

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de technologie



Mémoire de Fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie des procédés

Option: Génie des Procédés Pharmaceutiques

Thème :

*Notions Théoriques et Travaux Antérieurs sur la
Plante de Pistacia lentiscus (lentisque)*

Présenté par :

M^{elle} GACEM Youssra

M^{elle} GHECHAM Sana

Devant le jury composé de :

- M^{me} Aouameur Dj. Examinatrice

- M^{me} Hadj Khelifa L. Examinatrice

- M^{me} Aliche Z. Encadrant

Année universitaire : 2019/ 2020



Dédicaces

*Pour mon ange dans la vie ... à la signification de l'amour,
de la compassion et de dévouement ... qui a toujours m'encouragé
durant mes études*

La plus chère au monde ma mère

*A celui qui m'a enseigné tendre sans attendre ... à porter son nom fièrement ...
qui m'a toujours soutenu, et a été toujours présent pour moi*

Mon très cher père

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu vous préserve et vous
procure santé et longue vie.*

A mes très chers frères : djellal.

A mes très chères sœurs : houda, nihad, amel,rihab.

A tous mes neveux

A tous les membres de ma famille (GHECHAM et MKHATRI) petits et grands

*A mon cher binôme Youssra pour tous les moments agréables qu'on a passé
ensemble pour la réalisation de ce travail, et sa famille.*

A tous mes camarades de la promotion 2019/2020.

SANA



Dédicaces

*Pour mon ange dans la vie ... à la signification de l'amour,
de la compassion et de dévouement ... qui m'a toujours encouragé
durant mes études,
La plus chère au monde ma mère*

*A celui qui m'a enseigné tendre sans attendre ... à porter son nom fièrement ...
qui m'a toujours soutenu, et a été toujours présent pour moi,*

Mon très cher père

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu vous préserve et vous
procure santé et longue vie.*

A mes très chers frères : Karim et Omar.

A mes très chères sœurs : Nadja, Samira, Yasmina, Ferial, Fatima, Ahlam.

A tous mes neveux

A tous les membres de ma famille (GACEM et DIF) petits et grands

Pour mon partenaire de vie et mon cher fiancé Youcef et à chaque famille Slimani

*A mon cher binôme Sana pour tous les moments agréables qu'on a passé ensemble
pour la réalisation de ce travail, et sa famille.*

A tous mes camarades de la promotion 2019/2020.

YOUSSRA

REMERCIEMENTS

A ALLAH, le tout puissant, le clément, le bienfaiteur, le miséricordieux, de nous avoir donnée la volonté et le courage nécessaires et qui fait chaque jour des merveilles pour nous.

Au terme de ce modeste travail théorique, on tient à exprimer toute notre profonde gratitude à M^{me} Aliche Z. pour la confiance qu'elle a placée en nous non seulement de diriger ce mémoire mais aussi de guider nos premiers pas dans le domaine de la recherche, Sans quoi ce mémoire ne serait pas ce qu'il est, c'est pourquoi, c'est notre devoir de lui rendre cette confiance et de lui porter tout le respect qu'elle mérite.

Nos plus sincères remerciements vont aux membres du jury, en l'occurrence M^{me} Hadj Khelifa L. et M^{me} Aouamer Dj. pour la valorisation et l'examen de ce modeste travail.

On voudrait également adresser nos remerciements à l'ensemble du personnel et enseignants de l'université de Khemis Miliana, en particulier ceux et celles de " Génie des Procédés Pharmaceutiques" pour leur soutien et leurs précieux conseils qui nous ont apporté motivation et encouragement durant notre formation universitaire.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches, qui nous ont toujours soutenue et encouragée.

En préambule à ce mémoire, on souhaitait adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à notre formation ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire exceptionnelle.

الضررو (البطميات) هي شجيرة وفيرة جدا في البحر الأبيض المتوسط ، وتستخدم في حالات اضطرابات الجهاز التنفسي و الجهاز الهضمي و الشرايين ، ويتم الحصول على الزيت المستخلص (زم) من الضررو عموما عن طريق التقطير المائي بواسطة Clevenger . حسب الدراسات السابقة، يتم حاليا استخدام تقنيات اقتران جديدة لتحديد المكونات الكيميائية. بشكل عام ، يتميز التركيب الكيميائي بوجود نسبة عالية من الهيدروكربونات احادية التربينيك، monoterpenes المؤكسج و sesquiterpenes . يمكننا ان نجد α -pinène ، limonène ، germacrène ، D terpinen-4-ol ، pcymène، β -pinène ، sabinène، γ -terpinène، α -terpinéol ... الخ. يتأثر وجود و محتوى كل مركب بعدة عوامل مثل الموسم و العوامل المناخية الحيوية و الارتفاع و درجة الحرارة، هطول الأمطار، التربة، جنس النبات الفردي ذكر أو أنثى . وفقا للأعمال المذكورة ، يمكن دمج الزيت المستخلص للضررو في المبيدات الحيوية. يحتوي هذا الزيت على نشاط مثير للاهتمام مضاد لاسنتيل كولينستريز، وقد تم تأكيد النشاط المضاد للأكسدة للزيت المستخلص من النبتة في العديد من الدراسات، بناء على عدة اختبارات : إزالة الجذور الحرة DPPH ، و اختبار تقليل الحديد ، اختبار التبييض β -carotène و اختبار استخلاص الحديد الشديد. الضررو نبات غني يستحق الدراسة.

