

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière : Sciences Biologiques**

Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

Mecheri Assma & Sahraoui Yousra

Thème

Activité Antibactérienne d'Eucalyptus Radiata

Soutenu le: 12/07/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme MEDBOUA Chafaa</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme YOUSFI Massilia</i>	<i>MAB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mme SAIT-DIB Sabrina</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous tenons tous d'abord à remercier dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nous adressons toute notre gratitude à notre promotrice Madame YOUSFI Massilia pour l'aide et le suivi qu'elle nous a fournis tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement :

Madame MADBOUA Chafiaa pour accepter de présider ce jury, Madame SAIT-DIB Sabrina pour accepter d'examiner ce travail.

Enfin nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédier ce travail à :

Celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ...

A mon père, écolle de mon enfance, qui est mon ombre durant toutes les années des études, et qui à veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger .Que dieu les gardes et les protège.

À ma grand-mère et mon grand-père que dieu les gardes.

A mes chères frères NOURDDINE, FAYÇAL, RIDA et ADEL

A mes adorable sœurs HAFSA, HANIA et RADIA.

A tout mes tantes et mes oncles.

A tout mes chères amies MERIEME, AME , Imen et

Noura

A vous YOUSRA ma chère binôme.

ASSMA

Dédicaces

Je dédier ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père

Pour m'avoir permis de réaliser mes études dans les meilleures conditions possibles,

Pour avoir toujours cru en moi,

*Pour votre soutien sans faille, vos encouragements, ainsi que votre présence,
Puisse ce travail être le témoignage de la reconnaissance et de l'amour que je vous porte.*

A mes frères (Abd Errahim, Rayan et Mohamed El hadi) et mes sœurs, (Romaïssa et Itizam)

Pour votre présence exceptionnelle dans ma vie,

Pour tous les bons moments passés ensemble et ceux à venir.

A l'ensemble de ma famille,

Pour votre soutien et votre présence à mes côtés depuis toujours,

Pour tous les bons moments passés ensemble et ceux à venir.

A mes amis Amel, Merieme, Imen et Noura

Pour votre amitié sincère et votre présence,

Pour tous les bons moments passés ensemble et ceux qui nous attendent encore.

A ma chère binôme Assma

YOUSRA

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I: Les plantes médicinales et la phytothérapie

I.1 Les plantes médicinales	3
I.1.1 Définition d'une plante médicinale.....	3
I.2 La phytothérapie	3
I.2.1. Définition de la Phytothérapie.....	3
I.2.2. Différents types de la Phytothérapie	4
I.2.3. Les avantages de la phytothérapie	5
I.2.4. Présentation de la famille des Myrtacées.....	5
I.3 Définition d' <i>Eucalyptus</i>	5
I.4 Étymologie du nom <i>Eucalyptu</i>	6
I.5 Répartition géographique	6
I. 6. Présentation botanique.....	7
I.6.1. Arbre.....	7
I.6.2. Feuille.....	7
I.6.3. Les fleurs.....	8
I.6.4. Les fruits et les graines.....	9
I.7. Classification botanique d' <i>Eucalyptus radiata</i>	9
I.8. Utilisation traditionnel.....	10
I.9. Classe pharmacologique	10

Chapitre II : Les huiles essentielles

II.1. définition des huiles essentielle	11
II.2. Localisation des huiles essentielles	11
II.3. Technique d'extraction	12
II.4. Utilisation des huiles essentielles	15

II.5. Traitement ultérieur des huiles essentielles.....	16
II.6. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles:	16
II.6.1. Propriétés physiques.....	16
II.6.2. propriétés chimiques.....	16
II.7. Etude chimique de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i>	17
II.8. Usage et utilisation d' <i>Eucalyptus radiata</i>	19
II.9. Toxicologie.....	19
II. 10. Les propriétés d'huile essentielle d' <i>eucalyptus radiata</i>	20
a) Expectorante et mucolytique.....	20
b) Antiseptique.....	20
c) Anti-acnéique.....	20
d) Tonifiante, positivante	21
e) Tonique hépatique.....	21

Chapitre III : Les activités biologiques

III.1. Activité antibactérienne.....	22
III.1.1. Les bactéries.....	22
III.1.2. Les antibiotiques.....	23
III.1.3. modes d'action	23
III.2. Activité antioxydant.....	24
III.2.1. Le stress oxydatif.....	24
III.2.2. Origine du stress oxydant.....	24
III.2.3. Les antioxydants	24
III.2.4. Méthodes de détermination de l'activité antioxydant.....	25
III.2.5. Mode d'action des antioxydants	25
III.3. Activité anti inflammatoire	25
III.3.1. Définition de L'inflammation.....	25
III.3.2. Type d'inflammation	25
III.3.3. Mode d'action d' <i>eucalyptus radiata</i>	26
III.4. Activité antiviral	26
III.4.1 les virus.....	26
III.4.2. Modes d'action	27
III.5. Activité antifongique.....	27
III.5.1. Champignon.....	27

III.5.2. Modes d'action	27
-------------------------------	----

Chapitre IV : Évaluation de l'activité antibactérienne

IV.1.Présentation de l'étude.....	28
IV.2. Préparation d'échantillon	28
IV.2.1. Séchage et Broyage.....	28
IV.3. Extraction des huiles essentielles.....	29
IV.4.Détermination des rendements en huiles essentielles	30
IV. 5. Etude des propriétés physiques	30
IV.5. 1. Densité relative à 20°C (NFT 75 111, 1982)	30
IV.5. 2. Indice de réfraction (NFT 75 112, 1977)	30
IV.6.Activité antimicrobienne.....	31
IV.6.1.Origine et choix des souches microbiennes.....	31
IV.6.2. Standardisation des souches.....	32
IV.6.3.Méthode de diffusion sur gélose	32
IV. 6. 4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	33
IV. 6. 5. Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB)	33
IV.7..Présentation des résultats.....	34
IV.8.Discussion.....	36
Conclusion	38

Références bibliographique

Résumé

Liste des tableaux

Tableau I: Classification botanique d' <i>Eucalyptus radiata</i>	9
Tableau II: Principaux composés des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus radiata</i>	18
Tableau III: structure chimique des deux composants principaux de l'HE d' <i>E. radiata</i>	19
Tableau IV: Identification et transformation des échantillons des deux plantes étudiées.....	28
Tableau V: représente l'origine et les caractéristiques des souches bactériennes.....	31
Tableau VI : la concentration minimale d'inhibition d'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i>	34
Tableau VII : L'activité antimicrobienne (CMI et CMB) des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus radiata</i>	35
Tableau VIII : L'activité antimicrobienne des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus radiata</i>	35

Liste des figures

Figure 01 : la répartition géographique d' <i>eucalyptus radiata</i> dans le monde	6
Figure 02 : la répartition géographique d' <i>E. radiata</i> en Australie	6
Figure 03 : l'arbre d' <i>E radiata</i>	7
Figure 04 : Ecorce d' <i>E radiata</i>	7
Figure 05 : feuilles d' <i>E. radiata</i>	8
Figure 06 : fleurs d' <i>E. radiata</i>	8
Figure 07 : les fruits d' <i>E radiata</i>	9
Figure 08 : Provenance des huiles essentielles en fonction des différentes parties de plantes.....	12
Figure 09 : hydrodistillation.....	13
Figure 10 : L'appareille de L'extraction par CO2.....	14
Figure 11 : Extraction-par-micro-ondes.....	15
Figure 12 : Gram positif.	22
Figure 13 : Gram négatif.	22
Figure 14 : schéma d'un montage d'hydrodistillation.....	29

Liste des abréviations

ADN Acide désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de NORmalisation

ARN :Acide ribonucléique

ATB : Antibiotique.

CMB : concentrations minimales bactéricides

CMI: concentration minimale inhibitrice

CO2: Dioxyde de carbone

DMSO : Diméthyle sulfoxyde

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

E. coli: *Escherichia coli*

FRAP : ferric reducing antioxidant power

H.Es : Huiles essentielles

L.monocytogenes : *Listeria monocytogenes*

MHA : Müller-Hinton Agar

N.A.S : agar nutritif saccharose

OMS : Organisation mondiale de la santé

ORL : Oto-rhino-laryngologie

P. aeruginosa :*Pseudomonas aeruginosa*

S. aureus :*Staphylococcus aureus*

UFC: Unité formant colonie

UV: Ultraviolet

Introduction

Introduction

L'échec des traitements médicamenteux conventionnels, en particulier dans le cas des maladies chroniques, a une incidence élevée d'effets secondaires, des prix élevés des médicaments et une infrastructure médicale insuffisante dans les pays en développement, ce qui rend une grande partie de la population mondiale dépendante principalement des produits naturels ou médecine auxiliaire pour le traitement (**Ouakrouch et EL ANSARI, 2015**)

Depuis des milliers d'années, l'homme utilise diverses plantes trouvées dans son environnement pour traiter et guérir diverses maladies. (**Lee, K.H.2004**). Ces plantes représentent un grand nombre de composés potentiels attribués à des métabolites secondaires et ont l'avantage de présenter une variété de bénéfices divers. De par leur structure chimique, ils présentent un large éventail d'activités biologiques. Cependant, l'évaluation de ces activités reste une tâche très intéressante et de nombreuses études peuvent être intéressantes. (**Zeghad, 2009**)

L'Algérie, en raison de sa large aire de répartition terrestre du nord vers sud et d'est en ouest, et par sa variation climatique, possède une flore diversifiée et riche et en elle a été dénombrée de nombreuses espèces aromatiques sensibles aux huiles essentielles (**Fekih, 2014**). L'étude de ces dernières est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté et les développements exponentiels des biotechnologies végétales. L'histoire de l'aromathérapie naquit ainsi et, avec les progrès de la science, de nouveaux principes actifs et de nouvelles propriétés pharmacologiques ont permis de faire des plantes aromatiques et médicinales d'authentiques médicaments (**Moro boronzo, 2008**).

En médecine moderne, Malgré l'utilisation des antibiotiques a un grands succès pour le traitement des maladies infectieuses, mais la progression de la résistance bactérienne et l'absence réelles de découverte de nouveaux antibiotiques dans les années à venir, deviennent un problème thérapeutique qui conduit à étudier l'efficacité des plantes afin d'isoler les principes actifs (**Toty et al., 2013**), car la phytothérapie qui repose sur des remèdes naturels est bien acceptée par l'organisme(**Zeghad, 2009**).

Les huiles essentielles sont d'intérêt croissant pour les industries et la recherche scientifique en raison, d'une part, de leurs activités antioxydants, antibactériennes et antifongiques (**Hellal, 2011**). Beaucoup de recherches ont été effectuées sur l'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, notamment contre différentes espèces bactériennes.

Parmi les huiles essentielles utilisées en médecine, en parfumerie et aussi en industrie alimentaire, on retrouve celle des feuilles d'*E. radiata*. Elles ont des propriétés antiseptique (**Koziol,**

Introduction

2015), anti-inflammatoire (Chabenat, 1991), Anti-acnéique (Chaumont et Millet-Clerc, 2011) , et antiviral (Morel ,2008).

L'objectif de ce travail est donc de réaliser une étude de l'activité biologique (antibactérienne)

Notre mémoire est réparti en deux parties :

➤ **La première partie constitue l'étude bibliographique, divisée en trois chapitres ;**

◆ **Chapitre 1 :** Les plantes médicinales et la phytothérapie

◆ **Chapitre 2 :** les huiles essentielles

◆ **Chapitre 3 :** les activités biologiques

➤ **La deuxième partie est consacrée à; le protocole expérimentale, étude épidémiologique**

Le manuscrit se termine par une conclusion générale qui portera sur une lecture attentive des différents résultats et des perspectives à entreprendre à l'avenir.

En raison de la situation épidémiologique dans le pays et qui a touché tous les pays du monde causé par le virus coronavirus(COVID19), qui se caractérise par une propagation rapide et continue, un système de quarantaine a été mis en œuvre dans le payé pour le contrôle de ce virus, de ce fait notre stage pratique pour aboutir à l'objectif de notre étude a été mis en arrêt. Pour cela, nous nous sommes limité à une synthèse bibliographique analytique comportant le troisième chapitre sur la méthodologie a suivre pour la caractérisation du pouvoir antibactérien de notre plante.

