

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 أحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences - Département de Chimie
Domaine : Science de la Matière
Filière : Chimie
Spécialité : Chimie Organique

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté et soutenu par

ZENKAR WASSILA & TAALBI IMANE

25 octobre 2020

Thème

Synthèse bibliographique sur les huiles
essentielles d'*Eucalyptus radiata*

DEHAK Karima	MCA	Présidente
BENOUDJIT Fouzia	MCB	Promotrice
DADDI OUBEKKA Leila	MCB	Examinatrice

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

*Un merci particulier à notre promotrice Mme. **BENOUDJIT Fouzia** qui a dirigé notre travail. Ses conseils et ses commentaires précieux nous ont permis de surmonter les difficultés et de progresser dans ce travail.*

*Tout notre respect et nos remerciements vont vers la présidente du jury Mme **DEHAK Karima** et l'examinatrice Mme **DADDI OUBEKKA Leïla** qui ont pleinement consacré leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons sera à la hauteur de leurs attentes.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également au Dr **Saad Laamourí** (président du conseil interprofessionnel des PAM de la wilaya d'Alger) pour son aide, sa disponibilité, sa gentillesse et ses très précieux conseils.*

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous les professeurs, l'administration et le personnel de la faculté des sciences précisément le département de chimie qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation, et à toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

Enfin, nous tenons à associer ce travail à nos familles, à qui nous le dédions. Sans leur présence et leurs encouragements permanents, nous n'aurions jamais atteint nos objectifs.

Dédicace

*and my success can only come from Allah. In Him I trust, and
unto Him I return {Quran - Hud (11:88)}*

Je dédie ce modeste Travail :

*A ALLAH mon créateur, Le Tout Puissant, le très miséricordieux
d'avoir permis à ce travail d'aboutir à son terme.*

A mes très chers parents

« Saïd & Bachira »

Sources de mes joies, secrets de ma force, Vous serez toujours le modèle

Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté

Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour nous

*A qui je ne rendrais jamais assez pour leurs amours, leurs sacrifices,
patiences et affections envers moi, leurs soutiens et soucis pour mon
avenir et à qui je dois mes sincères et profonds remerciements.*

*Merci d'être tout simplement mes parents C'est à vous que je dois cette
réussite et je suis fière de vous l'offrir.*

Que dieu vous garde et vous procure longue vie, santé et bonheur.

A ma très chère sœur

*Djazia et son mari Karim et leurs adorables filles : Sirine, Yasmine,
little queen*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et
l'affection que je porte pour vous.*

Malgré la Distance, vous êtes toujours dans mon cœur !!!

A mon frère : Yassine et ces enfants Ines et Mohammed.

A toute la famille : ma grand-mère, mes tantes, cousins et cousines.

Imane

Dédicace

Avec l'aide d'ALLAH, on a pu réaliser ce modeste travail, fruit de plusieurs années d'études, d'effort pour lesquelles le mérite revient d'abord à ceux qui m'ont donné la vie et m'ont accompagné durant mon cursus.

Cet espace est très limité pour exprimer ma gratitude, et mes pensées très fortes pour eux, pour avoir été toujours présent dans ma vie tout en partageant les moments de joie et de peine.

A mes parents « Meriem & M'hamed »

Symbole de bonté par excellence, source de tendresse, lumière de mes yeux, et le bonheur de ma vie. En me guidant toujours avec leurs conseils, et leurs prières que Dieu les gardes et les protège.

A mes chers frères : Mustapha, Zinou et Sidali.

A mes chères sœurs : Fatiha et Hayet.

A mes neveux et nièces : Youcef, Ali, Darine, Lilya et Racim

A ma belle-sœur Amira et mes beaux frères Zohir et Mouhamed.

A la Famille Moutassi

A toute la famille Zenkar.

Wassila

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces	II
Sommaire	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	V
Liste des abréviations	VI
Glossaire.....	VII
Introduction	1
Chapitre I : Généralités	
I.1. Plantes aromatiques et médicinales	3
I.1.1. Historique	3
I.1.2. Définitions	3
I.1.3. Importance.....	4
I.1.4. Distribution des espèces végétales dans le bassin méditerranéen	5
I.1.5. Plantes aromatiques et médicinales en Algérie	5
I.2. Huiles essentielles	6
I.2.1. Historique	6
I.2.2. Définitions	6
I.2.3. Répartition et localisation dans la plante.....	7
I.2.3.1. Répartition	7
I.2.4. Rôle dans la plante	7
I.2.4.1. Défense et communication :	8
I.2.4.2. Résistance	8
I.2.4.3. Reproduction	8
I.2.5. Classification.....	8
I.2.5.1. Selon la composition chimique.....	8
I.2.5.2. Selon la couleur	9
I.2.6. Propriétés :.....	9
I.2.6.1. Caractères organoleptiques	9
I.2.6.2. Caractéristiques chimiques	9
I.2.6.3. Caractéristiques physiques	10
I.2.6.4. Compositions chimiques	10
I.2.7. Toxicité.....	12
I.2.8. Facteurs influençant la composition des huiles essentielles.....	12
I.2.9. Activités :	13
I.2.9.1. Activité antibactérienne	13
I.2.9.2. Activité antifongique	13

Sommaire

I.2.9.3. Activité antivirale	13
I.2.9.4. Activité antioxydante.....	13
I.2.10. Domaines d'utilisation	14
I.2.11. Conservation.....	14
I.2.12. Règlementation.....	15
I.2.13. Intérêt économique.....	15
I.3. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	16
I.3.1. Techniques conventionnelles	16
I.3.1.1. Hydrodistillation et entrainement par la vapeur d'eau	16
I.3.1.2. Hydro diffusion (ou percolation).....	18
I.3.1.3. Expression à froid.....	18
I.3.1.4. Extraction par solvant.....	18
I.3.1.5. Enfleurage (ou digestion)	18
I.3.2. Techniques nouvelles (ou innovantes)	19
I.3.2.1. Extraction assistée par microondes.....	19
I.3.2.2. Extraction accélérée par solvants	19
I.3.2.3. Extraction par des solvants supercritiques.....	19
Chapitre II : <i>Eucalyptus radiata</i>	
II.1. Généralités sur l'eucalyptus.....	20
II.1.1. Présentation.....	20
II.1.2. Historique.....	20
II.1.3. Répartition géographique.....	20
II.1.4. Classification botanique.....	21
II.1.5. Intérêt socioéconomique	22
II.2. <i>Eucalyptus radiata</i> (ou eucalyptus radié).....	22
II.2.1. Présentation.....	22
II.2.2. Description botanique	22
II.2.3. Classification botanique.....	23
II.3. Huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i>	24
II.3.1. Localisation dans la plante.....	24
II.3.2. Méthodes d'extraction	24
II.3.3. Propriétés pharmacologiques.....	24
II.3.4. Rendement d'extraction et caractérisation : Travaux antérieurs et discussion.....	26
II.3.4.1. Rendement d'extraction.....	26
II.3.4.2. Caractères organoleptiques.....	27
II.3.4.3. Propriétés physicochimiques	28

Sommaire

II.3.4.4. Compositions chimiques	29
II.3.4.5. Activité antimicrobienne.....	33
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	38
Résumé	

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma sur les produits issus des plantes.	4
Figure I.2 : Répartition des espèces végétales dans le bassin méditerranéen (2010)....	5
Figure I.3 : Une unité d'isoprène.....	10
Figure I.4 : structure du Limonène.....	10
Figure I.5 : Structure chimique de quelques monoterpènes extraits des HEs.....	11
Figure I.6 : la structure du Chamazulène.....	11
Figure I.7 : Structure chimique de quelques sesquiterpènes extraits des HEs.....	11
Figure I.8 : Structure chimique de quelques dérivés du phénylpropanes des HEs.....	12
Figure I.9 : Facteurs de variabilité de la composition des HEs.....	13
Figure I.10 : Schéma du dispositif d'hydrodistillation.....	16
Figure I.11 : Schéma de l'hydrodistillation au laboratoire.....	16
Figure I.12 : Distillation par entraînement à la vapeur d'eau.	17
Figure I.13 : Schéma du procédé d'hydrodiffusion.	18
Figure I.14 : Extraction des HEs par microondes.....	19
Figure II.1 : Arbre d' <i>Eucalyptus radiata</i>	22
Figure II.2 : Feuilles (A), fleurs (B), fruits (C) et écorce (D) d' <i>Eucalyptus radiata</i>	23
Figure II.3 : <i>Eucalyptus radiata</i>	23
Figure II.4 : Structures chimiques des principaux composés majoritaires de l'huile essentielle d' <i>eucalyptus radiata</i>	32

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Organes de certaines plantes riches en HEs.....	7
Tableau I.2 : Classement des HEs en volumes de ventes	15
Tableau II.1 : Distinction entre les espèces d'Eucalyptus selon la variabilité de l'écorce....	21
Tableau II.2 : Variation du rendement en HEs d' <i>Eucalyptus radiata</i>	26
Tableau II.3 : Caractéristiques organoleptiques de l'HE d'Eucalyptus radiata.....	27
Tableau II.4 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huiles essentielles d' <i>E. radiata</i>	28
Tableau II.5: Composition chimique d'HEs (en %) d' <i>Eucalyptus radiata</i> de différentes origines.....	29
Tableau II.6: Activité antimicrobienne de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i>	34

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

HE : Huile Essentielle.

PAM : Plantes Aromatiques et Médicinales.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse.

GC-MS : La Chromatographie en phase gazeuse - Spectrométrie de masse.

GC-FID : Chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme.

HD : Hydrolat.

E : *Eucalyptus*.

M : Monoterpène.

MO : Monoterpène oxygéné.

S : Sesquiterpène.

SO : Sesquiterpène oxygéné.

Glossaire

Angiosperme : rassemblent les plantes terrestres qui sont caractérisées par la présence de fleurs (structures dans lesquelles sont regroupés les organes reproducteurs), qui donneront les fruits après fécondation. Pour cette raison, ce groupe est également appelé plantes à fleurs.

Tradipraticien : (aussi appelé « tradithérapeute », « guérisseur ») exerce une pratique médicale non conventionnelle reposant sur des approches présentées comme traditionnelles.

Phytothérapie : c'est l'emploi de plantes ou de médicaments à base de plantes (poudres, préparations en ampoules, infusions...) pour soigner naturellement les différents maux du corps humain.

Introduction



Introduction

Dans plusieurs pays en développement, une grande partie de la population fait confiance à des tradipraticiens et à leurs collections de plantes aromatiques et médicinales (PAM) pour les soigner. De plus, les hommes et les femmes ont eu depuis longtemps recours aux plantes pour se soigner ou encore se maquiller et se parfumer.

Les PAM sont utilisées dans différents domaines : industrie alimentaire, conserverie, pharmaceutique et phytothérapie [1]. Elles sont une source intarissable de molécules assimilées à des principes actifs possédant des propriétés spécifiques qui leur confèrent un caractère unique. Les procédés d'extraction permettent de récupérer ces molécules sous une forme liquide et concentrée qu'on appelle « huile essentielle ».

Les huiles essentielles (HEs) furent découvertes avec l'apparition et la connaissance de la chimie et d'autres innovations scientifiques. C'est ainsi que les domaines de la parfumerie, de la santé et du cosmétique se sont intéressés aux HEs. En effet, une HE renferme diverses molécules différentes. C'est ce qui rend chaque HE polyvalente avec de nombreuses propriétés à l'inverse d'un médicament qui ne renferme généralement qu'une seule molécule pour un seul usage [2].

L'Algérie recèle d'un patrimoine végétal important par sa richesse et sa diversité dans les régions côtières, les massifs montagneux, les hauts-plateaux, la steppe et les oasis sahariennes. On y trouve plus de 3000 espèces végétales. Parmi ces ressources naturelles, les PAM commencent à occuper une place dans l'économie nationale par l'ouverture de nombreuses distilleries au niveau du territoire national.

L'Eucalyptus est l'une des PMA les plus utilisées à travers le monde [3]. On compte actuellement plus de 600-800 espèces parmi elles l'*Eucalyptus radiata* dont beaucoup se trouvent au nord de l'Algérie.

Ce mémoire a pour objectif l'étude bibliographique de l'HE d'*Eucalyptus radiata*

Notre travail s'articule en deux chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les PAM, les HEs ainsi que leurs procédés d'extraction afin de mettre en lumière des connaissances relatives à l'objectif de notre travail.

Le deuxième chapitre concerne l'étude d'*Eucalyptus radiata* (ou eucalyptus radié), en général, et de son HE en particulier. La variation du rendement d'extraction, des propriétés

Introduction

physicochimiques et des activités biologiques en fonction des différentes HEs d'*Eucalyptus radiata* extraites et caractérisées dans des travaux antérieurs seront abordées et discutées.

Enfin, l'achèvement de ce travail sera par une conclusion et quelques perspectives.