كلمات مفتاحية : الضررو ، الزيت المستخلصة، التقطير المائي ، النشاط المضاد للأكسدة .المكونات الكيميائية , الخصائص البيولوجية

Résumé :

Pistacia lentiscus L. (Anacardiaceae) (PL) est un arbuste très abondant en méditerranée, utilisé en cas de troubles respiratoires, gastro-intestinaux, et artérielles. L'huile essentielle (HE) de lentisque est généralement obtenue par hydrodistillation par Clevenger. D'après la revue de la littérature, De nouvelles techniques de couplage sont actuellement utilisées pour identifier les constituants chimiques. En général, la composition chimique est caractérisée par la présence en pourcentage élevé d'hydrocarbures monoterpéniques, monoterpènes oxygénés et sesquiterpènes. On peut trouver le α -pinène, limonène, germacrène D terpinen-4-ol, pcymène, β -pinène, sabinène, γ -terpinène, α -terpinéol ... etc. la présence et la teneur de chaque composé sont influencées par plusieurs facteurs tels que la saison, les facteurs bioclimatiques, l'altitude, la température, la pluviométrie, le sol, le sexe de l'individu plante masculin ou femelle. D'après les travaux mentionnés, l'HE de PL peut être incorporée dans les biopesticides. Cette huile a une activité anti-acétylcholinestérase intéressante. L'activité antioxydant de l'huile essentielle de *P. lentiscus* a été confirmée dans plusieurs études, en se basant sur plusieurs tests : le test de piégeage du radical libre DPPH, le test de la réduction du fer, le test de blanchiment de β -carotène et le test du chélation du fer ferreux. Le lentisque est une plante riche qui mérite d'être étudié.

Mots clés : lentisque, huile essentielle, hydrodistillation, activité antioxydant, compstion chimique, activité biologique.

Abstract :

Pistacia lentiscus L. (Anacardiaceae) (PL) is a shrub growing in mediterranean area, used in the treatment of resperatory, gastrointestinal and arterial troubles. The esssenital oil (EO) of lentisk is generally obtained by hydrodistillation using Clevenger apparatus. According to the literature review, new coupling techniques are actually used to identify oil chemical composition. In general, chemical composition is characerised by the presence of monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpenes and sesquiterpenes in high percentage. We note the presence of α -pinene, limonene, germacrene, D terpinen-4-ol, pcymene, β -pinene, sabinene, γ -terpinene, α -terpineol ... etc. The presence and the percentage of components are influenced by several factors such as saison, bioclimat, altitude, temperature, rainfall, soil, sex of the individual plant in one population (male or female). According to the mentioned studies, EO of PL can be introduced in biopesticides. The oil has an interesting anti-acetylcholinesterase activity. Many studies dealt with the EO antioxydant activity, which was confirmed by many tests : DPPH free radical scavenging test, iron reduction test, β -carotene bleach test and ferrous iron chelation test. Lentisk is a rich plant that deserves to be studied.

Keywords : Lentisk, esssenital oil, hydrodistillation, antioxydant activity, chemical composition, biological activity.

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Ac : absorbance du contrôle.

AChE : acetylcholinesterase .

AChI : acetylcholinesterase inhibitor.

ADN : acide désoxyribonucléique.

ADP : adénosine diphosphate.

AFNOR : association française de la normalisation.

AG : acides gras.

ARN : acide ribonucléique.

As : absorbance de l'échantillon.

ATP : adénosine triphosphate.

BHT : hydroxytoluène butylé.

C : carbone.

CI50 : concentration efficace correspondant à 50% de chélation du fer ferreux.

CL50 : concentration létale médiane.

CLHP : chromatographie liquide à haute performance.

Cm³ : centimètre cube.

CTV : composés terpéniques volatils.

°C : degré Celsius.

DPPH : 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl.

DTNB : acide dithiobisnitrobenzoïque.

EDTA : éthylènediaminetétraacétique.

EPC : équipements de protection collective.

et al. : du latin et alii (et les autres personnes).

eV : électronvolt.

EX : exemple.

Fe²⁺ : ion de fer.

FeCl₃ : chlorure de fer.

FeSO₄ : sulfate ferreux.

FID : flame ionisation detector.

Fig : figure.

FRAP : capacités réductrices ferriques d'antioxydants (ferric reducing/antioxidant power).

g : Gramme.

CG : chromatographie en phase gazeuse.

CG / SM : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

h : Heure.

HCl : chlorure d'hydrogène.

HE : Huile essentielle.

HE PL : Huile essentielle de Pistacia lentiscus.

HVPL : Huile végétale de Pistacia lentiscus.

Hz : hertz.

H₂O : eau.

Kg : Kilogramme.

K⁺ : ion de potassium.

L. : latin

L : Litre.

Lo : long.

LT50 : time létale médiane.

M : Molarité.

m : mètre.

m / z : masse/ nombre de charge d'ions.

Mg²⁺ : ion de Magnésium.

min : minute.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

mM : Millimolaire.

mmol : Millimole.

Mn²⁺ : ion de Magnèse.

mol : Mole.

MS : spectrométrie de masse.

nm : nanomètre.

N₂ : azote.

PEG : polyéthylène glycol.

pH: Potentiel Hydrogène.

PL : Pistacia lentiscus.

RMN : résonance magnétique nucléaire.

S : seconde.

TPTZ : tripyridyltriazine.

TQTV : tandem quadripôle-temps de vol.

Tris : trisaminométhane.

USA : États-Unis.

UV : ultra –violet.

V : volume ou volt.

μL : Micro litre.

μg : Micro gramme.

μg ET : microgramme d'équivalent Trolox.

% : Pourcentage.

+ : Plus.

- : Moins.

< : Inferieur.

× : Multiple.

= : égal.