CHAPITRE I

Les plantes médicinales et la phytothérapie

De puis toujours, Les plantes ont été utilisé comme moyen de guérison. Ces plantes faisaient référence aux plantes médicinales, mais elles nous donnent encore aujourd'hui un potentiel d'action et de soins. Ils sont également la base de notre médecine et de notre médecine moderne. Selon les données de l'OMS (Organisation mondiale de la santé), en 2008, environ 80% de la population mondiale dépendait principalement de la médecine traditionnelle pour répondre à ses besoins de santé de base **(Lhuillier, 2007)**.

La recherche scientifique actuelle se concentre sur la phytothérapie. En effet, les plantes médicinales ont des métabolites secondaires, ces métabolites ont une variété d'activités biologiques.

I.1. Les plantes médicinales

I.1.1 Définition d'une plante médicinale

La définition d'une plante médicinale est très simple. En fait il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses **(Farnsworth *et al.*, 1986)**.

Dans le monde, il existe environ 35 000 espèces de plantes utilisées à des fins médicinales, constituant la plus grande biodiversité utilisée par l'homme. Malgré l'influence croissante des systèmes de santé modernes, les plantes médicinales continuent de répondre à des besoins importants **(Zeghad, 2009)**.

I.2. La phytothérapie

I.2.1. Définition de la Phytothérapie

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques : *phuton* et *therapeia* qui signifient respectivement "plante" et "traitement". **(Chabrier, 2010)**. Il s'agit d'une pratique ancienne fondée sur des connaissances expérimentales qui ont été transmises et enrichies au cours de multiples générations. La phytothérapie, désigne le traitement par les plantes, est une méthode thérapeutique qui utilise l'action des plantes médicinales. **(Gahbiche, 2009)**.

La phytothérapie est une discipline qui se renouvelle toujours, car la recherche de nouveaux médicaments est continue (Sadou *et al.*, 2015).

I.2.2. Différents types de la Phytothérapie

- **L'aromathérapie**

L'aromathérapie est l'utilisation médicale des extraits aromatiques des plantes.

En réalité le terme « aromathérapie », issu du latin « *aroma* = odeur » et du grec « *therapein* = soin ». (Cazau-Beyret, 2013). Ce terme a été inventé par René Maurice Gattefossé, pharmacien français dans les années 1910. (Pierron, 2014).

- **Gemmothérapie**

La gemmothérapie est une branche de la phytothérapie qui utilise les tissus embryonnaires frais (bourgeons et jeunes pousses) sous forme de macérât glycérine (Andriane, 2008).

- **Herboristerie**

Correspond à la phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie utilise des plantes fraîches ou séchées; elle utilise des plantes entières ou des parties de plantes (écorce, fruits, fleurs). La méthode de préparation est basée sur une méthode simple, et dans la plupart des cas, elle est à base d'eau: décoction, infusion, macération. Ces formulations se présentent également sous la forme de capsules plus modernes de poudres végétales séchées avalées par le sujet. (Raison-Peyron, 2012).

- **Homéopathie**

Elle utilise principalement des plantes, mais pas exclusivement ; les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale. (Zeghad, 2009).

- **Phytothérapie pharmaceutique**

Utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats (Zeghad, 2009).

I.2.3. Les avantages de la phytothérapie

Bien que la médecine moderne ait fait de grands progrès, la phytothérapie peut fournir de multiples avantages. N'oublions pas que de tout temps à l'exception de ces cent dernières années, les hommes n'ont pas eu que les plantes pour se soigner, que ce soit pour des maladies bénignes, comme le rhume ou la toux, ou plus graves, comme la tuberculose ou la malaria. (Iserin *et al.*, 2001).

Aujourd'hui, avec l'efficacité de la médecine par les plantes, la phytothérapie fait à nouveau son apparition. Les antibiotiques et autres médicaments (considérés comme la solution quasi universelle aux infections graves) ont diminué et les bactéries et virus se sont progressivement adaptés aux médicaments et y résistent de plus en plus.

La phytothérapie qui repose sur des remèdes naturels est bien acceptée par l'organisme, et souvent associée aux traitements classiques. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel en occident, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite (Iserin *et al.*, 2001).

I.2.4. Présentation de la famille des Myrtacées

Les myrtacées sont une famille d'arbres et d'arbustes dicotylédones qui contient environ 3000 espèces et 134 genres, dont la plupart sont producteurs d'huiles essentielles aromatiques. Ce sont des arbres des régions tempérées, subtropicales à tropicales, couramment cultivés en Australie, dans les Amériques de l'Afrique subsaharienne, à Madagascar, dans les régions tropicales et tempérées d'Asie, dans les îles du Pacifique et en Méditerranée. (El baraka, 2019).

Parmi les genres de cette famille on peut citer nombreuses plantes aromatiques dont : *Eucalyptus*, *Psidium* dont le goyavier, *Myrtus* dont le myrte (arbuste méditerranéen), *Eugenia* dont le giroflier (*Eugenia caryophyllata*). En effet nombreuses sont les espèces de cette famille sources d'huiles essentielles utilisées en thérapeutique ou en industrie de parfumerie. (El baraka, 2019).

I.3. Définition d'*Eucalyptus*

Les *Eucalyptus* sont pour la plupart de très grands arbres appartenant à la famille des Myrtacées. Aujourd'hui, il existe plus de 500 espèces d'*eucalyptus* différentes. Ils sont

originaires d'Australie, mais peuvent également être trouvés en Amérique du Sud, en Afrique et en Europe, où ils ont appris à s'adapter à l'environnement. **(Koziol, 2015)**.

I.4.Étymologie du nom *Eucalyptus*

Le mot "eucalyptus" vient du grec eu, "bon" et kalyptos, "couvrir", puisque les pétales et les sépales sont soudés ensemble. **(Marque, 2008)**.

I.5.Répartition géographique

L'*E. radiata* est un arbre originaire d'Australie répandu dans les différentes régions du monde dispersées entre l'Afrique du sud, le Maghreb, l'Asie, l'Amérique du sud, le sud de la France.

En Australie *eucalyptus radiata* est situé sur le versant continental de la cordillère australienne dans la partie méridionale de la Nouvelle-Galles du Sud et le nord du Victoria, ainsi que sur la côte nord de Tasmanie. **(Rule et Molyneux, 2011)**.



Figure 01 : la répartition géographique d'*E. radiata* dans le monde.

L'eucalyptus a été introduit en Algérie de 1854 à 1860 ; dans les zones semi-humides et semi-arides du pays, principalement en dessous de 800 mètres d'altitude, et dans les zones avec des précipitations annuelles supérieures à 400 mm, plusieurs espèces ont obtenu d'excellents résultats. La superficie plantée en 1965 était estimée à 28 200 hectares. **(Métro, 1954)**.

En Algérie la spécificité du climat de chaque région favorisent la diversité des ressources végétales en *eucalyptus*. Vers les années 1960 et 1970 que l'on a entamé le reboisement à base d'*Eucalyptus radiata* dans défirent région.

I.6.Présentation botanique

I.6.1.Arbre

E. radiata est un très grand arbre d'une hauteur moyenne de 30 à 50 mètres. Son tronc est droit, bleu grisâtre, avec une fine écorce fibreuse à feuilles caduques ; il est séparé du tronc par un long ruban. La couleur de l'écorce varie du gris au gris-brun. Les jeunes branches sont vertes, tandis que les vieilles branches sont rouges. (Dauvergne. 2020) .



Figure 03: l'arbre d'*E radiata*.



Figure 04: Ecorce d'*E radiata*.

I.6.2.Feuille

Les feuilles d'*E. radiata* présentent un dimorphisme foliaire lié à l'âge

- Sur les jeunes plantes, elles sont sessiles, ovoïdes, opposées, presque cordiformes, courtes et acuminées.

Les feuilles des vieux rameaux sont utilisées pour extraire les huiles essentielles car elles sont plus abondantes en principes actifs que les jeunes rameaux

• Sur les arbres adultes, ils sont pédonculés, minces, avec une pointe à l'extrémité, jusqu'à 15 cm de longueur, jusqu'à 1,5 cm de diamètre, de couleur verte et alternes en forme de faucille. (Lobstein *et al.*, 2018).



Figure 05: feuilles d'*E. radiata* .

I.6.3. Les fleurs

L'*E. radiata* ont des fleurs hermaphrodites de couleur jaune crème visibles au printemps et sont caractérisées par la présence d'étamines à l'aisselle des feuilles, elles ne sont donc pas solitaires. Naissent à l'aisselle des feuilles regroupées par 11 à 20 et leur éclosion à lieu en été. Leur nectar est particulièrement estimé des abeilles. (Faucon, 2012)



Figure 06: fleurs d'*E. radiata*.

I.6.4. Les fruits et les graines

Le fruit ligneux est une grande capsule glauque qui devient brune à maturité, dure, anguleuse, verruqueuse, et s'ouvre légèrement par trois, quatre ou cinq fentes (qui forment une étoile au sommet) pour libérer de nombreuses graines sombres et minuscules. (Ghedira *et al.*, 2008).



Figure 07: les fruits d'*E radiata*.

I.7. Classification botanique d'*Eucalyptus radiata*

Tableau I: Classification botanique d'*Eucalyptus radiata*

Rang taxonomique	Nom scientifique
Sous-règne	Tracheobionta
Divisions	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae

Genre	<i>Eucalyptus</i>
Espèce	<i>Eucalyptus radiata</i>

I.8.Utilisation traditionnel

Les plantes d'*Eucalyptus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle en Australie depuis des milliers d'années. Les Aborigènes australiens utilisent les feuilles à des fins médicinales pour traiter une série d'affections, notamment les plaies et les infections fongiques (**Coppen *et al.*, 1992**) et dans des nombreux pays les feuilles d'*Eucalyptus* séchées avec la vapeur d'eau bouillante ont été utilisées comme remèdes analgésiques, anti-inflammatoires et antipyrétiques pour les symptômes des infections respiratoires et les maux de dents. (**Silva *et al.*, 2003 ; Keskitalo *et al.*, 1998 ; Warnke *et al.*, 2006**).

Ainsi les *E.radiata* sont utilisés en médecine populaire pour le traitement de diverses maladies telles que le rhume, la grippe, la fièvre et les infections bronchiques. (**Zobel, 1988 ; silvia, 2003**) .

I.9.Classe pharmacologique

Malgré le fait que l'HE d'*E. radiata* ne soit pas inscrite à la pharmacopée européenne, nous évoquerons tout de même les molécules principales qui la constituent.(**Lobstein *et al.*, 2018**).

HE d'*E. globulus* est la seule des 3 HE d'eucalyptus (d'*E. radiata* et de *C. citriodora* et *E. globulus*) qui est inscrite à la pharmacopée Européenne. Même si les HE d'*E. radiata* sont moins documentées, elles possèdent, tout de même, des propriétés qui méritent d'être mise en lumière. (**Koziol, 2015**).

Chapitre II
Les huiles essentielles

II.1.définition des huiles essentielle

Une huile essentielle (HE) peut être un ensemble de molécules pour un chimiste, un arôme pour un parfumeur ou encore la quintessence ou l'esprit d'un végétal pour un alchimiste (**Fertout, 2015**). En fait, l'huile essentielle est tout cela car c'est un produit aromatique et volatil composé de molécules sécrétées par certains arbres et plantes, lui conférant une odeur spécifique. (**Besombes, 2008**).

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils qui sont séparés des plantes par distillation de l'eau ou expression mécanique (**Kalemba et Kunicka, 2003**). Ils sont extraits de matières végétales (fleurs, bourgeons, graines, feuilles, branches, écorce, herbe, bois, Fruits et racines). (**Burt, 2004**).

Contrairement à ce que son nom l'indique, les huiles essentielles ont une consistance huileuse mais sont sans matières grasses (**Jouault, 2012**) et sont composées de centaines de molécules aromatiques volatiles et hydrophobes, ce qui rend chaque huile polyvalente et possède de nombreuses propriétés et indications, contrairement aux médicaments, contiennent généralement une seule molécule et sont utilisés une seule fois. (**Festy, 2014**).

L'huile essentielle se dissout dans le condensat ou l'eau de distillation. (**Fleisher, 1990, 1991**), plus ou moins solubles dans l'alcool et l'éther, elles sont incolores ou légèrement jaunes, inflammables, et se détériorent facilement à l'air et deviennent résineuses. Ils sont liquides à température ambiante ; certains sont solides ou partiellement cristallins ; ils n'ont pas le toucher gras et crémeux d'une huile fixe, cette dernière se caractérise par leur volatilité. Leur odeur est plus ou moins forte, sucrée, piquante ou désagréable. Ils ont la propriété de ne pas laisser de taches durables sur le papier. (**Durvelle 1930, 1893**).