Chapitre I Généralités



I.1. Plantes aromatiques et médicinales :

I.1.1. Historique

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales (PAM) est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. Il est fort possible que les premières découvertes des propriétés curatives des végétaux soient fortuites car en voulant se nourrir, l'homme primitif trouva leur faculté médicinale, et il fut certainement aidé dans cela par l'observation des animaux, qui instinctivement savaient s'en servir.

La Chine qui était le berceau de la phytothérapie, l'Inde, le Moyen Orient et les babyloniens nous ont laissé des tablettes d'argiles cuites portant des listes de plantes considérées comme drogues soigneusement établies notamment au cours de l'ère arabo-musulmanes. L'Égypte, la Grèce et les romains constituent des civilisations phares pendant lesquelles les PAM ont connu une place de premier plan. Depuis l'Égypte antique (environ 4 500 ans avant Jésus-Christ), l'homme utilisait largement les huiles balsamiques, les onguents parfumés, les résines aromatiques, les épices et les végétaux odoriférants en rites, en magie, en thérapeutique, en alimentation ainsi que dans les pratiques de la vie courante [4].

I.1.2. Définitions

Plante aromatique :

Une plante aromatique est définie comme une plante qui renferme une quantité suffisante de molécules aromatiques élaborées et stockées dans différents organes producteurs tels que les feuilles, les tiges, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et les racines [5].

Plante médicinale :

Une plante médicinale est une plante utilisée entière ou sous forme d'une partie de plante et qui possède des propriétés médicamenteuses [6].

I.1.3. Importance

Les plantes sont universellement reconnues comme un élément essentiel de la diversité biologique et une ressource essentielle pour la planète. En effet, plusieurs milliers d'entre elles ont une grande importance économique et culturelle, en fournissant de la nourriture, du carburant, des vêtements et des abris pour l'homme dans le monde entier. La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie car elles présentent des avantages dont les médicaments sont souvent dépourvus [7].

C'est ainsi que l'intérêt des consommateurs nourrit la forte croissance des marchés subséquents liés à l'utilisation des PAM, qui sont très diversifiés dans la mesure où différents procédés permettent d'obtenir une large gamme de produits à partir d'une même plante (Figure I.1).

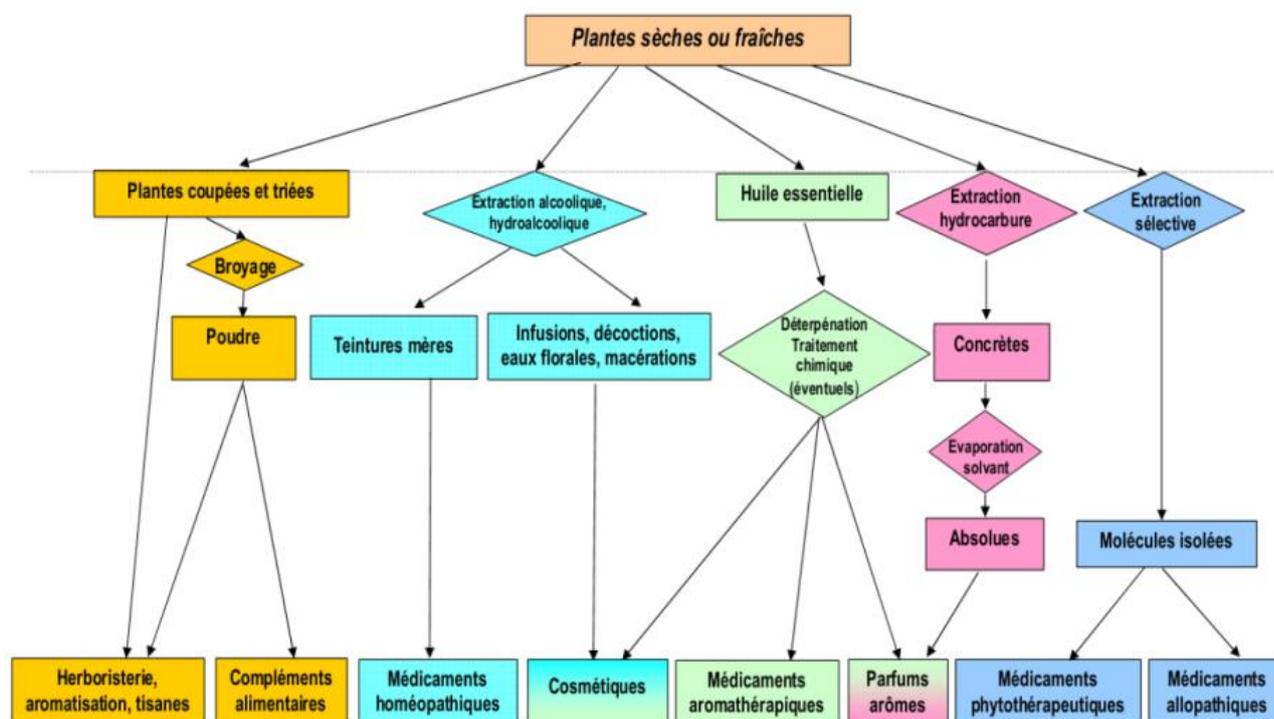


Figure I.1 : Schéma sur les produits issus des plantes [8].

I.1.4. Distribution des espèces végétales dans le bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen est l'une des régions les plus riches en biodiversité (Figure I.2). Il se compose de 25 000 espèces végétales, soit 10 % des plantes connues, alors que sa surface terrestre ne représente que 1,6 %. Près de 60 % de ces espèces ne se trouvent nulle part ailleurs. Une richesse naturelle due à la multiplicité des habitats : 40 600 km de côtes rocheuses et sableuses, de nombreuses chaînes de montagnes, des zones arides, des régions humides, des falaises, des plaines. Sur ses 5 000 îles et îlots, une flore spécifique s'est développée et certaines espèces très anciennes s'y sont maintenues jusqu'à aujourd'hui [9].

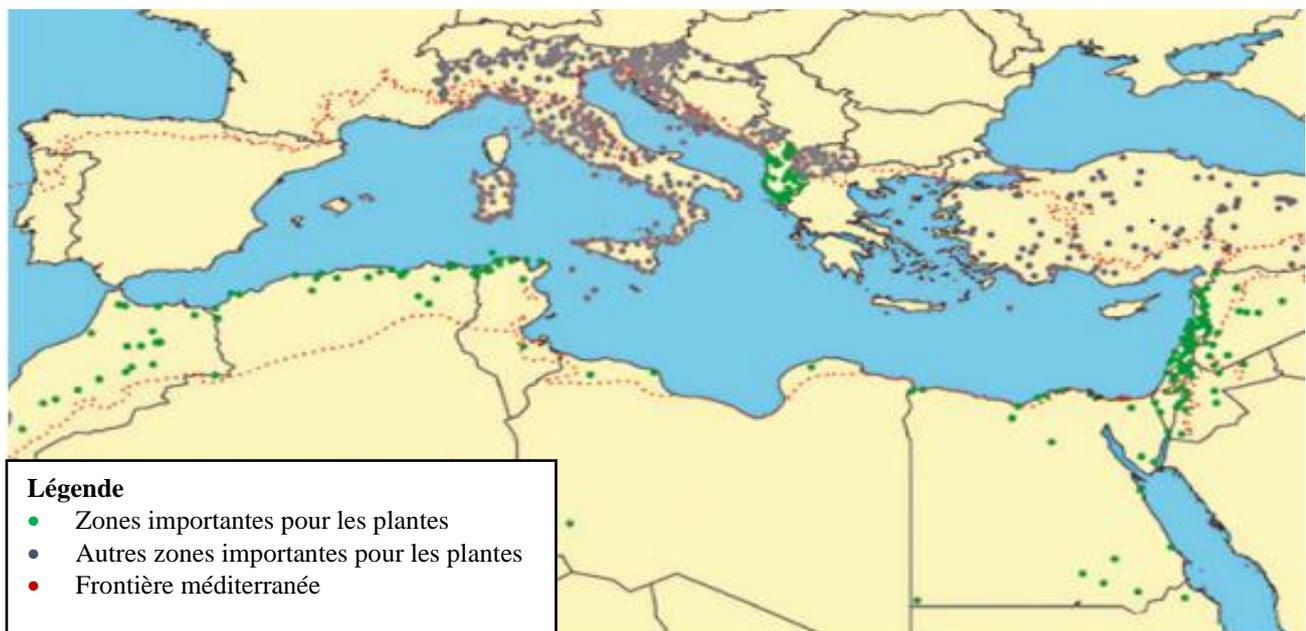


Figure I.2: Répartition des espèces végétales dans le bassin méditerranéen [9].

I.1.5. Plantes aromatiques et médicinales en Algérie

La richesse de la flore algérienne est incontestable. Elle recèle un grand nombre d'espèces classées en fonction de leur degré de rareté : 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques. Ainsi, l'Algérie compte actuellement quelque 3.000 variétés de PAM, dont 600 seulement sont utilisées [10].

Malgré ses potentialités productives en matière de PAM, ces plantes sont marginalisées par les politiques adoptées par le pays vu que l'économie de l'Algérie est fondée sur les importations et la rente pétrolière. Plusieurs experts ont déjà appelé à une meilleure exploitation des potentialités de l'Algérie en termes de production et de transformation des PAM qui peuvent constituer une source importante de revenus extérieurs.

I.2. Huiles essentielles :

I.2.1. Historique

L'utilisation des huiles essentielles (HEs) fut étroitement associée à la phytothérapie et remonte à la haute antiquité. Les HEs semblent donc avoir accompagnée la civilisation humaine depuis ses premières genèses. En effet, les Égyptiens, les Romains et les Grecs avaient recours aux HEs pour leurs bains alors que les pharaons les utilisaient pour embaumer les corps des défunts. A Athènes, au Vème siècle avant Jésus-Christ, lors de la grande épidémie de peste, Hippocrate utilisât des jarres où brûlaient des fumigations aromatiques afin d'enrayer l'épidémie.

A noter que les grands berceaux géographiques de la civilisation aromatique sont l'Inde, la Chine et le bassin méditerranéen. Ces berceaux ont donné à l'humanité des connaissances dans le domaine des HEs dont la validité est toujours d'actualité.

I.2.2. Définitions

Selon la Commission de la Pharmacopée Européenne [7], une HE est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'HE est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ». La Pharmacopée précise que la matière première peut être fraîche, flétrie, sèche, entière ou pulvérisée. Elle décrit sommairement les procédés d'obtention, précise que les HEs peuvent subir un traitement ultérieur approprié, destiné à éliminer partiellement ou totalement des constituants.

L'Association Française de Normalisation (AFNOR) [7], quant à elle, définit l'HE comme un « produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche ».

I.2.3. Répartition et localisation dans la plante

I.2.3.1. Répartition

Les HEs sont réparties dans un nombre limité de familles botaniques [11] tel que :

- Des Myrtacées : eucalyptus, giroflier, myrte...
- Des Lauracées : Cinnamomum, Sassafras, Persea, Laurier...
- Des Alliacées : ail, oignon, ciboule, ciboulette, échalote...
- Des Apiacées : angélique, carvi, cerfeuil, fenouil, persil...
- Des Lamiacées : mélisse, menthe, basilic...

I.2.3.2. Localisation

Les HEs sont présentes en très petite quantités : 1 à 2 % de la matière sèche au maximum. Elles peuvent être stockés dans différents organes végétaux : feuilles d'angiospermes (plantes à graines), racines, écorces ...[12].

Le Tableau I.1, ci-dessous, regroupe les organes de certaines plantes riches en HEs.

Tableau I.1: Organes de certaines plantes riches en HEs [13].

<i>Organes</i>	<i>Exemples</i>
Feuilles d'angiospermes tiges	Eucalyptus
Feuilles d'angiospermes	Romain, sauge, menthe
Fleurs	Jasmin, rose
Fruits	Citron

I.2.4. Rôle dans la plante

Autrefois les HEs étaient considérées comme simples déchets métaboliques mais au fil du temps plusieurs hypothèses se sont développées concernant leur utilité au sein de la plante. On distingue trois (03) grandes activités des HEs [14] :

I.2.4.1. Défense et communication :

- Les HEs permettraient aux plantes de se défendre contre les autres plantes. Ex. Diffusion de substances télétoxiques afin d'éviter la pousse d'autres végétaux à proximité.
- Les HEs auraient été développées par les plantes pour constituer une défense chimique contre les micro-organismes. Elles repoussent ainsi les parasites et protègent la plante de certaines maladies grâce à leurs propriétés antifongiques, antivirales, antibactériennes ou insectifuges.
- Les HEs pourraient permettre aux plantes de communiquer entre elles. Ex. Une plante attaquée par un herbivore pourrait envoyer des signaux d'alerte aux autres plantes du secteur pour qu'elles déclenchent des mécanismes de défense.
- Les HEs aideraient à guérir blessures et attaques diverses auxquelles sont soumises les plantes.
- Les HEs représenteraient une réserve d'énergie mobilisable. Ex. Cas de conditions climatiques défavorables.