/ : Rapport.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Structure chimique de terpénoïdes	6
Figure I.2 : Structure chimique de Terpènes	6
Figure I.3 : Structure chimique de quelques composés aromatiques.....	7
Figure II.1 : Feuilles et fruits de Pistacia lentiscus.....	18
Figure II.2 : Fleurs de pistachier lentisque	20
Figure II.3 : Feuilles de pistachier lentisque.....	20
Figure II.4 : Fruits de pistachier lentisque à différents stades de maturité	21
Figure II.5 : Distribution géographique de genre Pistacia dans le monde	21
Figure II.6 : Aire de répartition de Pistacia lentiscus L. autour du bassin Méditerranéen.....	22
Figure II.7 : Distribution géographique de Pistacia en nord Afrique (Algérie et Tunisie).....	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Estimation de la production d'huile essentielle de quelques pays en milliers de dollars.....	3
Tableau I.2 : Constantes physicochimiques de quelques constituants volatils	5
Tableau II.1 : Classification botanique du Pistacia Lentiscus L	19

TABLE DES MATIERES

Dédicaces	I
Remerciements	II
Résumé	III
Liste des abréviations	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Table des matières	VII
Introduction générale	1

CHAPITRE I : Les huiles essentielles

Introduction.....	2
I.1. Définition des huiles essentielles.....	2
I.2. Répartition systématique et caractères chimiques des huiles essentielles.....	2
I.3. Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles.....	3
I.3.1. Propriété Antibactérienne.....	4
I.3.2. Propriété Antivirale	4
I.3.3 Propriété Antifongique	4
I.3.4. Propriété Antiparasitaire	4
I.3.5. Propriété Antiseptique	4
I.4. Propriétés physique des huiles essentielles	4
I.5. Composition Chimique des huiles essentielles	5
I.6. Extraction des huiles essentielles	7
I.6.1. Principales méthodes d'extraction	8
I.6.1.1. L'entraînement à la vapeur d'eau	8
I.6.1.2. L'hydrodistillation	8
I.6.1.3. La distillation à vapeur saturée	8
I.6.1.4 .L'hydrodiffusion	9
I.6.1.5. L'expression à froid.....	9

I.6.2 Autres méthodes d'obtention des extraits volatils	9
I.6.2.1. Extraction par solvants	9
I.6. 2.2. Extraction par les corps gras	9
I.6.2.3. Extraction par micro- ondes	10
I.6.2.4. Extraction par un solvant organique volatil.....	10
I.7. Domaines d'utilisation des huiles essentielles	11
I.7.1. Dans les industries agro-alimentation	11
I.7.2 La médecine et l'industrie pharmaceutique	11
I.7.3.L'industrie de la parfumerie et de la cosmétique	12
I.7.4. Dans diverses industries	12
I.8. Localisation des huiles essentielles dans la plante	12
I.9. Mode d'action des huiles essentielles	13
I.10.Toxicité des huiles essentielles	14
I.11. l'aromathérapie.....	15
I.12. Contrôle de qualité des huiles essentielles	15
Conclusion.....	16

CHAPITRE II : La plante Etudiée *Pistacia lentiscus* (Lentisque)

Introduction.....	17
II.1. Description de la plante	17
II.2. Classification de la plante (<i>Pistacia Lentiscus L.</i>)	18
II.2.1. Aperçu sur la botanique de la plante Pistacia.....	18
II.2.2. Place dans la systématique	19
II.3. Morphologie de Lentisque pistachier	19
II.3.1. Morphologie Florale	19
II.3.2. Feuilles	20
II.3.3. Graines (fruits)	20
II.4. Répartition géographique	21
II.5. Exigences écologiques de pistachier lentisque	23
II.6.Nomenclature	24
II.7. Substances utiles et effets thérapeutiques de <i>Pistacia lentiscus L.</i>	24
II.8. Huile de fruits de <i>Pistacia lentiscus L.</i>	26

II.9. Huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> L	26
Conclusion.....	27

CHAPITRE III : Revue de la Littérature

Introduction.....	28
III.1. Composition et activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> L. contre <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller et <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller (Lépidoptères: Pyralidae).....	28
III.2. Composition en huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> L. et <i>Myrtus communis</i> L.: Evaluation de la capacité antioxydant des extraits méthanoliques.....	30
III.3. Variation chimique intraspécifique de l'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> L. de Corse, 2000. α -phellandrene sont aussi abondants	33
III.4. Activités gastro-protectrices, thérapeutiques et anti-inflammatoires de l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i> L. contre les ulcères gastriques induits par l'éthanol chez le rat	33
III.5. Une approche de profilage des métabolites permettant l'identification de nouveaux composés à partir de feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>	34
III.6. Composition des huiles essentielles dans les populations naturelles de <i>Pistacia lentiscus</i> L. de Tunisie: effet des facteurs écologiques et influence sur les activités antioxydants et antiacétylcholinestérase	35
Conclusion.....	41
Conclusion générale.....	43

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction Générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis l'antiquité, la vie de l'homme était toujours liée aux plantes. L'homme utilisait les plantes pour se nourrir (fruits et légumes) et pour soulager les douleurs (médecine traditionnelle).

Les plantes sont des réserves d'excellence riches en métabolites secondaires que l'on trouve dans différentes parties telles que les peaux, les racines, les feuilles, les tiges, les fruits, les graines et les fleurs [1]. Les métabolites secondaires y compris les huiles essentielles sont produites par les plantes sous l'influence de plusieurs facteurs environnementaux et saisonniers : la température, les précipitations, l'intensité lumineuse, l'altitude [1].

Les huiles essentielles (HE) qui sont produites par hydrodistillation sont dotées de plusieurs propriétés telles que : antibactérienne, antivirale, antifongique, antiparasitaires et insecticides [1]. Ces propriétés intéressantes des métabolites secondaires ; en particulier les huiles essentielles et la richesse de notre pays en plantes médicinales nous ont poussé à étudier théoriquement une plante de notre région.