Les caractéristiques de ces substances sont un ensemble d'activités biologiques prouvées par la communauté scientifique, parmi lesquelles on peut simplement citer les activités antibactériennes, anti oxydantes (**Amorati et al., 2013**), anti-inflammatoires (**serhan et al., 2010**), analgésique (**Bakkali et al., 2008**) et Immunostimulant. (**Chabenat, 1991**).

II.2. Localisation des huiles essentielles

Les H.E se trouvent presque exclusivement dans les plantes, et elles peuvent être stockées dans tous les organes des plantes aromatiques (Festy, 2008 ; Scimeca, 2007; Teixeira *et al.*, 2013).

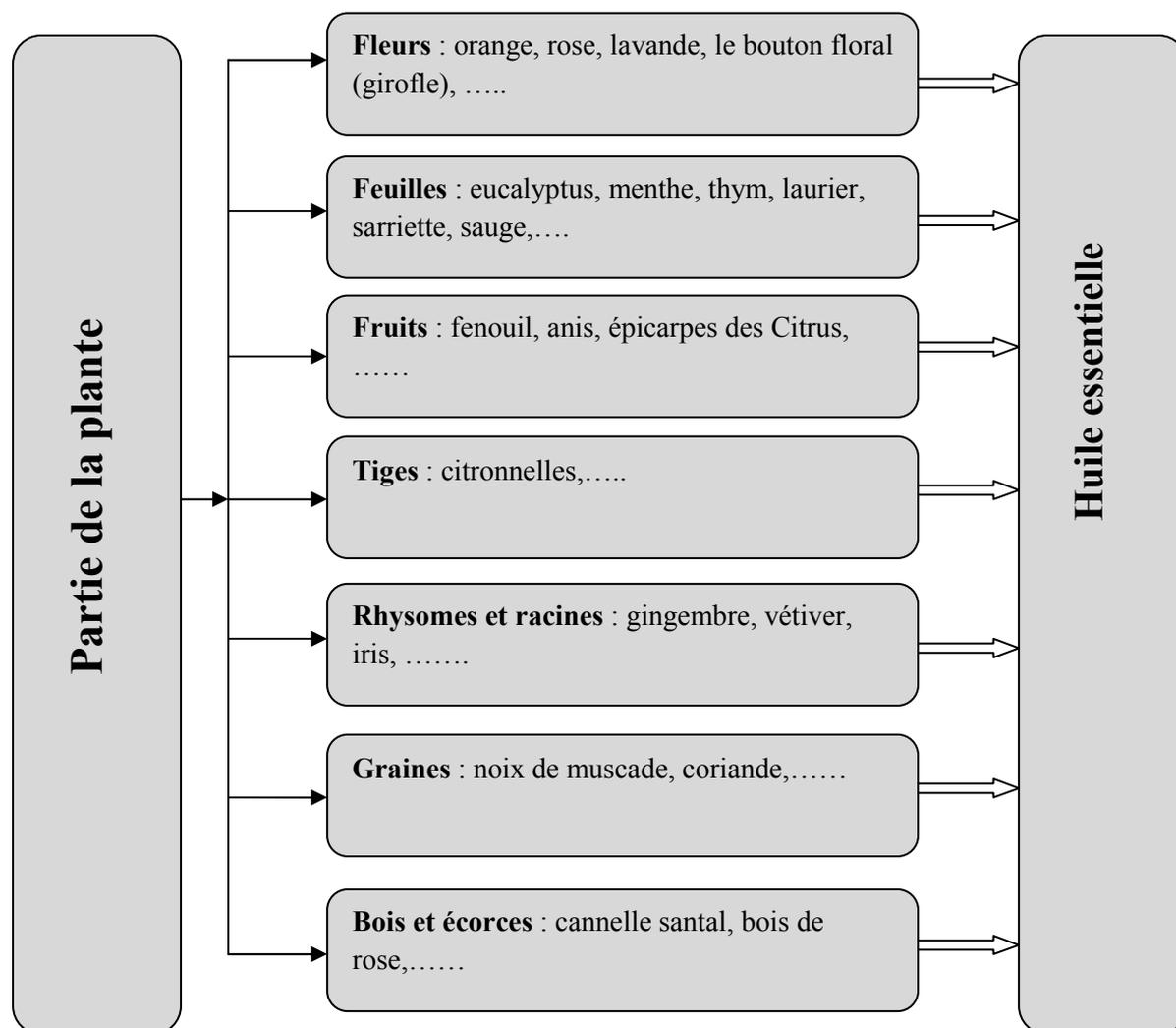


Figure 08 : Provenance des huiles essentielles en fonction des différentes parties de plantes.

II.3. Technique d'extraction

Plusieurs méthodes d'extraction ont été mises au point pour la distillation des molécules terpéniques des plantes à parfum (Khalid *et al.*, 2009 ; Gomes *et al.*, 2007 ; Andrade *et al.*, 2011 ; Slima *et al.*, 2013). Cependant les composés volatiles sont connus comme étant thermosensibles et vulnérables aux réactions chimiques. La perte de certains constituants, la dégradation de quelques composés insaturés par effet thermique ou par

hydrolyse, ainsi que la présence de résidus de solvants organiques plus ou moins toxiques peuvent être engendrés par ces techniques d'extraction.

❖ Extraction par Hydrodistillation

Elle consiste à plonger les matières premières dans un bain-marie puis à faire bouillir le tout.

Elle est généralement réalisée sous pression atmosphérique. La distillation peut être réalisée avec ou sans mélange de l'eau aromatique obtenue lors du procédé de décantation. Les inconvénients de ce procédé sont principalement dus aux effets de la vapeur ou de l'eau bouillante ; certains organes végétaux, notamment les fleurs, sont trop fragiles pour résister à l'entraînement de vapeur et au traitement par distillation de l'eau (HD). (Farhat, 2010).

L'instabilité de la composition de l'HE explique que la composition du produit obtenu par HD est généralement différente de la composition du mélange initialement présent dans les organes sécrétoires des plantes. (Lucchesi, 2005 ; Boukhatem *et al.*, 2018). L'hydrodistillation a des limites. Un échauffement fort à long terme provoque la détérioration de certaines plantes et la dégradation de certaines molécules aromatiques. L'eau, l'acidité et la température peuvent provoquer une hydrolyse des esters, mais peuvent également provoquer un réarrangement, une isomérisation, une racémisation et/ou une oxydation. (Boukhatem, 2018).

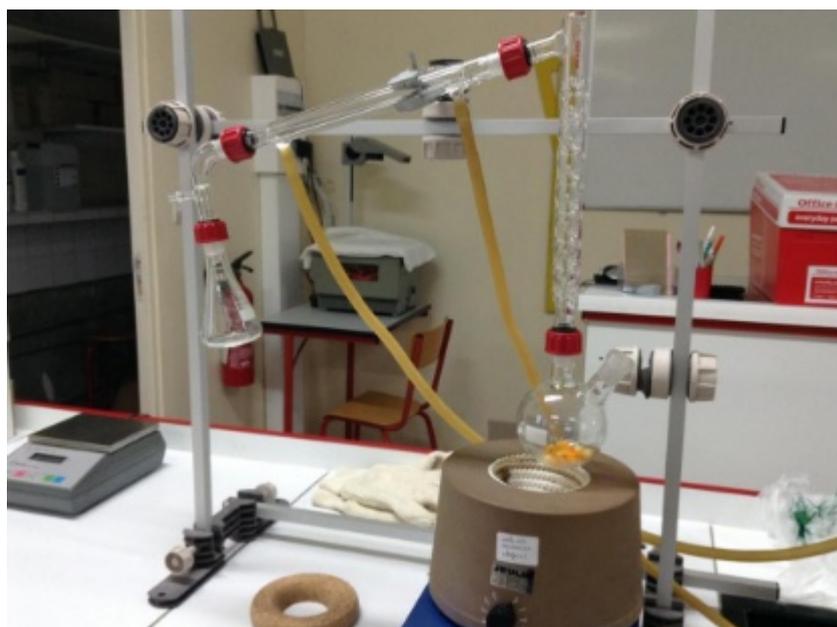


Figure 09 : hydrodistillation.

❖ Extraction par enfleurage

C'est une méthode qui n'est pas très répandue car trop compliquée sauf pour les fleurs principalement. Elles sont appliquées avec soin sur des assiettes grasses et absorberont tout le parfum. Ensuite, le corps gras sera consommé par le solvant. Une fois le parfum de la fleur absorbé, nous remettons la fleur à son état frais jusqu'à ce que la graisse soit saturée. Après 24 heures, le corps gras et l'H.E. étaient séparés. (Moro – Buronzo, 2008).

❖ Extraction de CO2 supercritique

Dans cette technologie, le flux de CO2 à haute pression rompt le sac d'essence et entraîne H.E, qui est ensuite récupéré. (Scimeca, 2007).



Figure 10 : L'appareil de L'extraction par CO2.

❖ Extraction sans solvant assistée par micro-ondes

Les composants obtenus sont très similaires aux composants traditionnels d'hydrodistillation classique. Le réacteur contenant uniquement de la matière végétale est chauffé par micro-ondes dans le four, puis la vapeur est entraînée dans le col de cygne, puis condensée dans le condenseur, puis collectée dans le réservoir à essence. Les graines sont humides en permanence, ce qui ne laisse aucune chance à d'éventuelles réactions secondaires, ce qui nuit à la qualité du produit obtenu. (Lucchesi, 2006).

Le schéma expérimental de l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes s'articule autour de trois points clés :

- La quantité de matière végétale transformée
- Puissance micro-ondes appliquée
- La durée totale de l'extraction.

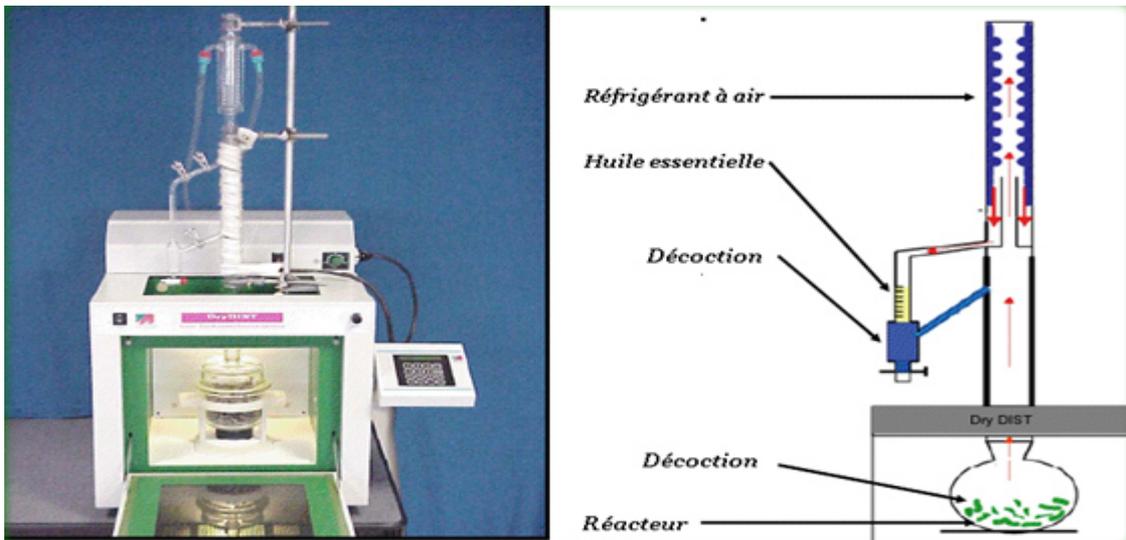


Figure 11 : Extraction-par-micro-ondes.

II.4.Utilisation des huiles essentielles

H.E est utilisé de différentes manières. On peut les avaler, les respirer, ou les utiliser directement sur la peau :

✓ La voie orale

Il ne peut être utilisé que sur l'avis d'un médecin aromathérapeute. Nous vous déconseillons de mettre de l'huile pure dans votre bouche pour éviter les désagréments pouvant provoquer des brûlures. De plus, vous ne devez pas prendre plus de trois gouttes.

(Scimeca, Garreta, 2007).