I.2.4.2. Résistance

Les HEs rempliraient une action de protection contre les brûlures solaires des plantes.

I.2.4.3. Reproduction

Les HEs attireraient les insectes pollinisateurs et permettraient ainsi à la plante d'assurer sa reproduction.

I.2.5. Classification

On distingue deux (02) types de classification des HEs :

I.2.5.1. Selon la composition chimique

On distingue [15] :

- Les HEs hydrocarburées qui sont les plus nombreuses ;
- Les HEs oxygénées qui présentent toutes les HEs solides ;
- Les HEs sulfurées.

I.2.5.2. Selon la couleur

Cette classification comprend quatre (04) classes [15] :

- Les HEs incolores qui sont dépourvues de résines et d'azulène ;
- Les HEs jaunes qui renferment des résines ;
- Les HEs bleues qui contiennent de l'azulène ;
- Les HEs jaune-vert et vert-brun qui contiennent principalement de l'azulène mais aussi d'autres colorants.

I.2.6. Propriétés :

Les différentes caractéristiques propres à chaque HE permettent de les définir exactement. Ainsi, la connaissance des propriétés et de la composition d'une HE est primordiale pour une utilisation efficace et sécurisée.

I.2.6.1. Caractères organoleptiques

- **Aspect** : il représente l'aspect général de l'HE. Ex. Limpidité, fluidité, etc.
- **Couleur** : la plupart des HEs possèdent une couleur. Cependant l'identification sur ce seul critère est difficile.
- **Odeur** : elle représente l'empreinte de l'HE et c'est, de ce fait, un caractère beaucoup plus sûr pour évaluer la qualité du produit. En effet, un professionnel exercé, par comparaison avec un échantillon type, pourra dépister toute falsification.
- **Saveur** : ce paramètre est plus rarement utilisé car il n'est pas toujours possible avec les huiles dermocaustiques si elles sont utilisées pures.

I.2.6.2. Caractéristiques chimiques

- Les HEs s'oxydent à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène. En même temps que leur odeur se modifie, leur point d'ébullition augmente et leur solubilité diminue [16].
- Les HEs absorbent le chlore, le brome, l'iode avec un dégagement de chaleur. Elles peuvent se combiner à l'eau pour former des hydrates.
- La lipophilie des HEs permet un très bon passage des membranes physiologiques en particulier au niveau de la peau [16].

I.2.6.3. Caractéristiques physiques

Les HEs forment un groupe relativement homogène quant à leurs propriétés physiques :

- Les HEs sont des liquides assez mobiles.
- Les HEs sont volatiles.
- La densité des HEs est en générale inférieure à celle de l'eau (de 0,850 à 0,950) sauf celles de cannelle, de girofle, de saffras et de gaulthérie.
- Le point d'ébullition des HEs est toujours supérieur à 100°C.
- Les HEs sont solubles dans les graisses et les solvants apolaires. La solubilité dans l'eau est de 0,30 à 0,50 %.
- Les HEs sont actives sur la lumière polarisée.

I.2.6.4. Composition chimique

La composition chimique des HEs est complexe. Chaque HE est caractérisé par quelques molécules majoritaires terpéniques, soit des monoterpènes ou des sesquiterpènes, et d'autres molécules moins fréquentes telles que les composés aromatiques. Ces molécules peuvent agir en synergie, elles expliquent à la fois l'efficacité, mais aussi la polyvalence des HEs [18,17].

a) Les terpènes :

Ce sont des hydrocarbures composés d'un nombre variable d'unités d'isoprène (figure I.3) de formule brute $(C_5H_8)_n$, comptant les monoterpènes, les sesquiterpènes et les diterpènes.

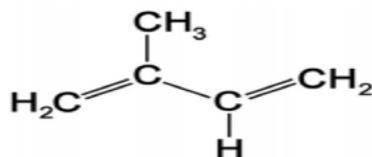


Figure I.3 : Une unité d'isoprène

- Les monoterpènes C_{10} ($n=2$) :

Constituants les plus simples de la série. Ce sont des hydrocarbures aliphatiques saturés ou insaturés. Ils peuvent être acycliques (Mycènes, ocymène), ou cyclique (limonène) (figure I.4).

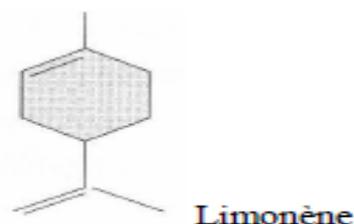


Figure I.4 : structure du Limonène

(Pinène, camphène) et même aromatiques (p-cymène. Ils peuvent également contenir des atomes d'oxygènes (Figure I.5). Ils constituent parfois 90% des HEs.

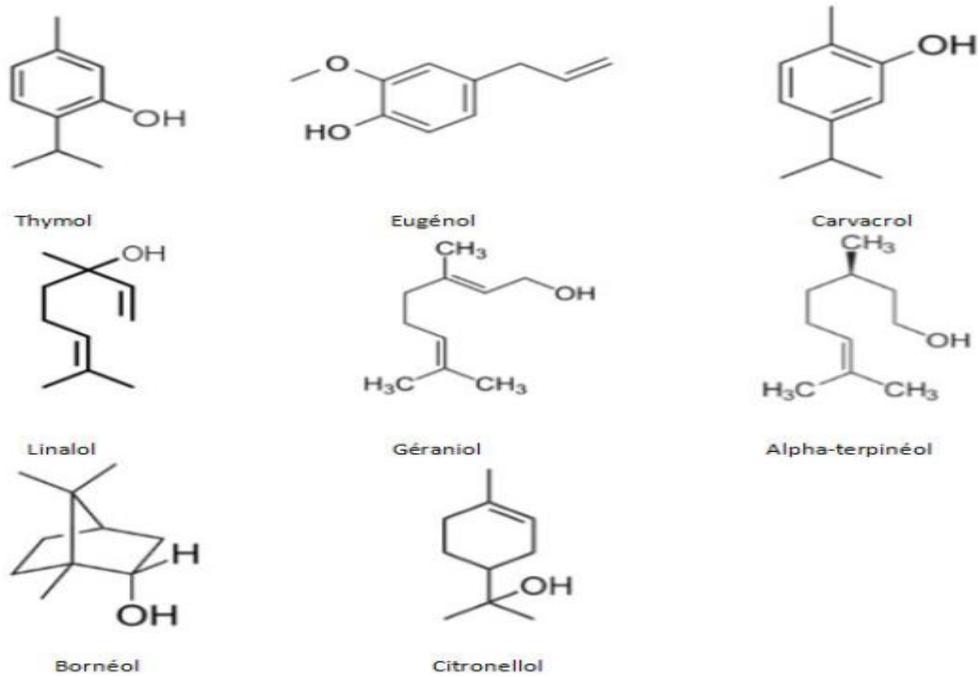


Figure I.5 : Structure chimique de quelques monoterpènes extraits des HEs.

- Les sesquiterpènes C₁₅ (n=3) :

Composés de trois unités d'isoprènes, ils sont présents dans de nombreuses HE tel que Chamazulène (figure I.6)

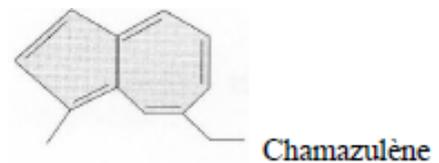


Figure I.6 : la structure du Chamazulène

Les variations structurales dans cette série sont également importantes. Carbures, alcools et cétones étant les plus fréquents. La Figure I.7 ci-dessous illustre quelques exemples de sesquiterpènes caractéristiques des HEs.

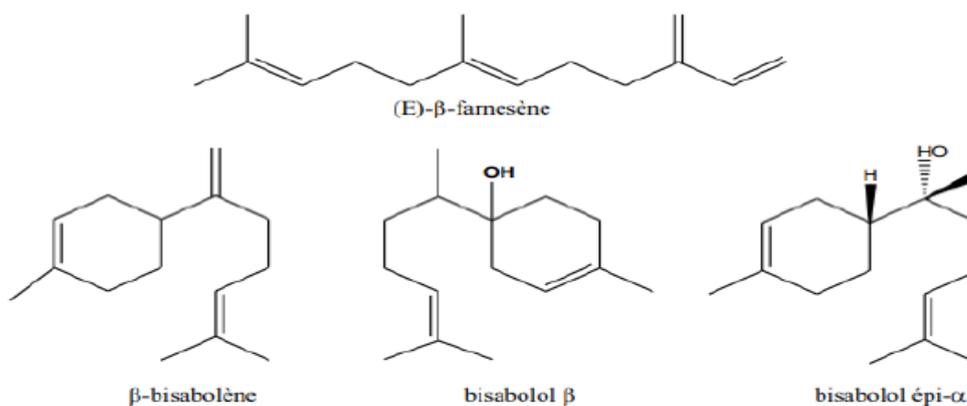


Figure I.7 : Structure chimique de quelques sesquiterpènes extraits des HEs.

b) Composés aromatiques :

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C6-C3) sont moins fréquents dans les HEs (figure I.8).

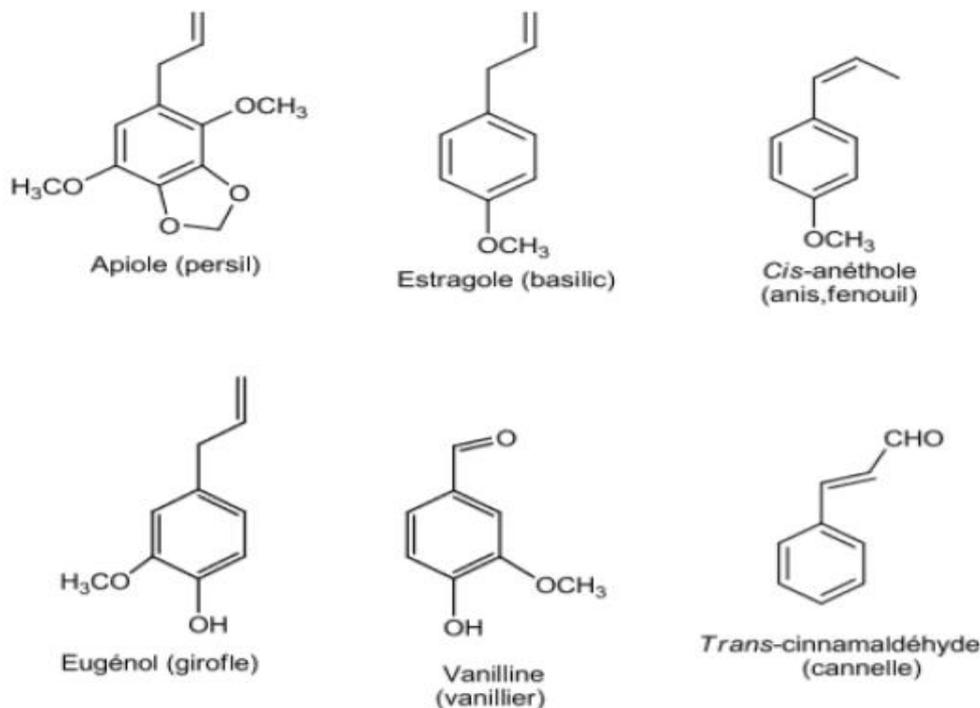


Figure I.8 : Structure chimique de quelques dérivés du phénylpropanes des HEs.

I.2.7. Toxicité

Bien que d'origine naturelle, les HEs peuvent se révéler dangereuses pour la santé. Il est ainsi important de connaître le produit, le choisir selon des critères qualificatifs rigoureux, de respecter scrupuleusement les doses et de choisir le mode d'administration adéquat, et ce afin d'éviter la survenue d'effets indésirables, voire même des interactions avec d'autres substances biologiquement actives. Ainsi, les HEs peuvent s'avérer allergisantes, photosensibilisantes, cytotoxiques, irritantes, néphrotoxiques, hépatotoxiques, neurotoxiques ... [19].

I.2.8. Facteurs influençant la composition des huiles essentielles

Les HEs présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au niveau du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs, que nous pouvons regrouper en deux (02) catégories intrinsèques et extrinsèques tels qu'il est détaillé sur la Figure I-9.

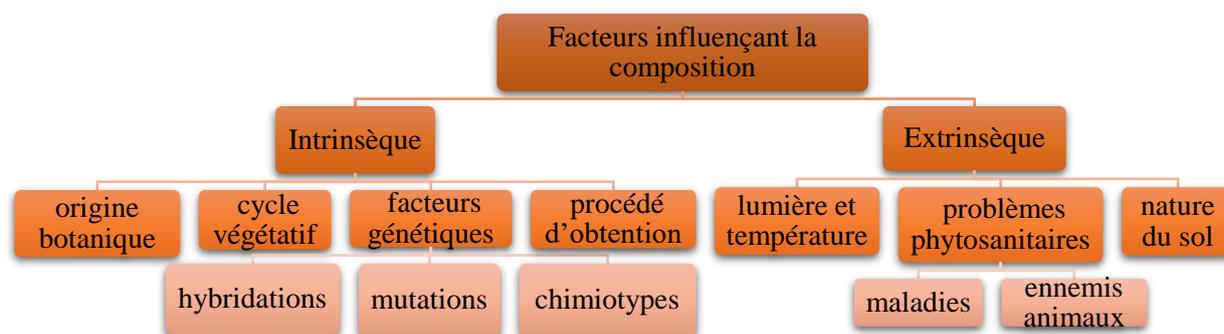


Figure I.9: Facteurs de variabilité de la composition des HEs [20].