Le lentisque « edharw », *Pistacia lentiscus* L. (PL), arbre à mastic, est un arbuste méditerranéen à feuilles persistantes largement utilisé en médecine traditionnelle pour traiter des maladies telles que l'eczéma, la diarrhée et les infections de la gorge. De plus, d'autres propriétés sont actuellement attribuées à *P. lentiscus*, comme la capacité antioxydante, l'action hépatoprotectrice et anti-inflammatoires [2].

Donc, l'objectif de ce travail est, d'une part, la présentation des notions théoriques sur les plantes médicinales et les huiles essentielles et, d'autre part, la présentation d'une revue de la littérature regroupant des travaux antérieurs sur lentisque jusqu'à 2020.

Ce document comporte trois chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur les huiles essentielles : définitions, propriétés, méthodes d'extraction, activité biologique, utilisation des HE ...etc.

Le deuxième chapitre est réservé à la présentation du lentisque.

Dans Le troisième chapitre, une synthèse bibliographique est présentée dans laquelle on a regroupés des travaux sur lentisque allant jusqu'à 2020. Dans cette revue, on a montré en particulier les protocoles suivis dans l'étude de cette plante suivie des résultats trouvés.

Le mémoire est clôturé par une conclusion générale.



Chapitre I
Chapitre I

les Huiles Essentielles



CHAPITRE I:

LES HUILES ESSENTIELLES

Introduction :

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a eu recours aux plantes non seulement pour se nourrir, se vêtir, se parfumer, se chauffer,...mais également pour se soigner [3].

En effet, les plantes renferment des substances chimiques de structure, de rôle et d'utilisation variés qui font partie des constituants du métabolisme primaire et ceux du métabolisme secondaire qu'on appelle principes actifs [4].

Les huiles essentielles ou essences végétales extraites des plantes comptent parmi les plus importants de ces principes actifs en raison de leurs multiples et diverses applications.

Avant d'entamer la présentation de la plante de *Pistacia Lentiscus* (Lentisque) elle-même, sujet de notre étude, il nous a paru nécessaire et intéressant d'exposer un succinct rappel sur les huiles essentielles [5].

I.1 Définition des huiles essentielles:

Plusieurs définitions disponibles d'une huile essentielle convergent sur le fait que les huiles essentielles, communément appelées « essences », sont des produits de composition généralement assez complexe, renfermant les principes odorants volatils contenus dans les végétaux. Elles diffèrent des huiles fixes (huile d'olive....) et des graisses végétales par leur caractère volatil ainsi que leur composition chimique.

L'AFNOR (Association Française de la normalisation) définit l'huile essentielle comme : « produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau soit par des procédés mécaniques, l'huile est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » [6,7].

I.2 Répartition systématique et caractères chimiques des huiles essentielles :

Les HE n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à

essences qu'elles regroupent, en particulier les labiés (Thym, Menthe, Lavande, Origan, Sauge, etc.), les Umbellifères (Anis, Fenouil, Angélique, Cumin, Coriandre, Persil, etc.), les Myrtacées (Myrte, Eucalyptus), les Lauracées (Camphrier, Laurier-sauce, Cannelle) [8].

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers organe fleur (origan), feuillés (citronnelle), écorce (cannelier), bois (bios de rose), rhizomes (acore), fruits (badiane), ou grain carvi [9].

Selon Djossou [10] le marché international des huiles essentielles possède son importante place à coté des produits commercialisés (Tableau 01).

Tableau I.01 : Estimation de la production d'huile essentielle de quelques pays en milliers de dollars [10].

Pays	Valeurs
USA	145000
Chine	110000
URSS	30000
Maroc	30000
Bulgarie	26000
Inde	25000
France	20000
Egypte	12000
Espagne	10000
Algérie	8000
Haïti	8000
Madagascar	6000
Côte d'Ivoire	3500
Burkina Faso	500
Cuba	500

I.3 Propriétés et activités biologiques des huiles essentielles :

Elles ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance a une branche nouvelle de la phytothérapie: l'aromathérapie.

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses, cependant, elles possèdent également des propriétés cytotoxiques qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants entant qu'agents antimicrobiens à large spectre [11].

I.3.1 Antibactérienne :

Selon Benayad [8], les phénols (carvacrol, thymol) possèdent le coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géranial), etc [8].

I.3.2 Antivirale :

Les virus donnent lieu à des pathologies très variées dont certaines posent des problèmes non résolubles aujourd'hui, les HE constituent une aubaine pour traiter ces fléaux infectieux, les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques [8].

I.3.3 Antifongique :

Les mycoses sont d'une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension, avec les HE on utilisera les mêmes groupes que ceux cités plus haut, on ajoutera les sesquiterpéniques et les lactones sesquiterpéniques. Par ailleurs, les mycoses ne se développent pas sur un terrain acide. Ainsi il faut chercher à alcaliniser le terrain [8].

I.3.4 Antiparasitaire :

Le groupe des phénols possède une action puissante contre les parasites [8].

I.3.5 Antiseptique :

Les aldéhydes et les terpènes sont réputés pour leurs propriétés désinfectantes et antiseptiques et s'opposent à la prolifération des germes pathogènes [8].

I.4 Propriétés physique des huiles essentielles :

Malgré leurs différences de constitution, les huiles essentielles possèdent un certain nombre de propriétés physiques communes (Tableau 02). Elles sont généralement sous forme liquides à température ambiante et leur grande volatilité les oppose aux "huiles fixes" (lipides). Lorsqu'elles viennent d'être préparées, leurs teintes est généralement comprise dans une gamme allant de l'incolore, à jaune pâle. Il existe toutefois quelques exceptions, comme l'huile essentielle de camomille romaine (*Anthemis nobilis*) qui possède une coloration bleu clair due à la présence du chama.zulène [12].