✓ Voies respiratoires

Les H.Es seront rapidement absorbés par toutes les petites cellules cils de notre système respiratoire de la cavité nasale jusqu'au bout des alvéoles. (Fekih, 2015).

✓ Voie cutanée

C'est l'itinéraire idéal car efficace et sûr. Habituellement, l'huile est utilisée dans une concentration très diluée (trois gouttes par cuillère à café). Nous pouvons les utiliser en massage ou simplement en application, selon la zone et l'affection à traiter. D'autres formes sont également possibles : pommade, gel douche, etc. (**Zambonelli et al., 2004**).

Dans tous les cas, H.E pénètre dans notre organisme pour rejoindre la circulation sanguine afin d'être transporté vers la partie malade. (**Alawa et al., 2003**).

II.5. Traitement ultérieur des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont la capacité de subir des modifications appropriées tel que.

Déterpénation: opération qui consiste à éliminer totalement ou partiellement les hydrocarbures monoterpéniques → Huile essentielle déterpénée.

Rectification : distillation fractionnée qui permet d'éliminer certains constituants ou de modifier leur teneur → Huile essentielle rectifiée.

Élimination partielle ou totale d'un ou plusieurs constituants → Huile essentielle privée de " x ". (**Laguerre, 2015**).

II.6. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles**II.6.1. Propriétés physiques**

Les huiles essentielles sont liquides et volatiles à température ambiante, donc Distinguer les huiles fixes. Ils ont très peu de couleur, et leur densité généralement inférieure à celui de l'eau (**Roux, 2008**), ils ont un indice de réfraction élevé, et la plupart dévient la lumière polarisée.

Ils sont solubles dans les solvants organiques courants (**Roux, 2008**), liposolubles et peuvent être dans des vapeurs d'eau. Leurs points d'ébullition vont de 160°C à 240°C. Ils ont beaucoup changé, Sensible à l'oxydation, la durée de conservation est donc limitée. Dissout les graisses, l'iode, soufre, phosphore et certains sels. (**Legrand, 1978**).

II.6.2. propriétés chimiques

Les huiles essentielles sont un mélange complexe de molécules chimiques (**Bakkali et al., 2008**), qui peuvent contenir plus de 300 composés différents : terpènes, composants aromatiques, composants de diverses sources, concepts chimiques, aldéhydes, esters, cétones et lactones. Ces substances sont des molécules très volatiles, appartenant pour la plupart à la famille des terpènes, comme les monoterpènes et les sesquiterpènes. (**Croteau et al., 2000**).

II.7. Etude chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*

L'analyse Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse l'huile essentielle d'*E. Radiata* a permis la détection de 72 composés, ce qui a permis d'identifier 95,89 % des composés de l'huile.

Huile est été trouvée riche en monoterpènes oxygénés, monoterpènes, hydrocarbures et sesquiterpènes et les principaux composants étaient le limonène, l' α -terpinéol, l' α -acétate D'terpinyle et l' α -pinène .ce monoterpène a été utilisé à des fins médicinales, d'arômes et de parfum. (**Luis et al., 2016**).

En effet, le limonène offre une large gamme de produits potentiels via une conversion catalytique chimique ou biochimique (**Ciriminna et al., 2014**). D'autres études ont montré que le principal composé de l'huile d'*E. radiata* est le 1,8-cinéole (**Mulyaningsih et al., 2011**). Certaines différences dans la composition chimique des HE peuvent se produire à partir de la même espèce végétale, probablement en raison de la variation génétique et de différents facteurs environnementaux (climat, saisons de récolte et emplacement géographique) (**Mulyaningsih et al., 2011**).

Il convient de noter que l'aromadendrène, l'o-cymène, l' α -terpinéol et l' α -acétate de terpinyle étaient couramment trouvés dans les huiles riches en 1,8-cinéole, comme les HE d'eucalyptus, tandis que le monoterpène α -pinène était présent dans toutes les HE (**Mulyaningsih et al., 2011**).

Tableau II: Principaux composés des huiles essentielles d'*Eucalyptus radiata*.

Famille de composés	Forme retrouvées
Oxydes 65-75%	1,8-Cinéole (70%)
Monoterpènes 10%	α -pinène (3%) Limonène (5%) Myrcène (2%) Sabinène (1%)
Monoterpénols 20%	α -terpinéol (14%) Géranol (2,6%) Linalol (0,4%) Isoterpinéol (2%) Terpinen-4-ol (1%)
Sesquiterpènes 2%	Sesquiterpènes 2%
Aromadendrène	Aromadendrène
Aldéhydes 1%	Myrténal
Monoterpéniques	Citronellal Géranial Néral
Esters 3%	Terpinyle d'acétate

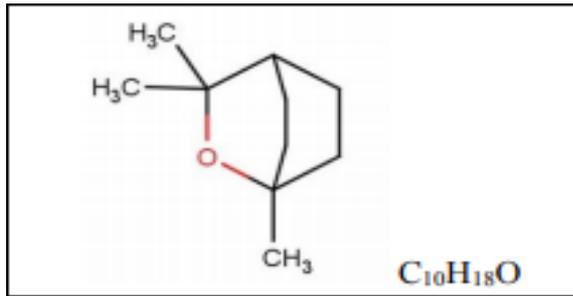
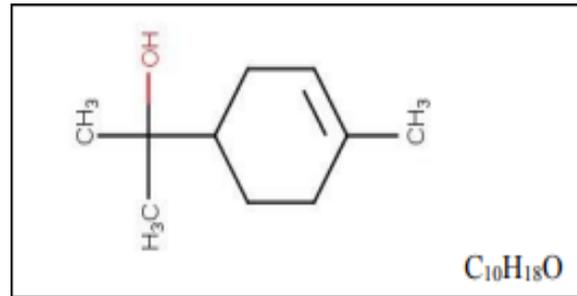


Figure 12 : structure chimique de 1,8-cinéole

Figure 13: structure chimique de α -terpinéol

II.8. Usage d'*Eucalyptus radiata*

- L'huile essentielle d'eucalyptus peut également être utilisée pour donner la brillance aux cheveux. Elle est particulièrement efficace pour éliminer les pellicules (Charie, 2019).
- Comme l'huile essentielle de citron, l'huile essentielle d'*eucalyptus radiata* serait aussi efficace pour détacher les vêtements ou les tapis (Festy, 2014).
- L'huile essentielle d'*eucalyptus radiata* peut être utilisable pour rafraîchir et assainir l'air intérieur (Festy, 2014).
- L'huile essentielle d'*eucalyptus radiata* peut être employée en diffusion atmosphérique pour éloigner les insectes (mieux que les sprays chimiques qui sont toxiques pour les insectes, et ils le sont aussi pour nous) (Festy, 2014).

II.9. Toxicologie

Les HE "naturelles" ne signifient pas qu'il n'y a pas d'effets secondaires (AE) et des HE inoffensives (Valnet *et al.*, 2001). En effet, toutes les HE et toutes les essences peuvent réagir, parfois très gravement. Par conséquent, l'HE d'eucalyptus ne fait pas exception. Ainsi, les molécules qui constituent ces HE peuvent présenter une ou plusieurs toxicités possibles, entraînant des précautions d'emploi voire des contre-indications absolues.

Il n'y a pas de contre-indications absolues (sauf pour les allergies) concernant l'utilisation des HE d'*E. coli*. La dose physiologique d'*eucalyptus radiata* (Faucon, 2012) (la dose physiologique pour un adulte de 70 kg est de 300 mg/jour (Synadiet, 2018), ce qui équivaut à 10 gouttes).

II. 10. Les propriétés d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

L'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est constituée de nombreuses molécules. Le principe actif, l'eucalyptol ou 1,8-cinéole y est très majoritaire.

a) Expectorante et mucolytique

L'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est plus spécifique des affections respiratoires hautes, rhino-pharyngées et sinusiennes (**Martinetti, 2013**). On l'utilisera comme expectorant et mucolytique car elle exerce une action positive sur les toux par l'intermédiaire du 1,8-cinéole qui active les glandes exocrines des muqueuses respiratoires. Elle sera indiquée dans les cas de toux grasses mais surtout dans les toux mixtes elle peut être utilisée aussi en massage du thorax et du dos pour faire baisser la fièvre (**Lobstein et al., 2018**).

b) Antiseptique

L'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* sera anti-infectieuse, anti inflammatoire, bactéricide et virucide. Elle sera un excellent antiseptique aérien, qui sera même mieux supporté que *Eucalyptus globulus* car son odeur est moins entêtante. On peut aussi l'utiliser dans les cas d'otite infantile à partir de 2 ans. Dans ce cas, on apposera l'huile essentielle autour de l'oreille (jamais d'huile essentielle dans l'oreille). (**Koziol, 2015**).

c) Anti-acnéique

Le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle d'*eucalyptus radiata* en anti-acné naturel est excellent. Elle permettra de réguler l'excès de sébum et de réduire la croissance des bactéries. Elle peut être utilisée seule ou en association avec, par exemple, l'huile essentielle d'arbre à thé. (**Chaumont et Millet-Clerc, 2011**).

d) Tonifiante, positivante

Il y a une caractéristique qui est unique à l'eucalyptus, et c'est l'effet tonal. En effet, il est bien connu que l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est positive. En cas de fatigue physique et mentale, il sera très efficace. De plus, vous devez également en savoir plus à ce sujet. (**Lobstein et al., 2018**).

e) Tonique hépatique

L'huile essentielle *d'eucalyptus radiata* est également un excellent tonique hépatique, qui peut réguler les excès alimentaires. On peut donc l'utiliser pour certaines thérapies « détox », très populaires en ce moment (**Lobstein et al., 2018**).

Chapitre III
Activités biologiques

III.1. Activité antibactérienne

III.1.1. Les bactéries

Les bactéries (Bacteria), sont des organismes vivants unicellulaires et procaryotes présents dans tous les milieux.

Les bactéries présentent de nombreuses formes : sphériques (coques), allongées ou en bâtonnets (bacilles), des formes plus ou moins spiralées. (Fekih, 2015).

La plupart des bactéries possèdent une paroi cellulaire glucidique. Les bactéries les plus grosses mesurent plus de 2 μm et, jusqu'au début du XXI^e siècle, les spécialistes considéraient que les plus petites mesuraient 0,2 μm , mais il existe des « ultramicrobactéries », y compris en eau douce (Hahn *et al.*, 2003). Et sont donc invisibles à l'œil nu. Au microscope optique, elles peuvent être observées soit à l'état frais ou après coloration de gram. La coloration de gram permet de distinguer deux groupes de bactéries : les bactéries à gram positif (colorées en violet) et les bactéries à gram négatif (colorées en rose). Cette différence dans la réaction de coloration est due à la différence dans la composition de la paroi bactérienne. Les bactéries Gram-négatives laissent passer les solutions alcoolisées, tandis que les bactéries Gram-positives représentent une véritable barrière que les solutions alcoolisées, elles ne peuvent pas passer à travers. (Madigan *et al.*, 1997).

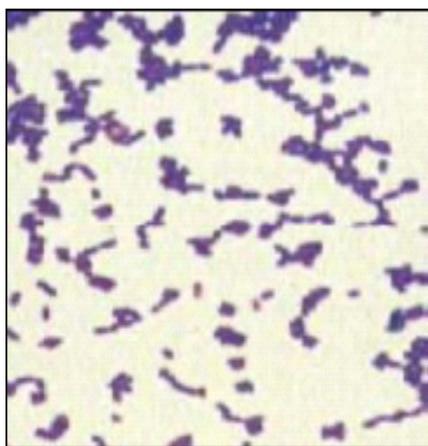


Figure 12 : Gram positif



Figure 13: Gram négatif.

III.1.2. Les antibiotiques

Sur base de l'étymologie du mot « antimicrobien » (du grec *anti* : contre, *mikros* : petit et *bios* : vie), on définit un composé de ce type comme toute substance capable d'agir contre la vie des microorganismes.

En effet, la définition du mot antibiotique réfère strictement aux substances antimicrobiennes d'origine naturelle, synthétiques, ou semi-synthétiques (**Muylaert et Mainil, 2013**).