I.2.9. Activités :

I.2.9.1. Activité antibactérienne

Les HEs riches en composés phénoliques, comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol sont dotées d'une forte activité antibactérienne [21].

I.2.9.2. Activité antifongique

Le pouvoir antifongique des HEs a été mis en évidence par de nombreux auteurs contre les moisissures allergisantes, les dermatophytes, les champignons pathogènes et opportunistes tels que *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et *aspergillus fumigatus*. Généralement les champignons sont plus sensibles aux HEs que les bactéries [22].

I.2.9.3. Activité antivirale

Les virus sont, généralement, fortement sensibles aux molécules aromatiques des HEs telles que les monoterpénols et les monoterpénals. De nombreuses pathologies virales évères traitées avec des HEs ont montré des améliorations importantes. L'effet antiviral de l'huile essentielle de *Mentha piperita* a été étudié « *in vitro* » contre les virus d'Herpès Simplex (HSV-1 et HSV-2), une inhibition de 50% est obtenue avec des concentrations de 0,002% à 0,008% [21].

I.2.9.4. Activité antioxydante

Lorsque l'on parle d'activité antioxydante des HEs, on distingue deux (02) sortes selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne auto-catalytique de l'oxydation.

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 [21].

I.2.10. Domaines d'utilisation

Les HEs sont utilisées dans divers domaines [23] :

En médecine : en tant que médicament pour l'homme en urologie et en dermatologie, dans les gastrites aiguës, contre la toux et les ulcères d'estomac, comme laxatifs, contre les troubles du sommeil et les désordres nerveux, etc.

En agriculture : les HEs de certains arbres ont des utilisations dans l'agriculture dans le contrôle de divers insectes et nématodes.

En alimentation : les HEs sont utilisées comme agents naturels de conservation des aliments. Cela est due à la présence de composés ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes.

En cosmétique : les HEs sont employées dans le secteur du cosmétique, notamment pour la fabrication des parfums, dans les compositions parfumantes des détergents et des produits de parfumerie fonctionnelle.

I.2.11. Conservation

L'instabilité relative des molécules qui composent les HEs rend leur conservation délicate [24]. Quatre facteurs interviennent dans leur altération : la température, la lumière, la nature du flacon dans lequel l'HE est mise ainsi que l'oxygène. C'est pourquoi, pour une bonne conservation de la qualité d'une HE les consignes suivantes doivent être suivies :

- Le stockage de l'HE doit se faire à basse température (entre 8°C et 25°C).
- L'HE doit être mise dans des flacons en aluminium ou en verre teintés (brun, vert, ou bleu). Ces flacons doivent être entièrement remplis et fermés de façon étanche. Il est possible de recourir à l'adjonction d'anti-oxydants.
- La durée de conservation admise des HEs est de 2 à 5 ans [24].

I.2.12. Règlements

Il n'existe pas de cadre réglementaire spécifique aux HEs en Algérie. Cependant des normes internationales cadrant la qualité de quelques HEs essentielles sont disponibles. Parmi les normes internationales applicables dans la grande majorité des circuits de distribution [25] :

- La norme ISO/TR 211 (1999) relative aux règles générales d'étiquetage et de marquage des récipients.
- La norme ISO/TS 210 (2014) relative aux règles générales d'emballage, de conditionnement et de stockage des HE.
- La norme NF T75-004 (1976) relative aux principes de nomenclature.
- La norme NF ISO 4720 (2009) relative à la nomenclature botanique normalisée des HE.

I.2.13. Intérêt économique

Les volumes de ventes d'HEs dans le monde varient considérablement selon les plantes. Le Tableau I.2 ci-dessous regroupe les HEs les plus achetées parmi eux l'HE d'Eucalyptus radié qui est classée la sixième avec une évolution remarquable au fil des années en volume de vente.

Tableau I.2 : Classement des HEs en volumes de ventes (valeurs en euros) [26].

	<i>Plantes / Années</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>
1	LAVANDE FINE	3 866 823	4 014 409 €	4 670 601 €	4 984 608 €	5 470 071 €
2	TEA TREE	2 053 081	2 410 212	2 959 369	3 734 980	4 666 919
3	RAVINTSARA	2 104 674	2 489 776	2 624 710	3 483 619	4 265 184
4	HELICHRYSE	2 182 817	2 339 375	2 926 227	3 610 454	4 131 461
5	MENTHE POIVREE	1 562 129	1 695 517	2 063 454	2 468 868	2 998 110
6	EUCALYPTUS RADIE	1 408 315	1 546 713	1 589 472	1 920 175	2 125 003
7	GAULTHERIE COUCHEE	1 064 235	1 194 403	1 434 178	1 735 512	2 107 549
8	CITRON	1 138 657	1 147 951	1 241 900	1 402 603	1 551 135
9	GIROFLE	650 548	704 954	847 936	1 020 354	1 342 453
10	LAVANDE ASPIC	662 708	825 081	919 426	1 144 605	1 263 597
11	LAVANDE	1 052 803	1 092 478	1 133 181	1 131 734	1 181 005
12	NIAOULI	728 960	726 160	797 183	988 201	1 105 126
13	CITRONNELLE	374 395	494 153	524 360	694 149	1 053 435
14	EUCALYPTUS GLOBULEUX	642 673	719 882	718 335	832 728	895 478
15	YLANG YLANG	687 424	725 861	736 669	786 093	840 879
16	CYPRES	600 367	646 978	620 353	727 037	726 376
17	EUCALYPTUS CITRONNE	355 974	426 611	467 851	590 434	672 308
18	CAMOMILLE ROMAINE	340 464	442 421	507 567	542 344	656 993
19	LAURIER NOBLE	379 849	419 576	500 575	583 568	650 938
20	GERANIUM	452 749	532 089	535 635	584 916	625 477

I.3. Techniques d'extraction des huiles essentielles :

Il existe plusieurs techniques d'extraction des HEs présents dans les plantes. Ces techniques sont dites conventionnelles et nouvelles ou innovante.

I.3.1. Techniques conventionnelles

I.3.1.1. Hydrodistillation et entrainement par la vapeur d'eau

Hydrodistillation

Au cours de l'hydrodistillation (Figure I.10), le matériel végétal est immergé dans l'eau. Le mélange hétérogène est bouilli et l'HE est volatilisée puis condensée. Etant donné l'insolubilisation dans l'eau de ses principaux composés volatils, l'HE peut être séparée par décantation [27].

Au laboratoire le système d'hydrodistillation, équipé d'une cohobe qui est généralement utilisée pour l'extraction des HEs est le Clevenger (Figure I.11).

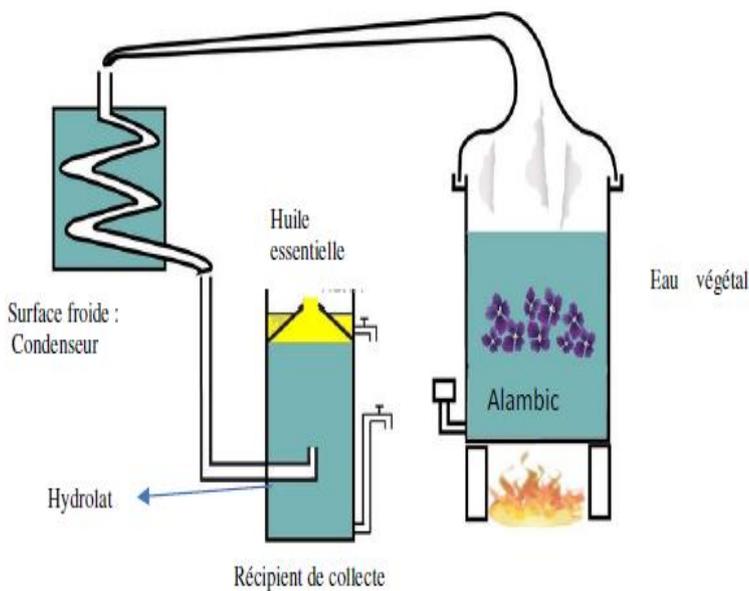


Figure I.10 : Schéma d'hydrodistillation.

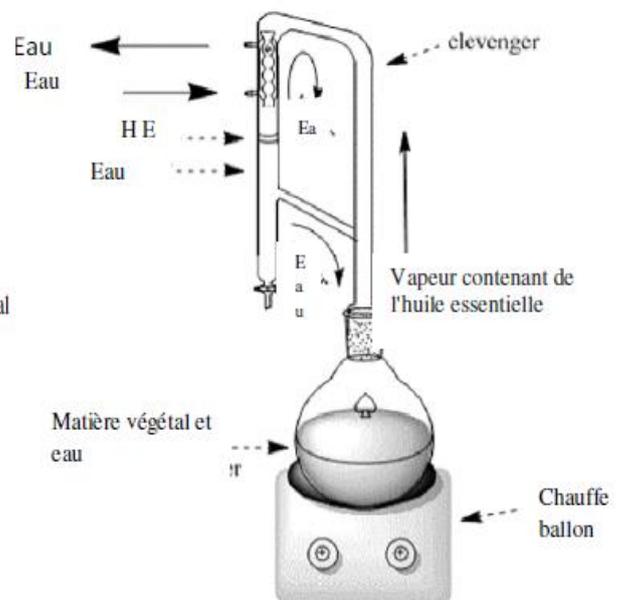


Figure I.11 : Schéma de l'hydrodistillation au laboratoire.

Entraînement par la vapeur d'eau

Le procédé d'extraction des HEs est le même que celui de l'hydrodistillation. C'est la seule distillation préconisée par la Pharmacopée française car elle minimise les altérations hydrolytiques. Les plantes entières, ou broyées, sont disposées dans un alambic traversé par un courant de vapeur d'eau produit par la chaudière (Figure I.12). La vapeur d'eau injectée à travers la masse végétale, disposée sur des plaques perforées, entraîne l'HE. Cette vapeur d'eau saturée en composés volatils se condense en un mélange hétérogène composé d'HE et d'hydrolat [28] dans le serpentin du réfrigérant. A la sortie de l'alambic, le vase florentin (essencier) permet de séparer l'hydrolat de l'HE grâce à la différence de densité des deux liquides [29].

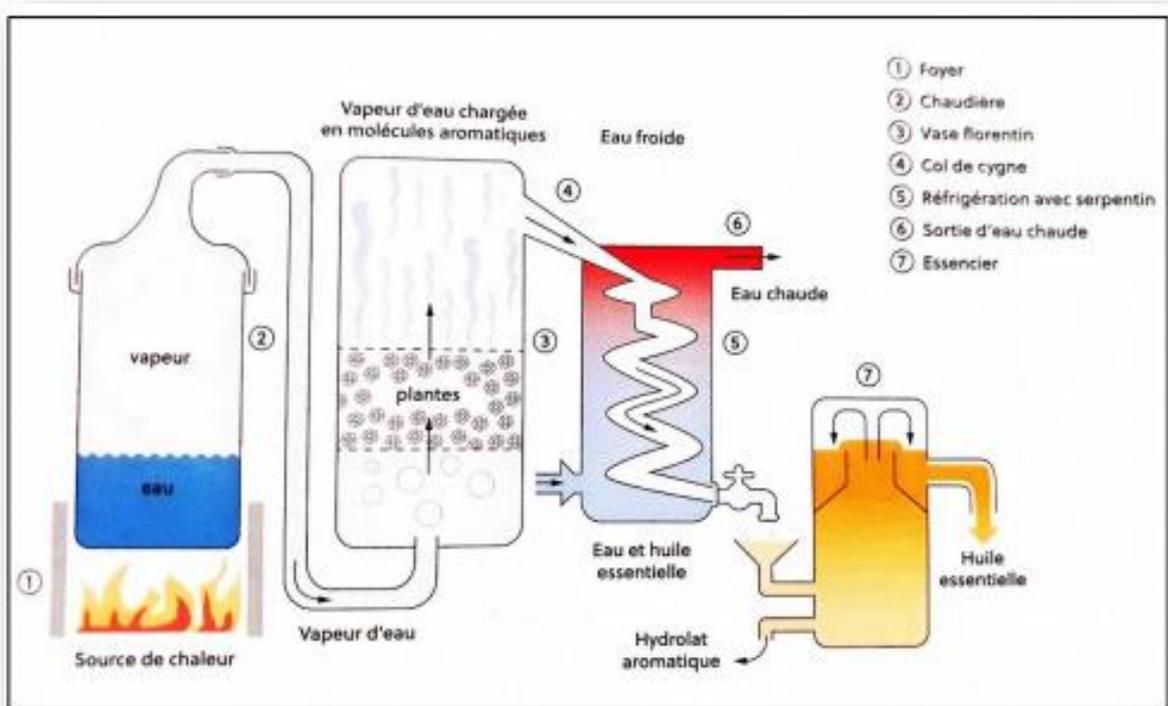


Figure I.12: Distillation par entraînement à la vapeur d'eau.