Leur densité est le plus souvent inférieure à l'unité. Seules 3 huiles essentielles officinales ont une densité supérieure à celle de l'eau: il s'agit des huiles essentielles de cannelle, de girofle et de sassafras. Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire puisque constituées, pour l'essentiel, de molécules

asymétriques. Peu solubles dans l'eau, elles lui communiquent cependant leurs odeurs (eaux distillées aromatiques). Elles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques. Elles sont très facilement altérables et sensibles à l'oxydation, mais ne rancissent pas. Le caractère odorant des huiles essentielles est lié à la volatilité des molécules qui les composent ce qui permet de les obtenir par entraînement à la vapeur d'eau [12].

Tableau I.02 : Constantes physicochimiques de quelques constituants volatils [13].

Composés	Masse Molaire (g/mol)	Densité	Volume molaire (cm ³ /mol)
a-pinène	136	0,8580	158,51
β-pinène	136	0,8650	157,23
Limonène	136	0,8450	160,95
Acétate de géranyle	196	0,9174	213,65
β-selinène	204	0,9140	223,19
Carotol	222	0,9624	230,67

I.5 Composition chimique des huiles essentielles :

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenylpropane [14].

- **Les terpénoïdes :**

Le terme terpène rappelle la toute première extraction de ce type de composé dans l'essence de térébenthine. Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils. C'est à dire, ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés. Ils répondent dans la plupart de cas à la formule générale (C₅H₈)_n. Les constituants des huiles essentielles sont très variés. On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des cétones, des phénols, des oxydes et autres [15].

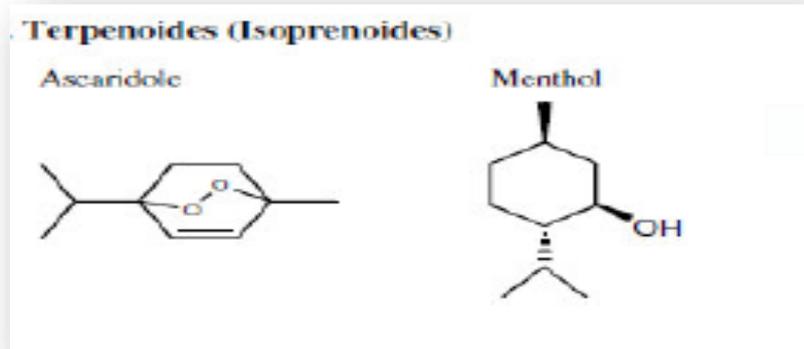


Figure I.1: Structure chimique de terpénoïdes [16].

- **les monoterpènes :**

Les carbures sont presque toujours présent .ils peuvent être acycliques (terpinene, cymène) ou bi cycliques pinène (camphène, sabinene) .Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (citrus, térébenthines) [17].

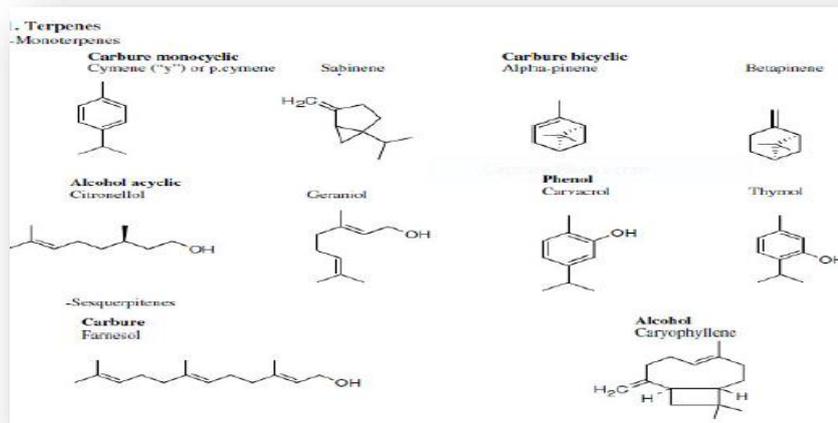


Figure I.2 : Structure chimique de Terpènes [16].

- **Sesquiterpènes :**

Les sesquiterpènes sont de structures très diverses (C15) : les carbures, les alcools et les cétones sont les plus fréquents [17].

- **Les composés aromatiques :**

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des

caractères organoleptiques des huiles essentielles .Nous pouvons citer en exemple l'eugénoï qui est responsable de l'odeur du clou girofle [18].

Les composés d'origines diverses :

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés [19].

-Alcools : menthol, géraniol, linalool....

-Aldéhydes : géraniol, citronellal....

-Cétones : camphre, pipéritone

-Phénols : thymol, carvacrol....

-Esters : acétate de géranyle....

-Acides : acide gérannique....

-Oxydes : 1,8-cinéole....

-phénylpropanoïdes : eugénoï.

-Terpènes : limonène, para-cymène....

-Autres : éthers, composés soufrés, composés azotés, sesquiterpène.... [19].