Selon leur mode d'action, les antibiotiques peuvent être divisés en deux catégories : l'ATB antibactérien, qui inhibe la croissance des bactéries, et l'ATB bactéricide, qui tue les bactéries. Cependant, certains d'entre eux peuvent être bactériostatiques dans certaines conditions et concentrations, et bactéricides dans d'autres conditions. (**Walsh, 2003**)

III.1.3. Mode d'action d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

les huiles essentielles d'*eucalyptus radiata* efficace contre un large éventail de microorganismes est liée à leur hydrophobie, qui leur permet de s'intégrer dans les lipides de la membrane cellulaire et des mitochondries de s'y fixer ensuite entraînant une fuite du contenu cellulaire (**Horvathova et al., 2014**). Elles ont la capacité d'inhiber la croissance des micro-organismes.

En raison de leur grande ressemblance, nous pouvons considérer que les vertus antiseptiques de l'HE d'*E. radiata* sont sensiblement les mêmes que celle d'*E. globulus*. Une étude démontre d'ailleurs une action similaire sur des germes multirésistants : inhibition marquée des bactéries multirésistantes telles que *Staphylococcus aureus* Résistant à la méthicilline aussi bien avec l'HE d'*E. radiata* qu'avec l'HE d'*E. globulus*. Cette similarité est due au taux pratiquement identique de 1,8-cinéole présent dans les deux HE (**Mulyaningsih et al., 2011**).

l'HE d'*E. radiata* agit aussi sur les staphylocoques, elle peut être utilisée dans les affections cutanées et notamment dans l'acné dû à la bactérie *Propionibacterium acnes* (**Chaumont et Millet-Clerc, 2011**). Le pouvoir antibactérien de l'HE d'*E. radiata* en fait un excellent anti-acnéique naturel. Elle favorise la régulation de l'excès de sébum et la réduction de la prolifération bactérienne. Elle peut être utilisée seule ou en synergie avec de l'HE d'arbre à thé. (**Lobstein et al., 2018**).

III.2. Activité antioxydante

III.2.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif provoque un profond déséquilibre dans la balance entre la formation d'espèces réactives de nature pro-oxydante et les antioxydants qui les modulent dans une faveur donnée. (**Azzi *et al.*, 2004**)

Ce déséquilibre peut se produire lorsque le système antioxydant est surchargé en raison d'une augmentation des oxydants, ou lorsque les défenses sont affaiblies par un manque de substances et/ou d'antioxydants. (**Kirschvink *et al.*, 2008**)

III.2.2. Origine du stress oxydant

En résumé, de multiples éléments peuvent être l'origine du stress oxydant, parmi ces éléments

- Intoxication aux métaux lourds (Aluminium, mercure, plomb etc.)
- Irradiations (UV, rayons X etc.)
- Phénomènes d'ischémies/reperfusion (thromboses, exercices)
- Carences nutritionnelles (vitamines et oligo-éléments)
- Anomalies génétiques (Mauvais codage d'une protéine). (**Pincemail *et al.*, 2001**)

III.2.3. Les antioxydants

Les antioxydants peuvent empêcher ou retarder les réactions en chaîne en réduisant avec des radicaux et en inhibant ainsi leur activité.

Un antioxydant est une molécule qui réduit ou inhibe d'autres produits chimiques. Il est défini par Halliwell (**Halliwell, 1999**) comme « toute substance à des concentrations aussi faibles que celle d'un substrat qui est capable d'empêcher ou de ralentir l'oxydation de ce substrat ». C'est une molécule qui peut neutraliser les formes actives de l'oxygène et permet le maintien des niveaux de radicaux libres intracellulaires et non cytotoxiques de l'organisme.

III.2.4. Méthodes de détermination de l'activité antioxydante

Il existe plusieurs méthodes spectrophotométriques de détermination de l'activité antioxydante. Les tests courants utilisés à cet effet selon (**Ozgen *et al.*, 2006**) sont:

- le test de l'acide 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS)
- le test du 2,2-diphényl picrylhydrazyl (DPPH)
- le test utilisant le pouvoir réducteur des ions ferriques (FRAP) = ferric reducing antioxidant power

III.2.5.Mode d'action d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

Quelle que soit leur localisation, les antioxydants peuvent agir de plusieurs manières : en empêchant la formation de radicaux libres ou en piégeant les radicaux libres oxydés. En plus de cette double ligne de défense, l'organisme a également la capacité de réparer ou d'éliminer des molécules en attaquant en profondeur. **(Gardès Albert, 2003)**

L'activité antioxydante de HE d'*eucalyptus radiata* est principalement due à la présence de ses composés majeurs, 1,8-cinéole et limonène .Le 1,8-cinéole possède de meilleures propriétés de piégeage des radicaux et avaient également la capacité d'inhiber la peroxydation lipidique que le limonène.

III.3.Activité anti inflammatoire

III.3.1.Définition de L'inflammation

L'inflammation fait partie du mécanisme de défense de l'organisme. Il s'agit du processus par lequel le système immunitaire reconnaît et élimine les stimuli nocifs et étrangers et entame le processus de guérison. L'inflammation peut être aiguë ou chronique **(Michels et al; Zhang, et al ; Fritsch et al , 2019).**

III.3.2.Type d'inflammation

- **Inflammation aiguë**

Les lésions tissulaires dues à un traumatisme, une invasion microbienne ou des composés nocifs peuvent induire une inflammation aiguë. Elle débute rapidement, devient grave en peu de temps et les symptômes peuvent durer quelques jours, par exemple une cellulite ou une pneumonie aiguë. L'inflammation subaiguë est la période entre l'inflammation aiguë et l'inflammation chronique et peut durer de 2 à 6 semaines. **(serhan et al., 2010).**

- **Inflammation chronique**

L'inflammation chronique est également appelée inflammation lente, à long terme, qui dure sur des périodes prolongées de plusieurs mois à plusieurs années. En général, l'ampleur et les effets de l'inflammation chronique varient selon la cause de la blessure et la capacité de l'organisme à réparer et à surmonter les dommages. Cet article passe en revue l'inflammation chronique. (serhan *et al.*, 2010).

III.3.3.Mode d'action d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

Le Terpinen-4-ol de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est très intéressante dans les cas où le système immunitaire n'est pas stimulé ou dans le cas de déficits immunitaires et elle stimule l'action des globules blancs et augmente la réaction de phagocytose (Chabenat, 1991)

Ce qui confirme la propriété thérapeutique immunostimulante de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*

III.4.Activité antiviral

III.4.1 les virus

Les virus (micro-organismes acaryote) sont des entités biologiques qui ne peuvent pas se reproduire de manière autonome et sont des agents pathogènes infectieux invisibles à l'œil nu. Les virus sont différents des virions. Les virions sont la forme transitionnelle des virus utilisée pour que ces derniers propager. Les particules virales peuvent être distinguées selon les facteurs suivants : leur hôte, la nature de leur acide nucléique (ADN ou ARN) et son mode d'expression, leurs capsides qui répondent à la symétrie d'hélice ou d'icosaèdre, leurs formes très différentes (Prangishvili *et al.*, 2006). La présence ou l'absence d'enveloppes et leur dimension.

III.4.2.Modes d'action d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

L'HE d'*E. radiata* possède des propriétés antivirales directes plus marquées sur la sphère ORL. Cette activité plus importante est notamment due à la présence de 1,8-cinéole, de monoterpènes (limonène, α - et β -pinène), de monoterpénols (α -terpinéol, terpinène-1-ol-4) et d'aldéhydes monoterpéniques (citrals) (Morel, 2008). En plus de posséder une action antivirale directe, l'HE d'*E. radiata* possède aussi une action antivirale indirecte en stimulant

le SI (monoterpénols) et une action énergisante (**Dauvergne, 2020**). C'est une propriété qui lui est propre, l'HE d'*E. globulus* ne la possède pas. Grâce à la stimulation du SI et à son action énergisante, cette HE permet de lutter contre la fatigue physique et intellectuelle soit contre la perte d'énergie (**Lobstein et al., 2018**).

III.5. Activité antifongique

III.5.1. Champignon

Les champignons sont l'un des groupes d'organismes les plus importants de la planète et jouent un rôle clé dans de nombreux écosystèmes (**Mueller et Schmit, 2007**). Ce sont des eucaryotes unicellulaires ou multicellulaires à mode de reproduction sexué ou asexué. Les spores résultantes peuvent jouer un rôle dans la propagation des champignons, mais elles peuvent également jouer un rôle dans la survie des organismes lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (**Madelin, 1994**). Leur type de nutriments osmotiques se produit par absorption en libérant d'abord des enzymes hydrolytiques dans le milieu extérieur (digestion des aliments extracellulaires, c'est-à-dire entrée de nutriments sous forme soluble). Ces organismes manquent de chlorophylle et sont hétérotrophes (**Carlile et Watkinson, 1994**). Ils ne peuvent pas faire de photosynthèse.

III.5.2. Mode d'action d'huile essentielle d'*eucalyptus radiata*

L'activité antifongique d'HE d'*eucalyptus radiata*, peut être expliquée par l'effet synergique entre les différents composés d'huile essentielle. En effet, les composés majoritaires sont souvent responsables des activités antifongique de cette huile essentielle (**Giordani et al., 2008**)

le mécanisme d'action des composés phénolique d'huile essentielle sur les champignons est fondé principalement sur l'inhibition des enzymes fongiques contenant le groupement SH dans leur site actif (**Celimen et al., 1999**)

Chapitre IV

Evaluation de l'activité antimicrobienne

IV.1. Présentation de l'étude

Notre étude prévue être réalisée au niveau du laboratoire de l'université de Béjaïa et

Porte sur :

1. Extraction des huiles essentielles
2. étude analytique
3. L'évaluation l'activité antibactérienne des huiles essentielles d'*eucalyptus radiata*

En raison de situations au-delà de nos capacités et manque de temps, notre stage a été annulé. Pour cette raison, et afin de développer ces objectifs, nous avons choisi ce chapitre dans lequel on va essayer de décrire la démarche général à poursuivre en se basant sur des travaux antérieurs et données bibliographiques.

IV.2. Préparation d'échantillon

Séparez les feuilles d'*Eucalyptus radiata* des branches et retirez le pédoncule des feuilles. Le tri se fait en enlevant les taches ou les feuilles malades. Broyer les feuilles après lavage et séchage. (Sekhri *et al.*, 2016)

IV.2.1. Séchage et Broyage

Le séchage des eucalyptus est réalisé à l'air libre au niveau du laboratoire, à l'abri de la lumière et de l'humidité, et les échantillons d'eucalyptus sont étalés sur la paille du laboratoire pendant 7 jours. Le matériau séché est ensuite broyé dans un broyeur électrique. Auparavant, toute la plante avait été broyée. Conserver l'échantillon dans un flacon en verre à l'abri de la lumière jusqu'au moment de l'utiliser. L'échantillon de poudre est vert vif avec une forte odeur aromatique. (Sekhri *et al.*, 2016)

Tableau IV : Identification et transformation des échantillons des deux plantes étudiées

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Etat frais d'Eucalyptus	Etat sec	Photos des plantes
<i>Eucalyptus Radiata</i>	<i>Eucalyptus</i>			

IV.3. Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont extraites de diverses parties des plantes (feuilles, fleurs, tiges, écorces). (Bousbia, 2011)

Un appareil de type Clevenger d'une capacité de 300 grammes de matière végétale sèche a été utilisé pour extraire les huiles essentielles par distillation hydraulique. La durée de distillation était de 2 heures et 30 minutes. Le milieu réactionnel constitué de matière végétale et d'eau distillée est porté à ébullition à l'aide d'une chemise chauffante. Une fois que l'ébullition se produit, les cellules se rompent et commencent à libérer leurs composants d'huile essentielle, qui sont ensuite transportés avec la vapeur d'eau vers le réfrigérant, où l'huile est collectée dans l'ampoule à décanter après s'être condensée dans ce dernier. L'eau et l'huile sont séparées du fait de leurs densités différentes. L'huile séparée de l'eau est séchée avec du sulfate de sodium (Na_2SO_4) et stockée dans un tube en verre résistant à la lumière à $+4^\circ\text{C}$ jusqu'à utilisation. (Chanthaphon *et al.*, 2008; Ayoughi *et al.*, 2011).