I.3.1.2. Hydro diffusion (ou percolation)

Elle constitue une modification du processus de l'entraînement par la vapeur d'eau au cours duquel la vapeur d'eau arrive par le haut d'un conteneur d'herbe permettant ainsi de percoler à travers la matière végétale par gravité (Figure I.13). Les vapeurs d'huile et vapeurs d'eau sont ensuite condensées et séparées [30].

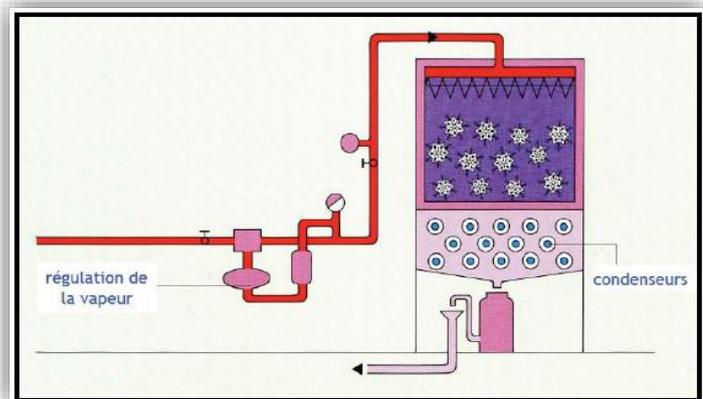


Figure I.13 : Schéma du procédé d'hydrodiffusion [28].

I.3.1.3. Expression à froid

C'est une technique physique simple où les écorces des agrumes (citron, orange...) sont pressées à froid pour extraire leurs HEs en utilisant des rouleaux ou des éponges. Aucune source de chaleur n'est utilisée, laissant ainsi à l'huile une odeur très proche de l'original. Le principe de cette méthode consiste à faire éclater par différents procédés mécaniques (compression, perforation) les poches qui sont situées à la surface de l'écorce de ces fruits renfermant l'HE. L'huile libérée est ensuite recueillie par un courant d'eau [28].

I.3.1.4. Extraction par solvant

Ce procédé conduit à l'obtention des concrètes, des résinoïdes et des absolues. Le matériel végétal frais est épuisé par des solvants organiques volatils [30]. Ces extraits sont très utilisés en parfumerie.

I.3.1.5. Enfleurage (ou digestion)

Ce procédé, développé à froid ou à chaud, utilise les organes végétaux fragiles comme les fleurs aromatiques qui permettent d'obtenir des huiles ou des graisses. Lors de ce processus, les tissus végétaux sont mis en contact avec un corps gras pour le saturer en essences végétales. Le corps gras est ensuite épuisé par l'alcool absolu et ce solvant est évaporé sous vide pour ne laisser que les substances végétales [30].

I.3.2. Techniques nouvelles (ou innovantes)

I.3.2.1. Extraction assistée par microondes

Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par microondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle (Figure I.14). Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation. Cette technique permet un gain de temps (temps d'extraction divisé par 5 à 10) et d'énergie (température plus basse) considérable [28].



Figure I.14: Extraction des HEs par microondes.

I.3.2.2. Extraction accélérée par solvants

C'est une technique qui utilise les solvants conventionnels à des températures (50 – 200 °C) et des pressions (100 – 150 bars) élevées. La pression est maintenue assez élevée pour maintenir le solvant à l'état liquide à température élevée [27].

I.3.2.3. Extraction par des solvants supercritiques

L'originalité de cette technique repose sur le comportement du solvant utilisé sous des conditions particulières puisqu'au-delà d'un certain point, dit point critique, caractérisé par une température et une pression, les corps purs se trouvent dans un état particulier dit supercritique. Dans leurs conditions d'utilisation, les fluides supercritiques ont une masse volumique voisine de celle des liquides, une viscosité proche de celle des gaz, une diffusivité intermédiaire est une polarité modifiée par rapport à l'état liquide. Leur pouvoir dissolvant dépend fortement de la température et de la pression. Le fluide supercritique le plus utilisé est le dioxyde de carbone [28].

Chapitre II

Eucalyptus radiata



II.1. Généralités sur l'eucalyptus

II.1.1. Présentation

La famille Myrtacée est une famille de plantes dicotylédones, réparties en 3000 espèces et en 134 genres environ. Ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'HEs. Parmi eux les genres : Eucalyptus.

Le mot eucalyptus vient de grec « Eu » signifiant « bien » et « Kalyptos » veut dire « couverture ». Le nom générique signifie donc : « bien couvert », car les pétales et sépales sont soudés [31]. L'eucalyptus est l'un des principaux genres forestiers plantés dans le monde. Il compte environ 600 à 700 espèces et variétés. Parmi ces espèces on trouve l'*Eucalyptus radiata* qui est un arbre à croissance rapide et odorant [32].

II.1.2. Historique

Les eucalyptus sont originaires d'Australie mais on en retrouve également en Amérique du sud, en Afrique et en Europe, où ils ont appris à s'acclimater. L'eucalyptus a été introduit en Algérie en 1856 par Ramel qui l'importe d'Australie dans le but d'assainir les régions marécageuses [33]. C'est vers les années 1960 et 1970 qu'on commençait le reboisement à base d'Eucalyptus à l'Est du pays (EL-Kala, Annaba, Skikda) au centre dans la région de Kabylie (Tizi-Ouzou et Bainem) et à l'Ouest (Mostaganem) dans le but de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et avec un capital d'environ 130 espèces. Plusieurs 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 naturel qui ont donné des hybrides dont l'eucalyptus «Algériensis» [34].

II.1.3. Répartition géographique

L'eucalyptus est tellement répandu dans les régions du monde qu'on en trouve de différentes espèces dispersées entre l'Afrique du sud, le Maghreb, l'Asie, l'Amérique du sud et le sud de la France, Il apprécie les sols drainés ainsi que les hauteurs subtropicales du bassin méditerranéen, et même aux conditions climatiques qui règnent au pays basique ou dans les plaines avoisinantes [35].

II.1.4. Classification botanique

Certaines espèces d'eucalyptus s'hybrident facilement entre elles étant donné la facilité avec laquelle les grains de pollen se transfèrent d'une espèce à une autre ce qui complique encore plus leur identification [36].

La distinction entre les espèces d'eucalyptus se fait suivant la variabilité de l'écorce qui est à l'origine de divers noms vernaculaires australien (Tableau II.1).

Tableau II.1 : Distinction entre les espèces d'eucalyptus selon la variabilité de l'écorce [36].

Types d'écorces	Exemples d'eucalyptus (E)
« gums » (ou gommiers) à écorce lisse et caduque	<i>E globulus</i> ou gommier bleu <i>E camaldulensis</i> ou gommier rouge <i>E pauciflora</i> ou gommier des neiges <i>E gunni</i> ou gommier de cidre <i>E alba</i> ou gommier blanc <i>E citriodora</i> <i>E smithii</i>
« Peppermints » et (bloodwood) à écorce finement fibreuse	<i>E radiata</i> ou narrow-leaved peppermint <i>E dives</i> <i>E nicholii</i> <i>E piperita</i>
« ironbark » à écorce dure et épaisse fissurée et souvent sombre	<i>E sidéroxylon</i> ou ironbark rouge <i>E paniculata</i> ou ironbark gris <i>E melanophloia</i> ou ironbark à feuilles argentées <i>E crebra</i> ou ironbark à feuilles étroites
« stringybarks » : à longue écorce fibreuse	<i>E obliqua</i> <i>E acmenoides</i> <i>E ligustrina</i> <i>E agglomerata</i>
« Boxes » : à écorce rugueuse et fibreuse	<i>E melliodora</i> ou eucalyptus à miel <i>E gomphocephala</i> <i>E moluccana</i> <i>E polyanthemos</i> <i>E populnea</i>

II.1.5. Intérêt socioéconomique

Parmi les avantages de la plantation d'eucalyptus sur le plan socio-économique [37] :

- Création d'emploi et fixation de la population.
- Connaissances de nouvelles techniques de carbonisation.
- Augmentation des rendements cultureux grâce à la pratique de l'agroforesterie.
- Sélection et diffusion de la meilleure combinaison des essences forestières et culture vivrière

II.2. *Eucalyptus radiata* (ou eucalyptus radié)

II.2.1. Présentation

L'*Eucalyptus radiata* est un grand arbre (Figure II.1) appréciant particulièrement les sols drainés des hauteurs subtropicales et s'acclimatant moins bien aux régions froides. Au froissement ses feuilles dégagent une forte odeur de menthe poivrée [32]



Figure II.1 : Arbre d'*Eucalyptus radiata* [38].

II.2.2. Description botanique

L'*Eucalyptus radiata* est un arbre d'une trentaine de mètres de haut, pouvant atteindre 50 m, poussant sur les plateaux de la Nouvelle-Galles du Sud de l'Australie et dans les régions côtières de l'État de Victoria.

L'*Eucalyptus radiata* est caractérisé par différentes parties (Figure II.2) :

- **Feuilles** : elles sont polymorphes et ont une odeur forte et balsamique, qui s'exalte par le froissement, leur saveur est aromatique résineuse, chaude un peu amère suivie d'une sensation de fraîcheur prononcée et agréable ressemble à celle de la menthe poivrée [38]
Les feuilles d'eucalyptus radié sont largement ovales, opposées subcordiformes, courtement acuminées, sur les jeunes plantes, et sont pétiolées, de couleur verte, fines et allongées, et alternes et falciformes sur les arbres adultes.

- **Fleurs** : elles sont jaunes crèmes au printemps, elles sont regroupées par 11 à 20. Leur éclosion a lieu en été. Leur nectar est particulièrement apprécié des abeilles.
- **Fruits** : ce sont de grosses capsules glauques, prenant une teinte marronne à maturité, qui sont dures, anguleuses et s'ouvrant légèrement par trois, quatre ou cinq fentes pour libérer de nombreuses graines sombres et minuscules.
- **Écorce** : elle est grise bleuté ou brune, fibreuse et caduque. L'écorce se détache en longs rubans.



Figure II.2: Feuilles (A), fleurs (B), fruits (C) et écorce (D) d'*Eucalyptus radiata* respectivement [38].

II.2.3. Classification botanique

La classification d'*Eucalyptus radiata* est la suivante [39] (Figure II.3) :

- **Règne** : Plantae
- **Embrenchement** : Phanerogames
- **Sous-Embrenchement** : Angiospermes
- **Classe** : Eudicots
- **Sous classe** : Rosids-Eurosids II
- **Ordre** : Myrtales
- **Famille** : Myrtacées
- **Genre** : *Eucalyptus*
- **Espèce** : *Eucalyptus radiata*



Figure II.3 : *Eucalyptus radiata*.

II.3. Huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*

II.3.1. Localisation de l'huile essentielle dans la plante

Les HEs d'*Eucalyptus radiata* peuvent être stockées dans les organes végétaux d'une plante ou d'une partie de plante (fleurs, feuilles, racine, bois ou l'écorce).

II.3.2. Méthodes d'extraction

Les principales méthodes d'extraction sont :

- L'entraînement à la vapeur d'eau ;
- L'hydrodistillation ;
- L'extraction par solvants ;
- L'hydrodiffusion ;
- La distillation à vapeur saturée ;
- L'extraction par les corps gras ;
- L'extraction par micro-ondes.

II.3.3. Propriétés pharmacologiques

L'HE d'*Eucalyptus radiata* est constituée de nombreuses molécules agissant en synergie qui lui confère les propriétés pharmacologiques suivantes :

➤ **Expectorante et mucolytique :**

HE d'*Eucalyptus radiata* est plus spécifique des affections respiratoires hautes, rhino-pharyngées et sinusiennes [40] grâce à sa richesse en eucalyptol ou 1,8-cinéol.

➤ **Bactéricide et antifongique**

1,8-cinéol, α -terpinéol et limonène contenu dans la composition chimique de l'HE d'*Eucalyptus radiata* ont une variance saisonnière ce qui a un impact sur la force antibactérienne et antifongique : ils agissent sur les bactéries et champignons responsables de certaines mycoses (candidoses) et d'infections pulmonaires.

➤ **Anti-acnéique**

Le pouvoir antibactérien de l'HE d'*Eucalyptus radiata* va en faire un excellent anti-acnéique naturel. Il va permettre de réguler l'excès de sébum et de réduire la prolifération bactérienne.

➤ Tonifiante

L'HE d'*Eucalyptus radiata* est connue comme étant positivant. Elle sera très efficace dans les cas de fatigue physique et intellectuelle et favorise la concentration et la mémoire. Elle est utilisée aussi pour calmer les états nerveux comme l'anxiété et les angoisses [32].