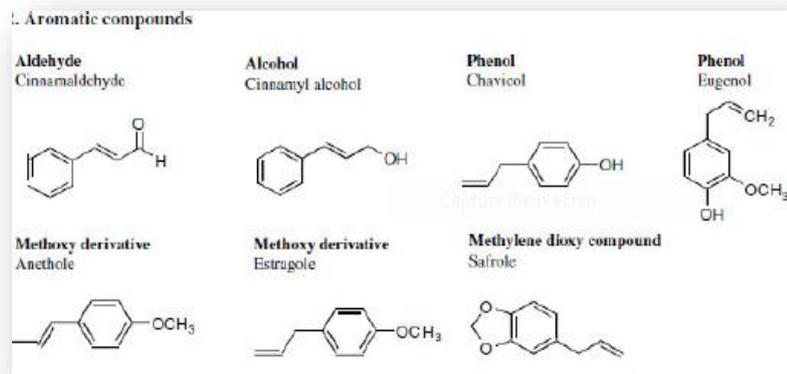


Figure I.3 : Structure chimique de quelques composés aromatiques. [16]

I.6 Extraction des huiles essentielles :

Il existe plusieurs méthodes pour extraire les huiles essentielles. Les principales sont basées sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction [20].

I.6.1 Principales méthodes d'extraction :

Il existe plusieurs méthodes de distillation dont voici les principales:

I.6.1.1. L'entraînement à la vapeur d'eau :

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînaibles par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe. Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal et entraînée par la vapeur d'eau. Le mélange de vapeurs est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation [21].

En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux:

- au niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau, ce qui est fréquent;
- au niveau inférieur, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydrodistillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydrodiffusion [21].

I.6.1.2 L'hydrodistillation :

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est à dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation [22].

I.6.1.3. La distillation à vapeur saturée :

Dans cette variante, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées. La distillation à vapeur saturée est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans l'industrie pour l'obtention des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques ou médicinales. En général, elle est pratiquée à la pression atmosphérique ou à son voisinage et à 100°C, température d'ébullition d'eau. Son avantage est que les altérations de l'huile essentielle recueillie sont minimisées [22].

I.6.1.4 L'hydrodiffusion :

Elle consiste à pulser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration qualitative et quantitative de l'huile récoltée, l'économie du temps, de vapeur et d'énergie [23].

I.6.1.5 L'expression à froid :

Elle constitue le plus simple des procédés, mais ne s'applique qu'aux agrumes dont l'encore des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique [23].

I.6.2 Autres méthodes d'obtention des extraits volatils :**I.6.2.1 Extraction par solvants :**

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou en discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation des solvants. Un autre désavantage de cette extraction par les solvants est leur manque de sélectivité; de ce fait, de nombreuses substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure [22].

I.6. 2.2 Extraction par les corps gras :

La méthode d'extraction par les corps gras est utilisée en fleurage dans le traitement des parties fragiles de plantes telles que les fleurs, qui sont très sensibles à l'action de la température. Elle met à profit la liposolubilité des composants odorants des végétaux dans les corps gras. Le principe consiste à mettre les fleurs en contact d'un corps gras pour le saturer en essence végétale. Le produit obtenu est une pommade florale qui est ensuite épuisée par un solvant qu'on élimine sous pression réduite. Dans cette technique, on peut distinguer

l'enfleurage où la saturation se fait par diffusion à la température ambiante des arômes vers le corps gras et la digestion qui se pratique à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras [22].

I.6.2.3 Extraction par micro- ondes :

Le procédé d'extraction par micro-ondes appelée Vacuum Microwave Hydrodistillation consiste à extraire l'huile essentielle à l'aide d'un rayonnement micro-ondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide. Seule l'eau de constitution de la matière végétale traitée entre dans le processus d'extraction des essences. Sous l'effet conjugué du chauffage sélectif des micro-ondes et de la pression réduite de façon séquentielle dans l'enceinte de l'extraction, l'eau de constitution de la matière végétale fraîche entre brutalement en ébullition. Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du tissu biologique, et l'essence est alors mise en œuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs et puis la décantation des condensats. Cette technique présente les avantages suivants: rapidité, économie du temps d'énergie et d'eau, extrait dépourvu de solvant résiduel [24].

I.6.2.4 Extraction par un solvant organique volatil :

Cette technique est la plus pratiquée avec l'hydrodistillation. Elle consiste à épuiser la matière première de ses constituants odorants au moyen d'un solvant, puis à chasser celui-ci de l'extrait par évaporation sous vide. Il existe deux cas particuliers, les hydrolats (extraction par solvant en présence d'eau) et les alcoolats (extraction avec de l'éthanol dilué) pour lesquels on récupère les composés odorants conjointement avec le solvant lors de la distillation pratiquée pour éliminer l'eau présente dans les isolats. Le choix du solvant dépend de nombreux paramètres techniques et économiques, notamment:

- la sélectivité (pouvoir solvant),
- la température d'ébullition (stabilité thermique des constituants),
- la miscibilité dans l'eau,
- la facilité de recyclage,
- la sécurité de manipulation : les solvants choisis seront, dans la mesure du possible, non toxiques tant pour le manipulateur que pour le consommateur [25].

Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont surtout des hydrocarbures aliphatiques (hexane, éther de pétrole), des hydrocarbures aromatiques (toluène), des alcools ou des solvants carbonylés, et moins fréquemment des hydrocarbures halogénés

(dichlorométhane). La méthode d'extraction mise en œuvre dépend aussi de la nature de la matière première végétale. On peut extraire soit à chaud, c'est-à-dire à température proche de la température d'ébullition du solvant, soit à température ambiante. On travaille, en général, dans un extracteur statique afin d'éviter la dégradation de la matrice végétale et la solubilisation concomitante de composés indésirables [25].

Les solutions aromatiques obtenues, appelées miscella, sont évaporées sous vide, à température la plus basse possible afin d'éviter la dégradation des molécules odorantes. Le solvant organique extrait également des composés indésirables, en particulier des matières grasses (huile, cires, etc.). Celles-ci sont d'ailleurs responsables de la dénomination «concrète» qui traduit la tendance des produits à se solidifier à température ambiante. Un traitement secondaire est donc nécessaire pour séparer les fractions aromatique et grasse. Il consiste à entraîner, à l'éthanol, les composés aromatiques. Cette opération est pratiquée à basse température (environ -20°C). On obtient, après évaporation de l'éthanol, un produit appelé «absolue» qui comporte la majorité des composés volatils [26].

