mémoire de master, universite de m'sila, **2014.**
- ✓ **Rodrigues, V.H.; de Melo, M.M.R.; Portugal, I.; Silva, C.M(2018).** Extraction of Eucalyptus leaves using solvents of distinct polarity. Cluster analysis and extracts characterization. *J. Supercrit. Fluids* 135, 263–274. [CrossRef]
- ✓ **SCHNITZLER, P., SCHÖN, K. et REICHLING, J. avril (2001)** Antiviral activity of Australian tea tree oil and eucalyptus oil against herpes simplex virus in cell culture. *Die Pharmazie..* Vol. 56, n° 4, pp. 343-347. PMID: 11338678
- ✓ **SANTOS, F. A. et RAO, V. S. . juin(2000).** Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1,8-cineole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytotherapy research: PTR.* Vol. 14, n° 4, pp. 240-244. PMID: 10861965
- ✓ **Silva J, Abebe W, Sousa SM, Duarte VG, Machado MI, Matos FJ. (2003).** Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. *JEthnopharmacol* .89(2-3): 277-83.
- ✓ **Sharma, A.D.; Farmaha, M.; Kaur, I.; Singh, N(2021) .** Phytochemical analysis using GC-FID, FPLC fingerprinting, antioxidant, antimicrobial, anti- inflammatory activities analysis of traditionally used Eucalyptus globulus essential oil. *Drug Anal. Res.* 5, 26–38. [CrossRef]
- ✓ **Salem N., Kefi S., Tabben O., Ayed A., Jallouli S., Feres N., Hammami M., Khammassi S., Hrigua I., Nefisi S., Sghaier A., Limam F., Elkahoui S. (2018)**
. Variation in chemical composition of Eucalyptus globulus essential oil under phenological stages and evidence synergism with antimicrobial standards. *Industrial Crops et Products* 124:115–125.
- ✓ **Site web N°3:**
https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=eucalyptus_ps
(Consulter le 15/05/2021) *ci. Technol. Res.*, 15 (3): 331 –336.
- ✓ **Sharma, A.D.; Kaur, I(2021).** By-product hydrosol of Eucalyptus globulus essential oil

Références Bibliographique

- distillation as source of botanical insecticides: Wealth from waste. Not. Sci. Biol. 13, 10854. [CrossRef]
- ✓ **Sharma, A.D.; Farmaha, M.; Kaur, I.; Singh, N(2021).** Phytochemical analysis using GC-FID, FPLC fingerprinting, antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory activities analysis of traditionally used *Eucalyptus globulus* essential oil. Drug Anal. Res. 5, 26–38. [CrossRef]
 - ✓ **Singh I. and Sidana J. (2014)** Chemistry of the Genus *Eucalyptus*.in: Bhojvaid et al. (ed) *Eucalypts in India*. ENVIS Centre on Forestry. India.
 - ✓ **Singh et Dhakad, (2018)** GROWTH PREDICTION MODEL FOR EUCALYPTUS HYBRID IN INDIA. Journal of Tropical Forest Science 30(4): 576–587.
 - ✓ **Simpson. M. G. (2010)** Plant Systematics, Second Edition, Academic Press is an imprint of E
 - ✓ **Site** **web** **N°4:**
<https://prota4u.org/database/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Eucalyptus+camaldulensis+Dehnh.>
 - ✓ **Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaique, H., Villalobos, M., Smeriglio, A. ,2019,** Insights into *Eucalyptus* genus chemical constituents, biological activities and health-promoting effects. *Trends Food Sci. Technol*, vol 91 :609–624
 - ✓ **Sugimoto Keiichiro , Nakagawa Kazuya, Hayashi Shuichi, Amakura Yoshiaki, Yoshimura Morio, Yoshida Takashi, Yamaji Ryoichi, Nakano Yoshihisa , et Inui Hiroshi,2009** ,Hydrolyzable Tannins as Antioxidants in the Leaf Extract of *Eucalyptus globulus* Possessing Tyrosinase and Hyaluronidase Inhibitory Activities, Food science and technology, vol 15 (3) :331-336 (Consulter le 11/06/2021) Isevier.428-432.
 - ✓ **Santos, F.A., Rao, VS., 2000.** Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1, 8- cinéole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytother. Res Jun*; 14(4): 240-244.
 - ✓ **Turnbull J. W. et Booth T. H. (2002)** *Eucalypts in cultivation: an overview*. In: Coppen, J.J.W. (ed.) *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus*. Taylor and Francis, London and New York, pp. 51–73.
 - ✓ **Tesche, S., Metternich, F., 2008.**The value of herbal medicines in the treatment of acute non-purulent rhinosinusitis. Results of a double-blind, randomised, controlled trial. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol*.Nov; 265(11):1355-1359
 - ✓ **Taur, D.J.; Kulkarni, V.B.; Patil, R.Y(2010).** Chromatographic evaluation and anthelmintic activity of *Eucalyptus globulus* oil. *Pharmacogn. Res.* 2, 125–127. [CrossRef] [PubMed]
 - ✓ **Unasylva, (1963)** *Revue internationale des forêts et des produits forestiers*. Vol. 17, No. 68. FAO.
 - ✓ **Verhaegen Daniel, Honoré Randrianjafy, Pierre Montagne, Pascal Danthu, Raymond Rabevohitra, et al.. (2011)** Historique de l'introduction du genre *Eucalyptus* à Madagascar. Bois et Forêt des Tropiques, Bois et Forêts des Tropiques, pp.17-25, . cirad- 00845157.

Références Bibliographique

- ✓ **Vilela G.R., De Almeida G.S., Bismara Regitano D'Arce M.A., Duarte Moraes M. H., Brito J.O.V., Da Silva M.F.G.F., Cruz Silva S., Piedade S.M.S., Calori- Domingues M. A., Micotti da Gloria E. (2009).** Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *Journal of Stored Products Research* 45:108–111.
- ✓ **VALNET J., 1984 :** Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes. Maloine S.A. éditeur. Paris p 544.
- ✓ **Vecchio Maria Gabriella , Loganes Claudia et Minto Clara, 2016,** Beneficial and Healthy Properties of Eucalyptus Plants: A Great Potential Use, *the open agriculture journal*, vol 10: 52-57
- ✓ **Xie aojian, Arnold Roger J. et Wu Zhihua, 2017 ,** Advances in eucalypt research in China, *J. Front. Agr. Sci. Eng. ,* vol 4(4): 380-390.