➤ Tonique hépatique

L'HE d'*Eucalyptus radiata* est également une excellente tonique hépatique qui va réguler les excès alimentaires. Elle peut ainsi être utilisée dans certaines cures « detox ».

➤ Anti-inflammatoire

Le pouvoir anti-inflammatoire de l'HE d'*Eucalyptus radiata* est due à 1,8-cinéol qui a la capacité de bloquer les médiateurs de l'inflammation [41].

➤ Antiseptique

Les aldéhydes et les terpènes dans l'HE sont connus pour leurs propriétés désinfectantes et antiseptiques. Ils s'opposent à la prolifération des germes pathogènes de l'environnement [42].

➤ Antivirale

Les monoxydes présents dans l'HE d'*Eucalyptus radiata* sont des bons antiviraux, mais leur action est renforcée lorsqu'ils sont associés avec des alcools monoterpéniques.

➤ Immunostimulante

Le Terpinen-4-ol de l'HE 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 [42].

II.3.4. Rendement d'extraction, caractérisation et activité microbienne : travaux antérieurs

II.3.4.1. Rendement d'extraction

Les études antérieures récapitulés dans le Tableau II.2 ci-dessous ont montré une variabilité en rendement d'extraction des HEs d'*E radiata* obtenue.

Tableau II.2 : Variation du rendement d'extraction en HEs d'*Eucalyptus radiata*.

<i>Origines</i>	<i>Parties de la plante</i>	<i>Méthodes d'extraction</i>	<i>Rendements</i>	<i>Références</i>
Zambie	Feuilles sèches	Hydrodistillation (Type Clevenger)	9,0%	[43]
Australie	Feuilles sèches	Distillation sous vide	0,37 %	[44]
Portugal	Parties aériennes fraîches	Hydrodistillation (Type Clevenger)	5,55 %	[45]
Afrique du Sud	Feuilles fraîches et sèches	Hydrodistillation (Type Clevenger)	(2,64 % - 3,00 %) pour feuilles fraîches (3,67 % - 4,31 %) pour feuilles sèches	[46]
Ghana	Feuilles fraîches et sèches	Hydrodistillation (Type Clevenger)	(2,23 %) pour feuilles fraîches (3,51 %) pour feuilles sèches	[47]

- L'hydrodistillation des parties aériennes de l'*E radiata* provenant de Zambie et du Portugal a fourni des rendements en HEs de l'ordre de 9,0% et 5,55% respectivement. Ces rendements peuvent être considérés comme élevés, comparativement à celui obtenu par distillation sous vide d'*E radiata* originaire d'Australie qui est de 0,37%. On remarque également que les HE originaire d'Afrique du sud et du Ghana obtenu par hydrodistillation donnent des rendements variants entre 2,64% et 4,31%, et entre 3,51% et 2,23% respectivement pour les feuilles fraîches et sèches tel que les feuilles séchées donnent un meilleur rendement que celle fraîches.
- Les études menées par Mahumane et al [46] sur les échantillons qui ont été étudiés mensuellement durant une période de 12 mois, montrent que les rendements les plus

élevés ont été obtenus pendant le pic de l'été (décembre et janvier) pour les feuilles fraîches (2,64% - 3,00%) et pour les feuilles sèches (3,67% - 4,31%), et que les saisons produisant des précipitations élevées et des températures élevées (été) ont entraîné des rendements importants par rapport aux faibles précipitations et aux saisons tempérées basses (automne et hiver).

- Mahumane et al [46] et Asare et al [47] rapportent que l'effet de la variation saisonnière sur le rendement a été déterminée pour les feuilles fraîches et sèches. Il apparaît clairement que le séchage des feuilles a un effet significatif sur le rendement en HE d'*E. radiata*, comparé avec ceux des feuilles fraîches.

De façon générale, une variation du rendement a été observée pour les HEs d'*E. radiata* rapportées. Selon plusieurs auteurs Chisowa [43], Bignell et al [44], Miguel et al [45], Mahumane et al [46] et Asare et al [47], l'origine, la période de récolte de l'espèce ainsi que la variation saisonnière et la méthode d'extraction sont des facteurs parmi d'autres qui peuvent aussi avoir un impact direct sur le rendement des HEs.

II.3.4.2. Caractères organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'HE d'*Eucalyptus radiata* (aspect, couleur, odeur) sont résumés dans le Tableau II.3 d'après les résultats obtenus et trouvés dans la littérature.

Tableau II.3 : Caractéristiques organoleptiques de l'HE d'*Eucalyptus radiata*.

Odeur	Couleur	Aspect	Référence
Forte	Jaune claire	–	[48]
Forte odeur du 1-8 cinéol	Jaune à jaune pâle	Liquide	[32]
Agréable	–	Visqueuse	[49]
Menthe poivrée	Presque incolore	–	[50]
Douce, fraîche et caractéristique	Transparente aux reflets jaune pâle,	–	[51]
Fraîche, aromatique et caractéristique de 1,8- cinéol	Incolore à jaune pâle	Liquide	[52]

Les huiles essentielles sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles [53].

D'après les résultats du Tableau II.3, on remarque que l'aspect de l'HE est liquide selon Koziol et al [32] et visqueuse selon Guenther [49] tant dis que pour l'odeur on distingue une légère variation entre forte, selon Bendaoued [48] et Guenther [49], et douce selon Anna Huete et al [51]. Par contre par rapport à la couleur tous les résultats sont identiques.

En générale, on constate que les caractères organoleptiques de l'HE d'*Eucalyptus radiata* du Tableau II.3 sont proches les uns des autres est sont conformes à la norme ISO 3065 [52].

II.3.4.3. Propriétés physicochimiques

Les propriétés physico-chimiques de quelques HES d'*E radiata* obtenues dans des travaux antérieurs sont regroupées dans le Tableau II.4.

Tableau II.4 : Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles d'*E. radiata*.

Densité	Indice de réfraction	Pouvoir rotatoire	Référence
0,8747	1,4806	-	[49]
0,8814	1,4863	-	[54]
0,919	1,463	-	[55]
0,916	1,464	+ 2°	[56]
0,9137	1,4634	+1,50°	[29]
0,905 - 0,925	1.464	-	[57]
0,906 - 0,928	1,455-1,470	1-6°	[52]

En comparant les données de la littérature présentés dans le Tableau II.4 ci-dessus, on remarque les points suivants :

➤ La densité, qui est l'un des critères de pureté d'une HE, de l'HE d'*Eucalyptus radiata* trouvée par Baker et al [49] (0,8747) se rapproche fortement de celle obtenue par Ernest et al [54] (0,8814). De plus, les valeurs des densités obtenues par Nowicki justine [55], Koziol [56], Frédéric da Silva [29] et Laetitia muther [57](0.919, 0.916, 0.9137 et 0.915-0.925 respectivement) se rapprochent également et sont conformes à la norme ISO 3065. On remarque que toutes les valeurs précédemment citées ont de légères différences.

➤ L'indice de réfraction dépend de la température, il est déterminé à une température fixé à 20° les valeurs du tableau sont très proches les uns des autres et sont conformes à la norme ISO 3065.

➤ Le pouvoir rotatoire selon Nathalie Koziol [56] a une valeur de +2° et de + 1,50° selon da Silva [29] qui sont également conformes à la norme ISO 3065 [52].

Nous avons déduit de cette comparaison que les résultats trouvés dans la littérature concernant les caractères organoleptiques et les propriétés physico-chimiques de l'HE d'*Eucalyptus radiata* se rapprochent dans leur globalité. De plus, les HEs étudiées sont conformes à la norme ISO 3065 [52].

II.3.4.4. Composition chimique

L'HE d'*Eucalyptus radiata* est une source riche en substances chimiques. Les analyses qualitatives et quantitatives précédemment étudiées ont identifié une large gamme de composés récapitulée dans Tableau II.5 ci-dessous.

Tableau II.5 : Composition chimique (en %) de l'HE extraites des feuilles d'*Eucalyptus radiata* de différentes origines.

Composés Chimiques	Nature chimique	Références (Pays)				
		[44] (Australie)	[48] (Tunisie)	[58] (Australie)	[43] (Zambie)	[59] (Inde)
(E)-β-Ocimene	M	*	*	*	0,20	0,09
Camphène	M	*	0,06	*	*	*
Limonène	M	5,4	0,45	5,59	3,70	4,55
Myrcène	M	1,1	*	*	1,00	0,006
p-Cymène	M	0,4	1,96	*	0,10	1,05
Pinocarvone	MO	*	1,31	*	*	*
Carvone	MO	*	*	*	*	0,41
Sabinène	M	0,7	0,86	*	1,10	0,08
γ-Cadinene	S	0,06	*	*	*	*
Terpinolène	M	*	*	*	tr	0,65
α-Pinène	M	2,0	11,94	2,59	1,70	0,97
α-Terpinène	M	*	*	1,39	0,20	0,16
β-Myrcène	M	*	0,32	*	*	*
β-Pinène	M	0,5	*	*	0,50	0,13
Hexenyl acétate	-	*	*	*	tr	*
(Z)-3-hexenol	-	*	*	*	tr	*
γ-Terpinène	M	0,3	0,25	*	0,30	0,15
α-Terpinyl acétate	-	*	*	*	1,00	0,02
Isopentyl isovalérate	MO	*	0,10	*	*	*
Endo-Fenchol	MO	*	0,11	*	*	*
Géranial	MO	*	*	*	0,20	

Chapitre II : Eucalyptus radiata

Géraniol	MO	2,8	*	*	0,80	*
α -Terpinéol	MO	*	*	7,95	6,40	11,66
δ -Terpinéol	MO	0,3	*	1,31	*	0,17
Torquatone	-	0,09	*	*	*	*
1.8-Cinéole	MO	64,5	69,53	76,36	80,80	74,25
Camphre	MO	*	0,20	*	*	*
Carvacrol	MO	*	0,03	*	*	*
Bornéol	MO	*	0,21	*	*	*
<i>Trans</i> -Pinocarveol	MO	*	4,81	*	*	*
Cryptone	-	*	*	*	*	0,07
<i>p</i> -Cymén-7-ol ^a	MO	*	0,09	*	*	*
<i>p</i> -Cymen-8-ol ^a	MO	*	0,35	*	*	0,03
Linalol	MO	0,5	*	*	0,40	0,20
Myrténol	SO	*	0,07	*	*	*
Terpinène-4-ol	MO	1,5	*	1,30	0,70	0,87
trans- <i>p</i> -Menth-2-én-1-ol	MO	0,08	*	*	*	*
Trans- <i>p</i> -Mentha-1, 8-dien-6-ol	MO	0,06	*	*	*	*
(3 <i>Z</i>)-Hexenyl angélate	SO	*	0,02	*	*	*
Bicyclogermacrène	S	0,3	*	*	*	*
Cis-Pipéritol	MO	14,9	*	*	*	*
Verbénone	MO	*	0,35	*	*	*
Pulegone	MO	*	0,11	*	*	*
Néral	MO	*	*	*	0,20	*
Cuminal	MO	*	*	*	*	0,23
α -Selinéne	S	*	0,03	*	*	*
Gurjunène	S	*	0,02	*	*	*
γ -Muroléne	S	*	0,04	*	*	*
β -Selinéne	S	*	2,62	*	*	*
Pipéritone	MO	0,4	*	*	*	*
β -Bourbonéne	S	*	0,29	*	*	*
β -Caryophylléne	S	0,1	0,02	*	*	0,01
α - <i>p</i> -diméthylstyrène	M	*	*	*	*	0,19
α -Cubebéne	S	*	0,26	*	*	*
α -Himachaléne	S	*	0,06	*	*	*
β -Caryophylléne oxide	SO	*	0,06	*	*	*
α -Eudesmol	SO	0,6	*	*	tr	*
β -Eudesmol	SO	0,8	0,44	*	tr	*
γ -Eudesmol	SO	0,3	*	*	tr	*
Viridiflorol	SO	*	0,11	*	*	0,22
Elémol	SO	*	0,07	*	*	*

Chapitre II : *Eucalyptus radiata*

Spathuléol	SO	0,1	*	*	*	*
Trans-Pipéritol	MO	0,07	*	*	*	*
Globulol	SO	*	*	*	*	0,18
α -Cadinol	MO	*	0,09	*	*	*
δ -Cadinol	MO	0,06	*	*	*	*
Equilenin (Stéroïde)	-	*	0,10	*	*	*
Autres composés	-	0,09	0,10	*	1,00	0,09
Total des composés	-	26	35	7	23	24
Monoterpènes hydrocarbonés	-	10,4	15,84	9,57	8,8	8,026
Monoterpènes oxygénés	-	85,11	77,29	86,92	89,50	87,82
Sesquiterpènes	-	0,46	3,34	0	0	0,01
Sesquiterpènes oxygénés	-	1,86	0,77	0	tr	0,4
Total (%)	-	97,92	97,34	96,49	99,30	96,34

tr = état de traces (< 0.10%).