I.7 Domaines d'utilisation des huiles essentielles :

I.7.1 Dans les industries agro-alimentation :

Les huiles essentielles sont utilisées comme condiments, aromates ou épices. C'est le cas des essences de gingembre, de girofle, de vanille, de basilic, de poivre, de citrus .les huiles essentielles extraites de citrus, par exemple, trouvent leur utilisation dans la confiserie, les sirops, les biscuiteries .on note leur intégration aussi dans les boissons, les produits laitiers, les soupes, les sauces, les snacks, les boulangeries ainsi que la nutrition animale [27].

I.7.2 La médecine et l'industrie pharmaceutique :

-les propriétés pharmacologiques des HE leurs confèrent un pouvoir antiseptique contre les bactéries ,champignons et levures ,en plus des propriétés bactériostatiques, bactéricides, vermicide, fongicides, antiseptiques, insecticides.les HE de thym, girofle, lavande ,eucalyptus .le thymol ,constituant principal de l'huile essentielle de thym, est 20 fois plus antiseptique que le phénol[27].

L'huile essentielle de Malaleuka a prouvé cliniquement son action antiseptique, antimicrobienne et antioxydant.

-des propriétés spasmolytiques et sédatives : certaines drogues à HE (menthe, verveine) sont réputées efficaces pour diminuer les spasmes gastro-intestinaux.

-des propriétés irritantes : de nombreuses crèmes, pommades à base d'HE sont destinées à soulager entorses, courbatures ou claquages musculaires, certaines HE ex ; (oléorésine dans la térébenthine) augmentent la microcirculation, induisent une sensation de chaleur et dans certains cas une légère anesthésie locale.

I.7.3 L'industrie de la parfumerie et de la cosmétique :

Utilise fréquemment les huiles essentielles. la cosmétique est le secteur des produits d'hygiène naturels et synthétiques pour consommateurs. Elles sont intégrées dans des analgésiques pour la peau, les produits solaires [27]. on les retrouve aussi dans les préparations pour bains. intégrées aux huiles de massage, leur teneur ne doit pas passer 3 à 4%. le menthol par exemple, trouver une utilisation variée dans les produits tels que les dentifrices, mousses, nettoyantes, aliments, cigarettes et des préparations pharmaceutiques orales. L'huile de menthe poivrée est la troisième saveur mondiale, derrière les saveurs vanille et citron [27,21].

I.7.4 Dans diverses industries :

Ce sont surtout des industries chimiques qui utilisent des isolats (substances pures isolées des HE) comme matières premières pour la synthèse de principes actifs médicamenteux, de vitamines, de substances odorantes, etc.... [7]

Citons ainsi l'utilisation des isolats linalool, D-limonène dans des shampoings et sprays insecticides pour les chats et les chiens.

I.8 Localisation des huiles essentielles dans la plante :

Les huiles essentielles sont produites dans des cellules glandulaires spécialisées recouvertes d'une cuticule.

Elles sont alors stockées dans des cellules à huiles essentielles (Lauraceae ou Zingiberaceae), dans des poils sécréteurs (Lamiaceae), dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae) ou dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae). elles peuvent aussi être transportées dans l'espace intracellulaire lorsque les poches à essences sont localisées dans les tissus internes.

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielles sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air [21].

-les poils sécréteurs ou trichomes qui peuvent se présenter sous quatre formes :ils peuvent se composer de plusieurs cellules sécrétrices associées pour constituer un plateau porté par un pédicelle*court ,poils peltés*,poils capités*à pieds court ou Lo ou bosselé. [27]

-Les poils sécréteurs peuvent être externes ou bien internes, comme dans les divers eucalyptus ; les trichomes glandulaires constituent un autre type de structure de sécrétion et /ou d'accumulation des CTV.ces trichomes ont particulièrement été étudiés chez certaines familles botaniques telles que les solanacées et les lamiacées [27]

- les cellules épidermiques. Elles sont davantage perméables car leur paroi ne contient pas de cutine ; ce type de cellules se rencontre généralement dans les pétales de fleurs. Chez la rose. [27]

-les poches sécrétrices : leur genèse débute par la division d'une cellule parenchymateuse en quatre cellules, qui forment en leur centre une poche. Dès lors, il existe deux voies d'évolution pour cette poche :soit les cellules entourant la poche, continuent à se diviser tout en formant une seule rangée tout autour ,la poche est qualifiée de schizogène :soit les cellules, entourant la poche, vont se diviser et s'organiser pour constituer des rangées successives autour de la poche, avec un phénomène de lyse pour les cellules de la rangée la plus interne formant alors une poche schizolytigène. [27]

I.9 Mode d'action des huiles essentielles :

Du fait de la variabilité des quantités et des profils des composants des huiles essentielles, il est probable que leur activité antimicrobienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire [16]. De façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des huiles essentielles sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules [16].

Le mode d'action des huiles essentielles dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane, une perturbation chémo-osmotique et une fuite d'ions (K⁺): ce mécanisme a été observé avec l'huile de l'arbre à thé sur les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et Gram à négatif (*Escherichia coli*) et levure (*Candida albicans*) in vitro [16].