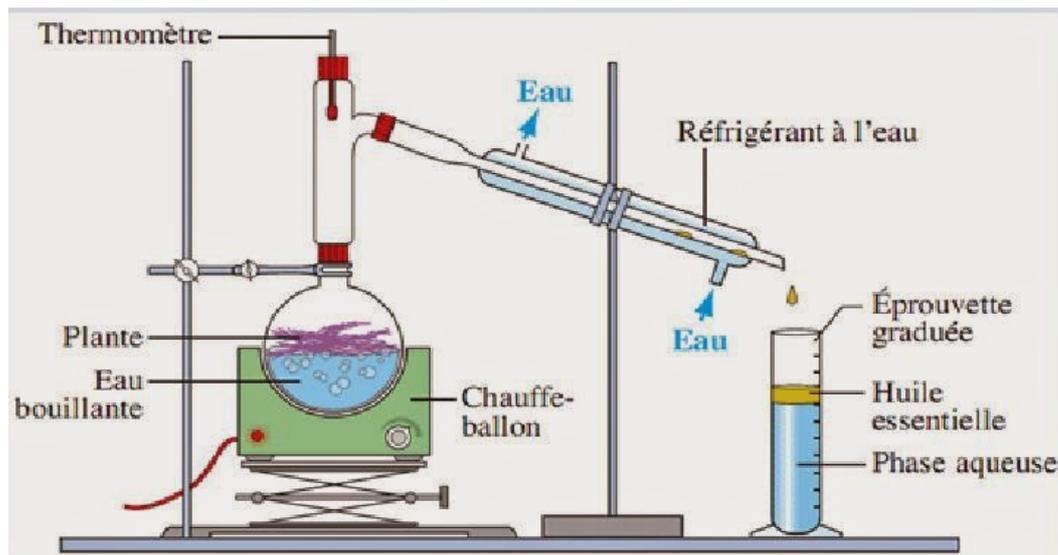


Figure 14 : schéma d'un montage d'hydrodistillation

IV.4. Détermination des rendements en huiles essentielles

Selon AFNOR, 2000, le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal utilisé pour cent. Après récupération des huiles essentielles, le rendement est exprimé en pourcentage (%), il est calculé par la formule suivante :

$$R_{HE} \% = (m_h / m_v) * 100$$

RHE= Rendement en huile essentielle en%.

m_h = Masse d'huiles essentielles récupérées en gramme (g).

m_v = Masse d'essai du matériel végétal en gramme (g) (Selvakumar *et al.*, 2012)

IV. 5. Etude des propriétés physiques (Normes AFNOR, 1992)

IV.5. 1. Densité relative à 20°C (NFT 75 111, 1982)

La densité relative de l'HE est le rapport de la masse d'un certain volume de l'huile à 20°C et la masse d'un volume égal d'eau distillée à 20°C.

La densité est ainsi donnée par la formule ci-dessous:

$$d = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

Où :

m₀ : est la masse, en grammes, du pycnomètre vide.

m₁ : est la masse, en grammes, du pycnomètre rempli d'eau.

m₂ : est la masse, en grammes, du pycnomètre rempli d'HE.

IV.5. 2. Indice de réfraction (NFT 75 112, 1977)

Les indices de réfraction sont mesurés à l'aide d'un réfractomètre à la température de chambre puis ramenés à 20°C par la formule:

$$I_{20} = I_t + 0,00045 (T - 20^\circ\text{C})$$

Où: I₂₀: indice à 20°C ;

I_t: indice à la température de chambre (ambiante);

T: température de mesure. L'étalon pour la réflectométrie servant à ajuster le réfractomètre est l'eau distillée avec un indice de réfraction de (1,333) à 20°C.

L'indice de réfraction n_t (IR) à la température de référence t, est donné par l'équation suivante:

$$n_t (\text{IR}) = n_{t'} + 0,0004 (t - t')$$

Où: n_t est la valeur de lecture obtenue à la température (t') à laquelle a été effectuée la détermination.

IV.6. Activité antimicrobienne

L'huile essentielle *d'E. radiata* est utilisée pour un large éventail de conditions infectieuses. Il s'agit notamment de son utiliser comme remède contre l'acné, la bronchite, les infections dentaires, les plaies, les problèmes respiratoires, la cystite infections des sinus, vaginite entre autres (Higley et Higley, 1998; Balz *et al.*, 1999 ; Kovac, 2011). Par conséquent, l'activité antimicrobienne a été évaluée par rapport à certains pathogènes associés à la large gamme de conditions infectieuses traitées par l'huile essentielle.

IV. 6. 1. Origine et choix des souches microbiennes

Tableau V : représente l'origine et les caractéristiques des souches bactériennes. (Mahumane, 2016)

souches bactériennes	Origine	Caractéristiques
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	infections cutanées	Gram positif
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	infections cutanées	Gram négatif
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	gastro-intestinaux ou d'altération des aliments.	Gram positif
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	gastro-intestinaux ou d'altération des aliments.	Gram négatif
<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 49619	affections respiratoires	Gram-positifs
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	affections respiratoires	Gram négatif
<i>Lactobacillus acidophilus</i> ATCC 314	affections dentaires	Gram-positives

IV.6.2. Standardisation des souches

Inoculer les bactéries à tester sur une boîte de Pétri contenant du milieu N.A.S (agar nutritif saccharose) pendant 24 heures pour obtenir de jeunes cultures des bactéries et des colonies isolées. A partir de ces boîtes de Pétri et à l'aide d'une pipette Pasteur, prélever plusieurs colonies bien séparées et identiques et les placer dans 10 ml d'eau physiologique stérile, puis les agiter avec l'agitateur dans le tube vortex. Son opacité doit être équivalente à

0,5 Mc Ferland qui correspond à 10^8 UFC/ml, puis diluer pour obtenir un inoculum à 10^6 UFC/ml (Tyagi et Malik, 2011)

IV.6.3.Méthode de diffusion sur gélose

L'activité antimicrobienne de HE d'*Eucalyptus radiata* a été évaluée par le l'essai de diffusion en disque .Dans cette méthode, nous avons utilisé des disques de papier Wattman stériles d'un diamètre de 6 mm, imprégnés de différentes concentrations d'huiles essentielles, 75%, 50%, 25 % (dilué dans solvant acétone) .Les inoculum ont été préparés en mettant les bactéries en suspension jusqu'à l'obtention d'une suspension bactérienne de 10^6 UFC/mL (Ghalem et Mohamed, 2008). Des disques d'un diamètre de 6 mm ont été chacun imprégnés de 10 μ L d'HE.

Ensuite, les Müeller-Hinton Agar (MHA) (Liofilchem, Italie) ont été inoculées, laissées à sécher et les disques préparés précédemment ont été placés sur la gélose. Les plaques inoculées avec les bactéries ont été incubées à 37 ° C pendant 24 heures, toutes les plaques ont été vérifiées visuellement pour les zones d'inhibition et les diamètres ont été mesurés en millimètres (Luís *et al.*, 2014). Chaque expérience a été réalisée trois fois de manière indépendante.

IV.6.4. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI): Test de micro dilution

Les concentrations minimales inhibitrices d'HE d'eucalyptus ont été évaluées par la méthode de micro-dilution décrite par (Duarte *et al.*, 2012). Tous les tests décrits ont été réalisés dans un bouillon Müeller Hinton qui a été complété par du DMSO afin d'augmenter la solubilité des huiles. Des déférents volumes ont été préparées dans une plaque de 96 puits (50 μ l par puits) en dispersant dans chaque puits des volumes de 1 à 12 μ l d'huiles d'eucalyptus, de 187 μ l à 194 μ l de bouillon MH d'une manière à obtenir un volume final de 200 μ l (Djenene *et al.*, 2011) . Les puits auxquels aucune HE n'avait été ajoutée ont été utilisés comme contrôle de croissance positif. Une suspension bactérienne diluée dans du NaCl à 0,85 % a été ajoutée à chaque puits, ce qui a donné une concentration finale de 10^6 ufc/ml, ce qui a été confirmé par le nombre de comptages viables. Les plaques ont été incubées pendant 16-20 h à 37 ° C et la croissance bactérienne a été évaluée visuellement. La CMI a été définie comme la plus faible concentration d'HE sans croissance visible (Duarte *et al.*, 2012).

IV.6.5. Détermination des concentrations minimales bactéricides (CMB)

La détermination de CMB est fait par un prélèvement à partir de la concentration minimale d'inhibition est effectué sur la gélose Mueller Hinton, puis on incube à 37°C pendant 18 à 24h

La CMB a été définie comme la concentration d'HE la plus faible provoquant la mort de 99,9 % de l'inoculum bactérien (Duarte *et al.*, 2013).

IV.7. Evaluation de l'activité antimicrobienne

L'efficacité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*E. radiata* a déjà été étudiée contre certains agents pathogènes (Lis-Balchin et Deans, 1997 ; Inouye *et al.*, 2001 ; Mahumane, 2016; Mulyaningsih *et al.*, 2011 ; Luís *et al.*, 2015). Cependant, la majorité de ces études ont été menées à l'aide de la méthode de diffusion du disque, tandis qu'une attention limitée a été accordée à la méthode CMI. Par conséquent, une analyse plus actualisée et plus fiable utilisant la méthode CMI est justifiée.

IV.8.Présentation des résultats

En 2016 Mahumane a étudié l'effet antimicrobien d'huile essentielle de feuille d'*E. Radiata* sur 18 micro-organismes pathogènes procaryotes (Gram+ et Gram-). Il à été constaté que l'huile essentielle d'*E. Radiata* a inhibé la croissance de toutes les souches microbiennes testées par des concentrations minimales allant de 0,19 à 3,00 mg/ml (Tableau VI)

Tableau VI : la concentration minimale d'inhibition d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*

Souches bactériennes	CMI (mg/ml)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	de 1,00 à 3,00
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	de 0,50 à 1,75
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	de 0,25 à 1,00
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	de 2,00 à 3,00
<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC 49619	de 0,19 à 1,00

<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	de 2,00 à 3,00
<i>Lactobacillus acidophilus</i> ATCC 314	de 0,25 à 1,00
<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline (SARM)	de 0,50 à 3,00

Selon (Luís *et al.*, 2015) l'activité antibactérienne d'HE d'*eucalyptus radiata* a été étudiée sur plusieurs souches des bactéries.

Ils sont apparus que les valeurs CMI et CMB d'huiles d'eucalyptus qui est présentés dans Tableau et varient de 16 à 32 $\mu\text{L. mL}^{-1}$ donc l'HE d'*E. Radiata* présente un meilleur effet antibactérien.

Tableau VII : L'activité antimicrobienne (CMI et CMB) des huiles essentielles d'*Eucalyptus radiata*

Les souches bactériennes	CMI ($\mu\text{L. mL}^{-1}$)	CMB ($\mu\text{L. mL}^{-1}$)
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	32	32
<i>E. coli</i> ATCC 25922	16	16
<i>K. pneumoniae</i> ATCC 13883	16	16

En 2011, Mulyaningsih *et al.* Ont étudié l'activité bactérienne des feuilles d'*eucalyptus radiata*. L'huiles essentielles d'eucalyptus et leurs composants ont été testés contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives (SARM, *E. Coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*)

Tableau VIII : L'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus radiata*

Les souches bactériennes	CMI (mg/ml)	CMB (mg/ml)
SARM	4	>4
<i>Escherichia coli</i>	>4	NT
<i>Klebsiella pneumonia</i>	>4	NT
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>4	NT

NT : non testé

IV.9.Discussion

Les résultats obtenus par les 3 études précédentes confirment que l'huile essentielle de feuille d'*E. Radiata* possède une activité antimicrobienne importante. Cette dernière est due à ça richesse en composés chimiques.

L'huile essentielle de feuille d'*eucalyptus radiata* a montré une activité antimicrobienne remarquable contre un large spectre d'agents pathogènes associés aux plaies/peau dentaires, gastro-intestinales/liées à l'alimentation et les infections respiratoires.

Les résultats obtenus par **Mahumane(2016)**. En général, les streptocoques et *L. acidophilus* étaient les pathogènes les plus sensibles à l'huile de feuilles. *L. acidophilus* plus sensibles aux effets inhibiteurs de l'huile essentielle de feuille d'*E. radiata*,

De plus, l' α -terpinéol, le limonène et le 1,8-cinéole ont montré une activité antibactérienne remarquable contre les agents pathogènes respiratoires (*S. pneumoniae*) lorsqu'ils ont été testés indépendamment

Les résultats obtenus par **Mulyaningsih et al., (2011)** ont supposé que la faible sensibilité des bactéries Gram-négatives est probablement due à la présence d'une membrane lipopolysaccharide externe qui agit comme une barrière physique aux composés lipophiles, y compris les huiles essentielles. De plus, la faible activité des composés lipophiles des plantes pourrait être due à l'efflux MDR (les pompes de multirésistance) par le transporteur ABC. On a signalé que *Pseudomonas aeruginosa* possède une pompe MexAB-OprM, tandis que *E. coli*

possède une pompe d'efflux multi-médicaments AcrAB. Des pompes d'efflux multi-médicaments ont également été signalées chez les Enterobacteriaceae, y compris des pompes d'efflux qui éliminent les antibiotiques ainsi que d'autres substances lipophiles nocives des cellules.