* = Valeur non mentionnée.

M : Monoterpène hydrocarboné.

MO : Monoterpène oxygéné.

S : Sesquiterpène.

SO : Sesquiterpène oxygéné.

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) et/ou la chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme (GC-FID) ont permis d'identifier les principales familles et leur constituants volatils de l'HE des feuilles d'*E radiata*. Les résultats obtenus (Tableau II.5) montrent des variations dans les teneurs des différents composés chimiques contenus dans chacune des HEs.

L'analyse réalisée par Bignell et al [44] de l'HE d'*E radiata* extraite par distillation sous vide a permis d'identifier 26 composés. Bendaoud et al [48] ont mis en évidence 35 composés contenu dans l'HE, analysée par GC-MS et GC-FID, obtenue par distillation à la vapeur d'eau. L'analyse, réalisée par da Cruz et al [58], de l'HE d'*E radiata* extraite par hydrodistillation a révélé la présence de 7 composés. Chisowa [43] et Singh [59] ont pu identifier respectivement 23 composés et 24 composés dans leurs HEs d'*E radiata*. Ces dernières ont été extraites par la méthode d'hydrosdistillation

Globalement, on remarque que l'HE est nettement dominée par les monoterpènes oxygénés suivis par les monoterpènes hydrocarbonés. Les monoterpènes oxygénés constituent la famille de composés majoritaires avec des teneurs respectives qui dépassent les 77% tel que sa teneur

dans l'HE de Zambie est la plus importante avec un pourcentage de 89,50%. Les monoterpènes hydrocarbonés sont présents dans les HES d'*E radiata* dans une moindre mesure avec des teneurs variant entre 8,02% et 15,84% tel que l'HE de Tunisie est la plus riches en composés monoterpéniques. Les sesquiterpènes et les sesquiterpènes oxygénés sont présents dans les HES avec des teneurs faibles variant entre 0,01% et 3,34%, et entre 0,4% et 1,86%, respectivement

On constate que 1,8-Cinéol (Figure II.4) est le composé majoritaire dans toutes les HES avec des pourcentages respectifs qui dépassent les 64% tel que l'HE de Zambie en est la plus riche (teneur en 1,8-Cinéol : 80,80%). 1,8-Cinéol est suivi par α -Terpinéol (Figure II.4) dans les HES d'Australie [44], de Zambie [43] et d'Inde [59] avec des teneurs respectives de 7,95%, 6,40% et 11,66%. Cependant, les deuxièmes composés majoritaires dans les HES d'Australie [44] et de Tunisie sont le *cis*-Pipéritol (14,9%) et l' α -pinène (11,94%), respectivement. On note que le troisième composé majoritaire dans chacune des HES d'*E radiata* est le Limonène (Figure II.4). Les pourcentages respectifs de ce dernier dans les HES d'Australie [54], d'Australie [44], de Zambie [43] et d'Inde [59] sont 5,4% 5,59%, 3,70% et 4,55% respectivement. Par contre le troisième composé majoritaire dans l'HE de Tunisie [58] est le *trans*-Pinocarvéol (Figure II.4) avec un taux de 4,81%.

D'autres constituants minoritaires présents en quantités moins importantes ont également été identifiés mais leurs présences et leurs pourcentages varient d'une HE à une autre (Tableau II.5)

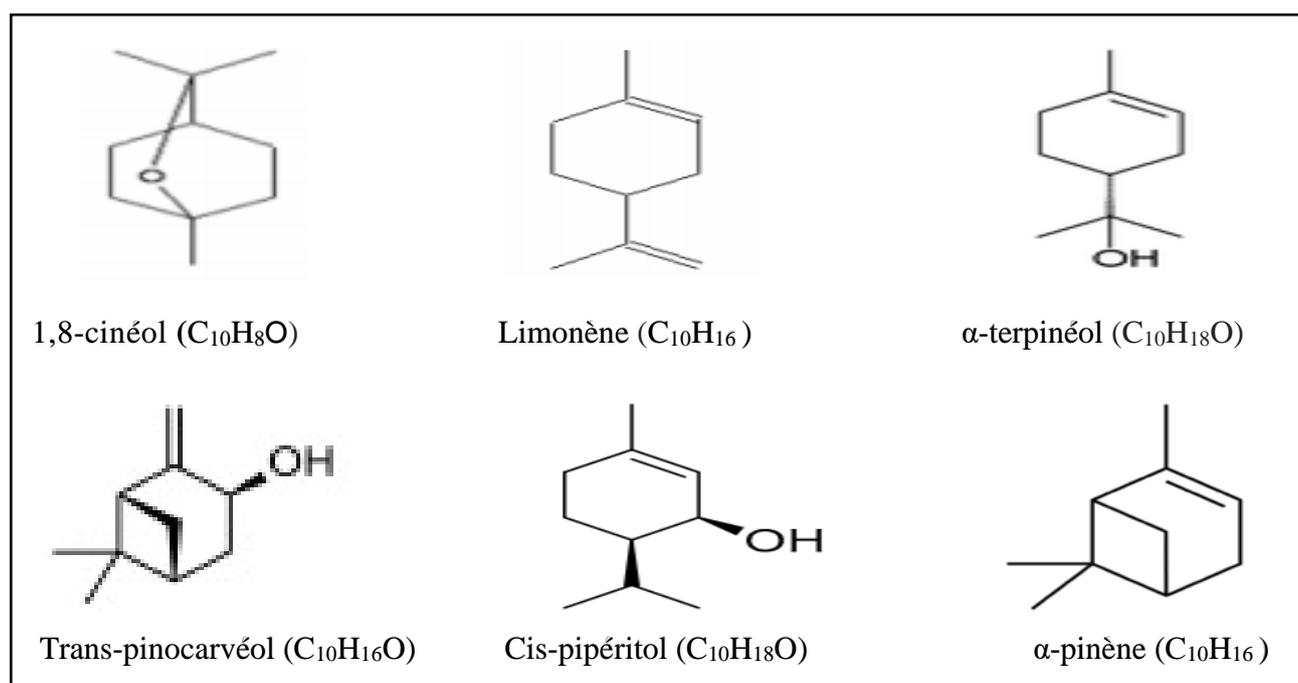


Figure II.4: Structures chimiques des principaux composés majoritaires de HE d'*Eucalyptus radiata*.

D'après Singh [59] et Chisowa [43], l'absence du α et β -phéllandrene et de l'isovaléraldéhyde irritant associé à la forte teneur de 1,8-cinéol dans l'HE d'*E radiata* la rendent aptes à être utilisée à des fins médicales et permet à cette huile d'être utilisée par l'industrie pharmaceutique.

Les résultats de la composition chimiques des HEs d'*Eucalyptus radiata* obtenus par différents auteurs [43,44,48,58,59] permettent de conclure les variations observées dans les différentes HEs sont probablement liées aux facteurs géographique et climatique ainsi qu'aux procédés d'extraction.

II.3.4.5. Activités antimicrobiennes

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'HE d'*Eucalyptus radiata*, non diluée, fut réalisée par Lisin et al [60] sur les quatre souches pathogènes (trois bactéries et un champignon) suivantes :

- Bactéries : *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Escherichia coli* (*E. coli*), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*).
- Champignon : *Candida albicans* (*C. albicans*).

La méthode de diffusion sur disque a été utilisée tel que trois disques de 6 millimètres de diamètre ont été employés pour chaque souche bactérienne :

- Un disque imprégné de 3 μ l d'HE pure.
- Un disque contenant, selon le micro-organisme, un antibiotique (Vancomycine ou Polymixine B) ou un antifongique (Nystatine) pour servir de témoin positif.
- Un disque imprégné de 3 μ l d'eau distillée pour servir de témoin négatif.

Les résultats de l'activité antimicrobienne, représentés par les diamètres des zones d'inhibition pour chaque souche, sont regroupés dans le Tableau II.6 ci-dessous. Ces résultats montrent que les souches bactériennes se comportent différemment vis-à-vis de l'HE d'*Eucalyptus radiata*.

Tableau II.6 : Diamètres des zones d'inhibition (en mm) de l'HE d'*Eucalyptus radiata*.

Souches	<i>S. aureus</i>	<i>E. Coli</i>	<i>C. albicans</i>	<i>P. aeruginosa</i>
HE d'<i>Eucalyptus radiata</i>	10,6	11,6	11,3	–
	20,0	15,0	25,0	15,0
Témoins positifs	Vancomycine	Polymixine B	Nystatin	Polymixine B
	30 mg	300 unités	100 unités	300 unités
Eau distillée	–	–	–	–

Les bactéries testées *Staphylocoque aureus*, *Escherichia coli* sont sensibles à l'HE d'*Eucalyptus radiata* avec des diamètres d'inhibition respectifs de 10,6 et 11,6 mm. L'activité de l'HE reste inférieure à celle des antibiotiques correspondants. Cependant, la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* s'est montrée résistante au volume de 3 µl d'HE pure. De ce fait, l'HE d'*Eucalyptus radiata* possède une activité antibactérienne pour *Staphylocoque aureus* et *Escherichia coli*. L'HE possède également une activité antifongique contre *Candida albicans* avec un diamètre d'inhibition de 11,3 mm.

Les diamètres d'inhibition obtenus avec les HEs sont largement inférieurs à ceux obtenus pour les témoins positifs.

Il a été ainsi constaté que l'activité antimicrobienne varie en fonction de la souche testée.

Conclusion



Conclusion

L'objectif de ce mémoire était une synthèse bibliographique sur l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* en effectuant une étude comparative des différents résultats obtenus dans des travaux antérieurs. Les différents paramètres qui ont été comparés sont le rendement d'extraction de l'HE, les caractères organoleptiques, les propriétés physico-chimiques, la composition chimique ainsi que l'activité antimicrobienne.

Les résultats obtenus permettent de déduire que :

- La variation du rendement d'extraction de l'HE dépend de l'origine et de la période de récolte du matériel végétal ainsi que de la variation saisonnière et de la méthode d'extraction.
- Les caractères organoleptiques et les propriétés physicochimiques des HEs d'*Eucalyptus radiata* étudiés par différents auteurs sont en accord avec la norme ISO 3065 reflétant leurs bonnes qualités.
- La composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est nettement dominée par les monoterpènes oxygénés tel que le 1,8-Cinéol qui est le composé chimique prédominant suivis dans une moindre mesure des monoterpènes hydrocarbonés.
- L'HE d'*Eucalyptus radiata* possède une activité antibactérienne pour *Staphylocoque aureus* et *Escherichia coli* ainsi qu'une activité antifongique contre *Candida albicans* avec des diamètres d'inhibition non négligeables.

En perspective, il serait intéressant de réaliser la caractérisation et le contrôle de qualité de nos propres échantillons d'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* et de faire l'étude comparative de nos résultats avec ceux des travaux antérieurs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Duraffourd C., Lapraz J-C., Chemli R. La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès Intercontinental. Tunis, Édition. Granche, Paris, 1997.
- [2] Festy D, Huiles essentielles, Le guide visuel, Édition. Quotidien Malin, Paris, 2014, p. 9
- [3] Pitman V, Aromatherapy a practical approach, Éd nelson Thornes, United Kingdom, 2004.
- [4] Amarti., F, El Ajjouri, M , Ghanmi ., .M , Satrani., B., Aafi.,A , Farah., A, Khia .,A , Guedira .,A, Rahouti .,M ,Chaouch., A, Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. *Phytothérapie*, 2011, 9(3), p. 149-157
- [5] Bego, V. G., Connaître l'essentiel sur les huiles essentielles, Édition Jakin, Paris ,1997.
- [6] Bouaine, A., Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux Plantes Aromatiques et Médicinales : Lentisque et Myrte, mémoire de Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc ,2017, 44 p.
- [7] Bruneton J, Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 4e Édition Lavoisier ; Paris, 2009, P.1269
- [8] Bagarri, O, La Biodiversité locale comme Potentiel de Valorisation économique et Sociale des Espaces naturels méditerranéens - L'expérience du projet MEDISS, Édition Association Forêt Méditerranéenne, France, 2014, Tome XXXV - N°3, p.312.
- [9] Yahi, N, Benhouhou, S. Zones Importantes pour les Plantes en Méditerranée Méridionale et Orientale : Sites prioritaires pour la conservation (sous la direction de Radford, E.A., Catullo, G. et Montmollin, B. UICN VIII gland, Suisse et Málaga, Espagne, P25, 2010.
- [10] Ould Mahammed D, Si Bachir A, Contribution à la valorisation et production des plantes médicinales et aromatiques en Kabylie, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2017.
- [11] Chagra K., Etude les propriétés physico-chimiques et biologique de clou du girofle *Syzygium Aromaticum* L. Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019.
- [12] Couderc V., Toxicité des huiles essentielles, Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier de Toulouse, 2001, p :3-55.
- [13] Echchaoui, M., Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles, Thèse de Doctorat Université Mohammed-V Rabat, 2018.
- [14] Perillaud, M, Propriétés thérapeutiques des huiles essentielles de plantes aromatiques du maquis corse, Thèse de Doctorat, Université de Lille, 2018.
- [15] Nait Slimane, D., Zaddi, S., Effet de l'association de deux Huiles essentielles de *Thymus Algeriensis* (Boiss. Et Reut.) et d'*Origanum glandulosum*. Sur *Escherichia Coli* et *Staphylococcus aureus*. Thèse d'Ingénieur., Université Abderrahmane Mira Bejaia, 2012.
- [16] Courtial, S, Précis d'aromathérapie vétérinaire à l'usage des Pharmaciens d'officines, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 2015.
- [17] Chabert, G., Myrtacées et aromathérapie, Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier,2014.
- [18] Myriam, R., l'aromathérapie chez le nourrisson et le petit enfant, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 2005.

Références bibliographiques

- [19] Ben nadj S, Bouzgag C, Extraction et Caractérisation des huiles essentielles à partir de *Cymbopogon schoenanthus* dans la région de Ghardaïa, Mémoire de Magistère, Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued, 2018.
- [20] Saidj F., Extraction de l'huile essentielle de Thym : *Thymus numidicus* kabylica, Thèse de magistère, Université M'hamed Bougara Boumerdes, 2006.
- [21] Khiari M., Etude de l'effet de *Mentha* et *Pistacia* sur la toxicité du Nickel, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhatar – Annaba, 2018.
- [22] Duarte M. C. T., Figueira GM et coll, Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants. *J Ethnopharmacol.* 2005, 97(2), 305–11.
- [23] Nabati H, Chekkati A, L'effet antibactérien de plantes médicinales (*Teucrium polium* et *Thymus ciliatus*) sur des souches isolées à partir du lait de vaches atteintes de mammites, mémoire de master, Université du 8 Mai 1945 de Guelma, 2013.
- [24] Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Édition Lavoisier, Paris, 1993.
- [25] Laurent J., Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine, thèse de doctorat en pharmacie, Université Niversite Paul Sabatier Toulouse III, 2017.
- [26] Christine A, Le marché de l'aromathérapie en pharmacie, FranceAgriMer, Les chiffres cités dans cette étude sont tirés de données de la société Openhealth, France, 2018, p.9
- [27] Penchev P.I. Étude des procédés d'extraction et de Purification de Produits Bioactifs à Partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2010.
- [28] Bey –ould si said. Z, Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus Globulus*, Thèse de Doctorat, Université Abderrahmane Mira – Bejaïa, 2014.
- [29] da Silva F., Utilisation des Huiles essentielles en Infectiologie ORL. Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré – Nancy, 2010.
- [30] Benabdelkader T. Biodiversité, Bioactivité et Biosynthèse des Composes Terpéniques Volatils des Lavandes Ailées, *Lavandula stoechas* Sensu Lato, un Complexe d'Espèces Méditerranéennes d'Intérêt Pharmacologique. Thèse de Doctorat, Ecole Normale Supérieure de Kouba-Alger et Université Jean-Monnet de Saint-Etienne, France, 2012.
- [31] Marque G, Isolement et caractérisation chez l'eucalyptus de gènes codant les facteurs de transcription cbf impliqués dans la réponse au froid. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2008.
- [32] C Lobstein A, Marinier C, Koziol N. Huile essentielle d'*Eucalyptus radiata*. *Aromathérapie.* 57, (575), p 55-56, 2018.
- [33] Dellile, L.A., Les plantes médicinales d'Algérie. 2^{ème} Édition ; Berti. Algérie. 2010, p.106,114,200.
- [34] Mehani M., Diagnostic sur les essais d'introduction de quelques Essences Forestières dans la région d'Ouargla, Mémoire d'Ingénieur, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2006.

Références bibliographiques

- [35] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA). Les Eucalyptus dans les reboisements. Collection Forêts, N° 11 FAO Italie, Rome, 1982.
- [36] Metro, A, les eucalyptus dans les reboisements, Organisation des Nation unies, Collection F.A.O, Édition Fiat Panis, Forêts N°,11 395p, 1954.
- [37] Onemba, N.S, Les avantages sur le plan environnemental et socio-économique d'une Forêt plantée, Cas du Projet de Reboisement 8.000 Hectares sur le plateau des Batéké ; Kinshasa/République Démocratique du Congo. Mémoire soumis au XIIIe Congrès Forestier Mondiale. Université du Québec à Montréal ,2003.
- [38] Mezache Y, Litim E, L'huile essentielle d'Eucalyptus radiata : Activité antibiofilm et effet préventif et anti-inflammatoire sur la colite induite par l'acide acétique chez les rats femelles, mémoire de master, Université des Frères Mentouri Constantine1, 2018.
- [39] Cronquist A., An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York. 1262 pp ,1981.
- [40] Martinetti P. Mon guide des Huiles essentielles. Parie : Lanore. P 102. CHAUMONT, Jean-Pierre et MILLET-CLERC, Joëlle. Phyto-aromathérapie appliquée à la dermatologie. Ed Tec & Doc, Paris, 2013.
- [41] Berthélémy S., Advice for a Patient with a Cold. The pharmaceutical news, vol. 52, n° 524, p. 45-48, 2013.
- [42] Desramaux M., Huiles essentielles en Dermo Cosmétologie, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, 2018.
- [43] Chisowa, E. H., Chemical Composition of Essential Oils of Three Eucalyptus species grown in Zambia. Journal of Essential Oil Research, 9: 653-655, 1997.
- [44] Bignell C. M., Dunlop P. J., Brophy J. J., Volatile Leaf Oils of some South-western and Southern Australian Species of the Genus Eucalyptus (Series 1). Part XIX, Favour and Fragrance journal, vol. 13, 131-139, 1998.
- [45] Miguel M.G, Gago C., Antunes M D , Lagoas S , Faleiro M L , Megías C , Giraldo I C, Vioque J, Figueiredo A C. Antibacterial, Antioxidant, and Antiproliferative Activities of Corymbia citriodora and the Essential Oils of Eight Eucalyptus Species, Medicines, 5, p.61 , 2018.
- [46] Mahumane, G. D., van Vuuren, S. F., Kamatou, G., Sandasi, M and Viljoen, A. M., Chemical composition and antimicrobial activity of South African Eucalyptus radiata leaf essential oil, sampled over a year. Journal of Essential Oil Research : 6, 28 p. 2-4, 2016. Article disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1175386> .
- [47] Asare E.A, Droepenu E. K., The Chemical Compositions and Antibacterial Activity of Eucalyptus Radiata Leaf Essential Oil, Archives of Pharmacology and Pharmaceutical Sciences (APPS). Redelve International Publications, RD-Pha-10003, 1, 1, 2019, P3.
- [48] Bendaoud, H., Bouajila, J., Rhouma, A., Savagnac, A. and Romdhane, M., GC/MS analysis and antimicrobial and antioxidant activities of essential oil of Eucalyptus radiata. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89: 1292-1297 ,2009.

Références bibliographiques

- [49] Baker, Richard T., Smith, Henry G., A research on the eucalypts : especially in regard to their essential oils, 2nd Ed : authority of the government of the state of New South Wales, W.A. Gullick, government printe, Australia, 1920, P307.
- [50] Ernest Guenther. Les huiles essentielles, vol. 2: The Constituents of Essential Oils, Ed: D.Van Nostrand Co, USA, 1949, P 211.
- [51] Huete A.. Huiles Essentielles Pour tous Les jours, Edition Artémis, France, 2012, P90-91.
- [52] Publication Standard ISO/DIS 3065 - Huile essentielle d'Eucalyptus, type Australie. Disponible sur : <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/80853/96d177c6dcde451cacc00a43c22c360/ISO-DIS-3065.pdf>
- [53] Kara K, Saidi S., Contribution à l'étude comparative du rendement et des composés chimiques de l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus L entre les feuilles âgées et les feuilles jeunes de la forêt de Harouza (Commune de Tizi-Ouzou), Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2016.
- [54] Parry, Ernest J. La chimie des huiles essentielles et des parfums artificiels. 2e éd. Londres : Scott, Greenwood & son. London.1908, P38
- [55] Nowicki J., Les dangers de l'utilisation abusive des huiles essentielles, Thèse de doctorat, Université de Lille, 2019.
- [56] Koziol N., Huiles essentielles d'Eucalyptus globulus, d'Eucalyptus radiata et de Corymbia citriodora : qualité, efficacité et toxicité, Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, 2015
- [57] Muther L., Utilisation des Huiles essentielles Chez l'enfant, Thèse de Doctorat, Université d'auvergne, 2015.
- [58] Da Cruz F., J., Järvenpää, E. P., Huopalahti, R. and Sivik, B. Comparison of Eucalyptus camaldulensis Dehn. oils from Mozambique as obtained by hydrodistillation and supercritical carbon dioxide extraction. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 2339-2342, 2001. Article disponible sur : <https://doi.org/10.1021/jf0013611>
- [59] Singh A. K., Chemical Composition of the Leaf Oil of Eucalyptus radiata Sieb, ex DC subsp. robertsonii (Blakely) L. Johnson et D. Blaxell: A Rich Source of Eucalyptus Oil of Pharmacopoeia Grade, Journal of Essential Oil Research Lucknow 6:6, 657-659, 1994. Article disponible sur : <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.1994.9699365>.
- [60] Lisin, G., Safiyev, S. and Cracker, Antimicrobial Activity of some Essential Oils. Acta Horti, 501, 1999, PP283-288
Article disponible sur : <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.501.45>

Résumé :

L'objectif du présent mémoire est d'établir une synthèse bibliographique sur l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* en effectuant d'abord une approche globale des plantes aromatiques et médicinales, des huiles essentielles et de leurs modes d'extraction, puis en abordant l'espèce d'*Eucalyptus* en général et l'espèce *radiata* en particulier, pour enfin établir une étude comparative à partir de différents résultats trouvés dans la littérature. Il a pu être conclu que les caractéristiques organoleptiques et les propriétés physicochimiques des huiles essentielles d'*Eucalyptus radiata* sont proches et conformes dans leur globalité à la norme ISO 3065. Les rendements d'extraction ainsi que les compositions chimiques varient en fonction de différents paramètres. Les huiles essentielles étudiées sont essentiellement composées de monoterpènes oxygénés tel que 1,8- Cinéol est la molécule majoritaire. L'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* possède des activités antimicrobiennes non négligeables sur des souches pathogènes.

Mots clés : *Eucalyptus radiata*, huile essentielle, synthèse bibliographique, étude comparative, rendement, caractéristiques organoleptiques, propriétés physicochimiques, composition chimique, activité antimicrobienne.

Abstract:

The aim of the present work is to establish a bibliographical synthesis of the *Eucalyptus radiata* essential oil by firstly carrying out a global approach to aromatic and medicinal plants, essential oils and their extraction methods, then by addressing the species of *Eucalyptus* in general and the species *radiata* in particular, to finally establish a comparative study based on different results found in the literature. It was concluded that the organoleptic characteristics and the physicochemical properties of the essential oils of *Eucalyptus radiata* are close and conform in their entirety to the ISO 3065 standard. Extraction yields as well as chemical compositions vary according to different parameters. The essential oils studied are essentially composed of oxygenated monoterpenes such as 1,8- Cinéol is the majority molecule. The essential oil of *Eucalyptus radiata* has significant antimicrobial activities on pathogenic strains.

Keywords: *Eucalyptus radiata*, essential oil, bibliographical synthesis, comparative study, yield, organoleptic characteristics, physicochemical properties, chemical composition, antimicrobial activity.

المخلص :

الهدف من هذه الأطروحة هو إنشاء بحث بيبليوغرافي حول الزيت العطري للكافور *radiata* من خلال تنفيذ نهج عام للنباتات العطرية والطبية والزيوت الأساسية وطرق استخراجها ، ثم من خلال معالجة أنواع الأوكالبتوس بشكل عام والأنواع *radiata* على وجه الخصوص ، لإنشاء دراسة مقارنة تستند إلى نتائج مختلفة وجدت في الأدبيات. وخلص إلى أن الخصائص العضوية والخصائص الفيزيائية الكيميائية للزيوت الأساسية من الأوكالبتوس *radiata* قريبة وتتوافق في مجملها مع معيار ISO 3065. يختلف مردود الاستخراج وكذلك التركيبات الكيميائية وفقا لمعايير مختلفة. تتكون الزيوت الأساسية التي تمت دراستها بشكل أساسي من monoterpènes المؤكسجة مثل 1,8-Cinéol- هو جزيء الأغلبية. يحتوي الزيت العطري للأوكالبتوس *radiata* على أنشطة كبيرة مضادة للميكروبات على السلالات المسببة للأمراض.

كلمات البحث: الأوكالبتوس الرادياتا، الزيت الأساسي، بحث بيبليوغرافي ، دراسة مقارنة، المردود ، الخصائص عضوية، الخصائص فيزيائية والكيميائية، التركيب الكيميائي، نشاط مضادات الميكروبات .