D'après les résultats obtenus par **Luis et al., 2015**) l'HE d'*E. Radiata* a présenté une meilleure activité antibactérienne, puisque les valeurs CMI de cette huile étaient généralement inférieures à celles obtenues pour l'huile d'*E. globulus*. Il a été vérifié pour toutes les souches, que les valeurs CMB étaient égales aux valeurs CMI ce qui est un indicateur de l'activité bactéricide de ces HE.

D'autre commentaire : Inouye et al. (2001) dit que Les valeurs CMI obtenues chez toutes les huiles essentielles examinées ont présenté une activité antibactérienne ; qui augmente généralement dans l'ordre suivant *E. coli* < *S. aureus* < *streptocoques*.

L'un des principaux composants de l'huile d'eucalyptus, en pourcentage de poids, était le 1,8 cinéole, mais l'un des principaux facteurs de bioactivité était l' α -terpinéol, qui présentait une activité huit fois supérieure à celle du 1,8 cinéole contre *S. aureus*. On a signalé que le 1,8 cinéole n'est pas un principe actif dans d'autres huiles d'eucalyptus.

La corrélation entre la teneur en 1,8 cinéole et l'activité a été étudiée car certaines des Myrtaceae contenant des niveaux élevés de 1,8 cinéole ont montré une activité anti-listeria élevée. Il y avait une variation considérable entre l'action anti-listeria de *eucalyptus radiata*, bien qu'il ait une teneur similaire en 1,8 cinéole. (**Lis-Balchin et Deans, 1997**).

Donc Leur efficacité contre un large éventail de micro-organismes est liée à leur hydrophobie, qui leur permet de s'intégrer dans les lipides de la membrane cellulaire et des mitochondries, les rendant perméables et entraînant des fuites de contenu cellulaire

Conclusion

CONCLUSION

À l'issue de cette étude, nous pouvons affirmer que l'utilisation des plantes médicinales pour prévenir ou traiter les maladies est l'un des premiers traitements de l'histoire humaine.

Les plantes médicinales sont considérées comme une source de matières premières essentielles pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments.

Notre travail permet de statuer sur l'effet potentiel de la plante *Eucalyptus radita* sur les microorganismes pathogènes.

L'étude bibliographique a montré que les composés chimiques majeurs de l'*Eucalyptus radita* sont l' α -terpinéol, le limonène et le 1,8-cinéole ont le pouvoir de traiter plusieurs maladies. En effet, le 1,8-cinéole est efficace pour lutter contre les épidémies, telles que la grippe, le rhume ou la rhinopharyngite.

L'huile essentielle des feuilles d'*eucalyptus radiata* a une activité antimicrobienne remarquable contre un large spectre d'agents pathogènes associés aux plaies/peau, dentaires, gastro-intestinales/liées à l'alimentation et les infections respiratoires.

Des études antérieures sur l'effet antimicrobien d'*eucalyptus radiata* ont montré une activité importante sur *L. acidophilus*, *E. coli*, *S.aureus*, *streptocoques* et une activité remarquable contre les agents pathogènes respiratoires (*S. pneumoniae*).

Cependant, il serait souhaitable de compléter la présente étude par une expérimentation pour mieux comprendre le mécanisme d'action des molécules bioactives d'*Eucalyptus radiata* et les utiliser en médecine moderne.

*Références
bibliographiques*

A

Alawa, C. B. I., Adamu, A. M., Gefu, J. O., Ajanusi, O. J., Abdu, P. A., Chiezey, N. P., ... & Bowman, D. D. (2003). In vitro screening of two Nigerian medicinal plants (*Vernonia amygdalina* and *Annona senegalensis*) for anthelmintic activity. *Veterinary Parasitology*, *113*(1), 73-81.

Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013). Antioxidant activity of essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, *61*(46), 10835-10847.

Andrade, M. A., Cardoso, M. G., Batista, L. R., Freire, J. M., & Nelson, D. L. (2011). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil of *Pelargonium odoratissimum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *21*(1), 47-52.

Andrienne, P. (2008). La gemmothérapie: passé, présent et avenir. *Phytothérapie*, *6*(1), 29-32.

(Anonyme) **Atlas of Living Australia.** *Eucalyptus radiata* [Internet]. 2019 [cité 27 juin 2020]. Disponible sur : <https://bie.ala.org.au/species/https://id.biodiversity.org.au/taxon/apni/51290011>

Ayoughi, F., Marzegar, M., Sahari, M. A., & Naghdibadi, H. (2011). Chemical compositions of essential oils of *Artemisia dracunculus* L. and endemic *Matricaria chamomilla* L. and an evaluation of their antioxidative effects. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *13*(1), 79-88.

Azzi, A., Davies, K. J., & Kelly, F. (2004). Free radical biology—terminology and critical thinking. *FEBS letters*, *558*(1-3), 3-6.

B

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, *46*(2), 446-475.

Besombes, C. (2008). *Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques: applications généralisées* (Doctoral dissertation, Université de La Rochelle).

Boukhatem, M. N. (2018). *Plantes Aromatique et Médicinale: le Géranium Odorant. Description Botanique, Composition Chimique et Vertus Thérapeutiques. Editions Universitaires Européennes.*

Bousbia, N. (2011). *Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires* (Doctoral dissertation, Université d'Avignon).

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, *94*(3), 223-253.

C

Carlile, M. J., Watkinson, S. C., & Gow, N. A. (1994). The fungi. *Trends in Microbiology*, 2(12), 500.

Cazau-Beyret, N. (2013). *Prise en charge des douleurs articulaires par aromathérapie et phytothérapie* (Doctoral dissertation, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Celimene, C. C., Micales, J. A., Ferge, L., & Young, R. A. (1999). Efficacy of pinosylvins against white-rot and brown-rot fungi.

Chabenat, H. (1991). *Thèse d'exercice* (Doctoral dissertation, Université de Limoges).

Chabrier, J. Y. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

Chanthaphon, S., Chanthachum, S., & Hongpattarakere, T. (2008). Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical Citrus spp. against food-related microorganisms. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 30.

Charie, T. (2019) eucalyptus radiata ,huile essentielle pour prendre soin des cheveux. Disponible sur : <https://www.compagnie-des-sens.fr/eucalyptus-radiata-soin-cheveux>

Chaumont, J. P., & Millet-Clerc, J. (2011). *Phyto-aromathérapie appliquée à la dermatologie*. Lavoisier.

Ciriminna, R., Lomeli-Rodriguez, M., Cara, P. D., Lopez-Sanchez, J. A., & Pagliaro, M. (2014). Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy. *Chemical Communications*, 50(97), 15288-15296.

Coppen, J. J. W., & Hone, G. A. (1992). *Eucalyptus oils: a review of production and markets*. NRI.

Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24, 1250-1319.

D

Dauvergne, A. (2020). Huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, d'Eucalyptus radiata et de Corymbia citriodora: botanique, aromathérapie et enquête auprès des pharmaciens d'officine. Thèse n°96 p 37

Dauvergne, A. (2020). Huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, d'Eucalyptus radiata et de Corymbia citriodora: botanique, aromathérapie et enquête auprès des pharmaciens d'officine.

Djenane, D., Lefsih, K., Yangüela, J., & Roncalés, P. (2011). Composition chimique et activité anti-Salmonella enteritidis CECT 4300 des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, de Lavandula angustifolia et de Satureja hortensis. Tests in vitro et efficacité sur les œufs entiers liquides conservés à 7±1 C. *Phytothérapie*, 9(6), 343-353.

Duarte, A. F., Ferreira, S., Oliveira, R., & Domingues, F. C. (2013). Effect of coriander oil (Coriandrum sativum) on planktonic and biofilm cells of Acinetobacter baumannii. *Natural Product Communications*, 8(5), 1934578X1300800532.

Duarte, A., Ferreira, S., Silva, F., & Domingues, F. C. (2012). Synergistic activity of coriander oil and conventional antibiotics against Acinetobacter baumannii. *Phytomedicine*, 19(3-4), 236-238.

Duke, J. A., & Castleman, M. (2001). *The Green Pharmacy Anti-Aging Prescriptions: Herbs, Foods, and Natural Formulas to Keep You Young*. Rodale.

Durville, J. P. (1893). *Fabrication des essences et des parfums*. Fritsch.

Durville, J. P. (1930). *Fabrication des essences et des parfums: Chimie des parfums* (No. A668. 5 DUR).

E

EL BARAKA, S. (2019). *L'EUCALYPTUS: PROPRIETES BOTANIQUES, PHYTOCHIMIQUES, PHARMACO-THERAPEUTIQUES ET USAGE INDUSTRIEL* (Doctoral dissertation).

F

Farhat, A. (2010). *Vapo-diffusion assistée par micro-ondes: conception, optimisation et application* (Doctoral dissertation, Université d'Avignon)

Farnsworth, N. R., Akerele, O., Bingel, A. S., Soejarto, D. D., & Guo, Z. (1986). Place des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin of the World Health Organization*, 64(2), 159.

Faucon, M. (2012). *Traité d'aromathérapie scientifique et médicale. Éditions Sang de la Terre et Médial, Paris.*

Fekih, N. (2014). *Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre pinus poussant en algerie* (Doctoral dissertation, Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Es-Sciences en Chimie. Option: Chimie Organique Appliquée).

FERTOUT-MOURI, N. (2015). *Ecophytochimie d'une labiée (Teucrium polium) des monts de Tessala, Algérie occidentale* (Doctoral dissertation).

Festy, D. (2014). *Huiles essentielles: le guide visuel*. Éditions Leduc. s.

FESTY, D. M. (2008). Bible des huiles essentielles.

Fleischer, R. (1991). *Physionomie, idéologie, politique dynastique: les portraits sur les monnaies des rois séleucides*.

Fleisher, A. (1990). The poroplast extraction technique in the flavor and fragrance industry. *Perfumer & flavorist*, 15(5), 27-36.

Fritsch, J., & Abreu, M. T. (2019). The microbiota and the immune response: what is the chicken and what is the egg?. *Gastrointestinal Endoscopy Clinics*, 29(3), 381-393.

G

Gahbiche, S. (2009). Phytothérapie, école supérieur de la santé de Sousse, section: hydrothermo-thalassothérapie, 268p.

Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D., Abedinzadeh, Z., & Jore, D. (2003). Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, 91

Garreta, R. (2007). *Des simples à l'essentiel: de l'herboristerie à l'aromathérapie, pratiques et représentations des plantes médicinales*. Presses Univ. du Mirail.

Ghalem, B. R., & Mohamed, B. (2008). Antibacterial activity of leaf essential oils of Eucalyptus globulus and Eucalyptus camaldulensis. *African Journal of Pharmacy and pharmacology*, 2(10), 211-215.

Ghedira, K., Goetz, P., & Le Jeune, R. (2008). Eucalyptus globulus Labill. *Phytothérapie*, 6(3), 197-200.

Giordani, R., Hadeif, Y., & Kaloustian, J. (2008). Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia*, 79(3), 199-203.

Gomes, P. B., Mata, V. G., & Rodrigues, A. E. (2007). Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 41(1), 50-60

H

Hahn, M. W., Lünsdorf, H., Wu, Q., Schauer, M., Höfle, M. G., Boenigk, J., & Stadler, P. (2003). Isolation of novel ultramicrobacteria classified as Actinobacteria from five freshwater habitats in Europe and Asia. *Applied and environmental microbiology*, 69(3), 1442-1451.

Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free radical research*, 31(4), 261-272.

Hellal, Z. (2011). *Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (Sardina pilchardus)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Horvathova, E., Navarova, J., Galova, E., Sevcovicova, A., Chodakova, L., Snahnicanova, Z., ... & Slamenova, D. (2014). Assessment of antioxidative, chelating, and DNA-protective effects of selected essential oil components (eugenol, carvacrol, thymol, borneol, eucalyptol) of plants and intact *Rosmarinus officinalis* oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(28), 6632-6639.

I

Inouye, S., Takizawa, T., & Yamaguchi, H. (2001). Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 47(5), 565-573.

Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., ... & Botrel, A. (2001). Larousse des plantes médicinales identification, préparation, soins. *Editions Larousse, Paris*, 15.

J

Jean, B. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.)*. Lavoisier.

Jones, G. L., Smith, J. E., & Watson, K. (2007). 12 Bioactive properties of native Australian medicinal plants.

Jouault, S. (2012). *La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

K

Kalemba, D. A. A. K., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.

Keskitalo, M., Pohto, A., SAVELA, M. L., Valkonen, J. P., Simon, J., & Pehu, E. (1998). Alterations in growth of tissue-cultured tansy (*Tanacetum vulgare* L.) treated with antibiotics. *Annals of applied biology*, 133(2), 281-296.

Khalid, K. A., Cai, W., & Ahmed, A. M. (2009). Effect of harvesting treatments and distillation methods on the essential oil of lemon balm and apple geranium plants. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(2), 120-130.

Kirschvink, N., de Moffarts, B., & Lekeux, P. (2008). *The oxidant/antioxidant equilibrium in horses. The Veterinary Journal*, 177(2), 178-191.

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

L

Laguerre, V. (2015). *Huiles essentielles et 1, 8-cinéole (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).*

Lee, K. H. (2004). The effect of poverty and parental behavior for predicting high level physical aggression. *Korean Journal of Child Studies*, 25(5), 1-9.

Legrand, M. (1978). *Traumatologie bucco-dentaire des judokas (Doctoral dissertation).*

Lhuillier, A. (2007). *Contribution à l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches: Agauria salicifolia Hook. f ex Oliver, Agauria polyphylla Baker (Ericaceae), Tambourissa trichophylla Baker (Monimiaceae) et Embelia concinna Baker (Myrsinaceae) (Doctoral dissertation).*

Lis-Balchin, M., & Deans, S. G. (1997). Bioactivity of selected plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal of applied microbiology*, 82(6), 759-762.

Lobstein, A., Couic-Marinier, F., & Koziol, N. (2018). Huile essentielle d'Eucalyptus globulus. *Actualités Pharmaceutiques*, 57(573), 59-61.

Lucchesi, M. E. (2005). *Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles (Doctoral dissertation, Université de la Réunion).*

Luís, Â., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2016). *Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of Eucalyptus globulus and Eucalyptus radiata essential oils. Industrial Crops and Products*, 79, 274-282.

Luís, Â., Neiva, D., Pereira, H., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2014). Stumps of *Eucalyptus globulus* as a source of antioxidant and antimicrobial polyphenols. *Molecules*, *19*(10), 16428-16446.

M

Madelin, T. M. (1994). Fungal aerosols: a review. *Journal of aerosol science*, *25*(8), 1405-1412.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (1997). *Brock biology of microorganisms* (Vol. 11). Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.

Mahumane, G. D. (2016). *Antimicrobial activity and chemical analysis of eucalyptus radiata leaf essential oil* (Doctoral dissertation).

Marque, G. (2008). *Isolement et caractérisation chez l'Eucalyptus de gènes codant les facteurs de transcription CBF impliqués dans la réponse au froid* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Méto, A. (1954). *Les eucalyptus dans les reboisements*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Michels da Silva, D., Langer, H., & Graf, T. (2019). Inflammatory and molecular pathways in heart failure—ischemia, HFpEF and transthyretin cardiac amyloidosis. *International journal of molecular sciences*, *20*(9), 2322.

Morel, J. M. (2008). *Traité pratique de phytothérapie: remèdes d'hier pour médecine de demain*. Grancher.

Moro Buronzo, A. (2008). Grand guide des huiles essentielles (Ed) Hachette pratique, p 191.

Mueller, G. M., & Schmit, J. P. (2007). Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict?. *Biodiversity and conservation*, *16*(1), 1-5.

Mulyaningsih, S., Sporer, F., Reichling, J., & Wink, M. (2011). Antibacterial activity of essential oils from *Eucalyptus* and of selected components against multidrug-resistant bacterial pathogens. *Pharmaceutical biology*, *49*(9), 893-899.

Muylaert, A., & Mainil, J. (2013). Résistance bactériennes aux antibiotiques, les mécanismes et leur" contagiosité". In *Annales de Médecine vétérinaire* (Vol. 156, pp. 109-123). ULg-Université de Liège.

O

Ouakrouch, I. A., & EL ANSARI, N. (2015). Enquête ethnobotanique à propos des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète de type II à Marrakech: médecine interne au CHU Mohamed VI de Marrakech. *Enquête*.

Ozgen, M., Reese, R. N., Tulio, A. Z., Scheerens, J. C., & Miller, A. R. (2006). Modified 2, 2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2, 2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(4), 1151-1157.

P

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

Pincemail, J., Lecomte, J., Collart, E., Castiaux, J. P., & Defraigne, J. O. (2001). Stress oxydant, antioxydants et exercice physique. *Vaisseaux, Coeur, Poumons*, 6(5), 1-3.

Prangishvili, D., Forterre, P., & Garrett, R. A. (2006). Viruses of the Archaea: a unifying view. *Nature Reviews Microbiology*, 4(11), 837-848.

R

Raison-Peyron, N. (2012). «TOXIDERMIES» CE N'EST PAS TOUJOURS UN MÉDICAMENT. *Progrès en dermato-allergologie: Besançon 2012*, 18(7), 109.

Rose, J. (1996). *World of Aromatherapy*. Frog Books.

Roux, D. (2008). *Conseil en aromathérapie*. Wolters Kluwer France.

Rule, K., & Molyneux, W. M. (2011). Two new mallee Eucalypts (Myrtaceae) from Gippsland, Victoria. *Muelleria*, 29(1), 16-26.

S

Sadou, N., Seridi, R., Djahoudi, A., & Hadeif, Y. (2015). Composition chimique et activité antibactérienne des Huiles Essentielles des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill. du Nord est Algérien. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 30, 33-39.

Sakhri, W., Bouchair, O., & Bouldjedri, M. E. (2016). *Evaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles issues de deux plantes aromatiques (Romarin et Eucalyptus), contre le Botrytis cinerea agent causal de la pourriture grise des fraisiers* (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Scimeca, D. (2006). *Les plantes du bonheur: Le coup de pouce des plantes contre tous les coups de blues.* Alpen Editions sam.

Scimeca, D. (2007). Les plantes du bonheur, Ed.

Selvakumar, P. (2012). Studies on the antidandruff activity of the essential oil of *Coleus amboinicus* and *Eucalyptus globulus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2, S715-S719.

Serhan, C. N., Ward, P. A., & Gilroy, D. W. (Eds.). (2010). *Fundamentals of inflammation.* Cambridge University Press.

Shankaranarayana, K. H., Ravikumar, G., Angadi, V. G., & Rathore, T. S. (2006). Cineole rich clone in *Eucalyptus tereticornis* of pharmaceutical importance. *Journal of Natural Remedies*, 6(1), 96-98.

Shishir, R. S., Renita, C., Kumuda, A. R., & Subhas, B. G. (2011). Irrational use of *Eucalyptus* oil in dentistry: a case report. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 10(2), 121-124.

Silva, J., Abebe, W., Sousa, S. M., Duarte, V. G., Machado, M. I. L., & Matos, F. J. A. (2003). Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. *Journal of ethnopharmacology*, 89(2-3), 277-283.

Slima, A. B., Ali, M. B., Barkallah, M., Traore, A. I., Boudawara, T., Allouche, N., & Gdoura, R. (2013). Antioxidant properties of *Pelargonium graveolens* L'Her essential oil on the reproductive damage induced by deltamethrin in mice as compared to alpha-tocopherol. *Lipids in health and disease*, 12(1), 1-9.

Synadiet. Huiles essentielles avec les doses conseillées [Internet]. 2018 [cité 20 juill 2020]. Disponible sur: http://www.synadiet.org/sites/default/files/page/files/20180831_synadiet_liste_2_huiles_essentielles.pdf

T

Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Neng, N. R., Nogueira, J. M., Saraiva, J. A., & Nunes, M. L. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Products*, 43, 587-595.

Toty, A. A., Guessennd, N., Bahi, C., KRA, A. K. M., Tokore, D. A., & Dosso, M. (2013). Évaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistantes. *Bulletin de la société royale des sciences de Liège.*

Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011). Antimicrobial potential and chemical composition of Eucalyptus globulus oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, 126(1), 228-235.

V

Valnet, J., Berjonneau, J., & Defrance, N. (2001). *Aromathérapie*. Vigot.

Van Vuuren, S. F., Docrat, Y., Kamatou, G. P. P., & Viljoen, A. M. (2014). Essential oil composition and antimicrobial interactions of understudied tea tree species. *South African Journal of Botany*, 92, 7-14.

W

Walsh, C. (2003). *Antibiotics: actions, origins, resistance*. American Society for Microbiology (ASM).

Warnke, P. H., Sherry, E., Russo, P. A. J., Acil, Y., Wiltfang, J., Sivananthan, S., ... & Springer, I. N. G. (2006). Antibacterial essential oils in malodorous cancer patients: clinical observations in 30 patients. *Phytomedicine*, 13(7), 463-467.

Z

Zambonelli, A., D'Aulerio, A. Z., Severi, A., Benvenuti, S., Maggi, L., & Bianchi, A. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris* L. *Journal of Essential Oil Research*, 16(1), 69-74.

Zeghad, N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. *Constantine: université Mentouri*.

Zhang, X., Wu, X., Hu, Q., Wu, J., Wang, G., Hong, Z., ... & for Trauma, L. (2019). Mitochondrial DNA in liver inflammation and oxidative stress. *Life sciences*, 236, 116464.

Zobel, B. (1988). Eucalyptus in the forest industry. *Tappi journal (USA)*.

Résumé

Eucalyptus radiata est l'une des plantes médicinales les plus connues, L'huile essentielle de ses feuilles est largement utilisée dans la médecine traditionnelle pour ses vertus thérapeutiques. Plus récemment, des études, ont montré que L'huile essentielle *Eucalyptus radiata* possédait des activités biologiques intéressantes pour la santé humaine incluant un effet, anti-inflammatoire, antioxydant et antibactérienne. L'objectif de ce travail est d'établir les propriétés physico-chimiques de la plante *Eucalyptus radiata* permettant d'expliquer ses propriétés biologiques plus précisément l'activité antibactérien. D'après les résultats obtenus l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* a présenté un effet antimicrobien apprécié en inhibant la croissance des différentes souches bactérienne Cet effet est dû à sa richesse en composants chimiques le 1,8-cinéole, limonène et α -terpinéol.

Mots-clés : *Eucalyptus radiata*, activité antibactérienne, composants chimiques

Abstract

Eucalyptus radiata is one of the most famous medicinal plants, The essential oil of its leaves is widely used in traditional medicine for its therapeutic properties. More recently, studies have shown that *Eucalyptus radiata* essential oil has interesting biological activities for human health, including an anti-inflammatory, antioxidant and antibacterial effect. The objective of this work is to establish the physicochemical properties of the *Eucalyptus radiata* plant to explain its biological properties, more precisely the antibacterial activity. According to the results obtained the essential oil of *Eucalyptus radiata* presented an antimicrobial effect appreciated by inhibiting the growth of different bacterial strains This effect is due to its richness in chemical components 1,8-cineole, limonene and α -terpineol .

Keywords: *Eucalyptus radiata*, antibacterial activity, chemical components

ملخص

Eucalyptus radiata هي واحدة من النباتات الطبية المعروفة ، يستخدم الزيت العطري لأوراقه على نطاق واسع في الطب التقليدي لخصائصه العلاجية. في الآونة الأخيرة ، أظهرت الدراسات أن زيت *Eucalyptus radiata* يمتلك أنشطة بيولوجية مثيرة للاهتمام لصحة الإنسان بما في ذلك تأثير مضاد للالتهابات ومضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا. الهدف من هذا العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لنبات *Eucalyptus radiata* ، مما يسمح بشرح خصائصه البيولوجية، بدقة أكبر النشاط المضاد للبكتيريا. وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، فإن الزيت العطري لـ *Eucalyptus radiata* أظهر تأثيراً مضاداً للميكروبات تم تقديره من خلال تثبيط نمو سلالات بكتيرية مختلفة، ويرجع هذا التأثير إلى ثرائه في المكونات الكيميائية 1,8-cineole ، limonene و α -terpineol .

الكلمات المفتاحية: *Eucalyptus radiata* ، نشاط مضاد للجراثيم ، مكونات كيميائية