Certains composés phénoliques des huiles essentielles interfèrent avec les protéines de la membrane des micro-organismes comme l'enzyme ATP ase, soit par action directe sur la partie hydrophobe de la protéine, soit en interférant dans la translocation des protons dans la membrane prévenant la phosphorylation de l'ADP [16]. Une inhibition de la décarboxylation des acides aminés chez *Enterobacter aerogenes* a aussi été rapportée [16].

Les huiles essentielles peuvent aussi inhiber la synthèse de l'ADN, l'ARN, des protéines et des polysaccharides inhibition de la décarboxylation des acides aminés chez *Enterobacter aerogenes* a aussi été rapportée [16].

Les études sur les mécanismes d'action de cette activité sont en nombre négligeable. jusqu'à présent, il n'existe pas d'étude pouvant nous donner une idée claire et précise sur le mode d'action des HE .Etant donné la complexité de leur composition chimique, tout laisse à penser que ce mode d'action est assez complexe et difficile à cerner du point de vue moléculaire .il est très probable que chacun des constituants des huiles essentielles a son propre mécanisme d'action ; d'une manière générale ,leur action se déroule en trois phases :

*attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.

*acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.

*destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie.

Le mode d'action des huiles essentielles dépend aussi du type de microorganismes : en général, les bactéries Gram négatives [28].

I.10 Toxicité des huiles essentielles :

Les études scientifiques montrent que les huiles essentielles peuvent présenter une certaine toxicité. Il faut cependant remarquer que celle-ci varie selon la voie d'exposition et la dose prise [29].

Les huiles essentielles semblent n'être toxiques par ingestion que si celle-ci est faite en grandes quantités et en dehors du cadre classique d'utilisation. Les huiles ne seront toxiques par contact que si des concentrations importantes sont appliquées [29].

Selon Englebin [30], les huiles essentielles sont des substances très puissantes et très actives, c'est la puissance concentrée du plant aromatique, il ne faut donc jamais exagérer les doses, quelque soit la voie d'absorption, car toute substance est potentiellement toxique à dose élevée ou répétée. Paracelse a dit: "rien n'est poison, tout est poison, tout dépend de la dose "Il

faut également savoir qu'une période trop prolongée provoque l'inversion des effets et fou l'apparition d'effets secondaires indésirables [30].

I.11 l'aromathérapie :

Le mot « aromathérapie » est un terme créé en 1928 par le chimiste René-Maurice Gattefossé qui vient du latin *aroma*, « aromate » et du grec *therapeia*, « traitement », « soin » [31].

L'aromathérapie, qui signifie littéralement "soin par les odeurs" est le terme que l'on utilise pour désigner la thérapie basée sur l'utilisation des huiles essentielles. Il s'agit donc de la capacité et de l'art de soigner avec les huiles essentielles [32].

Donc, l'aromathérapie est l'utilisation des huiles essentielles à des fins thérapeutiques. C'est une "biochimio-thérapie" naturelle sophistiquée qui repose sur la relation existant entre les composants chimiques des huiles essentielles et les activités thérapeutiques qui en découlent. Elle recourt à une méthodologie rigoureuse qui s'inspire de données scientifiques solides confirmées tant par la clinique que par le laboratoire. C'est une thérapie naturelle de qualité supérieure [33].

L'aromathérapie scientifique ou aromatologie est l'étude des huiles essentielles. Il s'agit d'une science qui recourt à une méthodologie rigoureuse et se base sur des données scientifiques solides, confirmées par la clinique et par de nombreux tests en laboratoire. C'est une thérapie naturelle de qualité, très efficace et qui complète très bien toutes les autres approches alternatives ou allopathiques [31].

I.12 Contrôle de qualité des huiles essentielles :

Selon la pharmacopée française et européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques: indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants. La meilleure carte d'identité quantitative qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse. Il permet de connaître très exactement la composition chimique et de rechercher d'éventuelles traces de produits indésirables tels des pesticides ou des produits chimiques ajoutés [34].

Une huile essentielle pure et naturelle est caractérisée par sa composition strictement «végétale», contrairement aux essences synthétiques ou «identiques naturelles» intégralement reconstituées à partir de composés chimiques de synthèse [34].

Conclusion :

De l'analyse bibliographique menée, il ressort que les huiles essentielles ont une grande importance du fait de leurs multiples et divers effets thérapeutiques. Le chapitre suivant aura pour but d'étudier l'HE de la plante de *Pistacia Lentiscus* (Lentisque).

Chapitre II

Chapitre II

La Plante Etudiée

La Plante Etudiée

Pistacia

Lentiscus (Lentisque)

CHAPITRE II

LA PLANTE ETUDIÉE *PISTACIA LENTISCUS* (LENTISQUE)

Introduction :

Plusieurs plantes terrestres renferment des quantités des huiles essentielles. Après avoir présenté des généralités sur les huiles essentielles, ce chapitre sera consacré à la présentation de la plante de lentisque.

II.1 Description de la plante:

Le pistachier lentisque « *Pistacia lentiscus* » appelé communément lentisque est un petit arbuste, qui peut atteindre 2 à 3 mètres de hauteur, fortement ramifié à partir de la base. C'est une espèce de la famille des Anacardiaceae, avec plantes mâles et femelles séparées, à feuillage persistant. Sa sève est une résine transparente utilisée pour la composition de vernis, mastics et colles des pansements [35].

Les fleurs du pistachier sont en grappes spiciformes denses, naissant 1 ou 2 à l'aisselle d'une feuille et égalant au plus la longueur d'une foliole. Elles sont unisexuées d'environ 3 mm de large et sont très aromatiques, de couleur rougeâtre [36].

Le fruit du pistachier est une baie globuleuse de 2 à 3 mm, monosperme ; d'abord rouge, puis noir à la maturité [37]. L'huile du fruit de *Pistacia lentiscus* est de couleur verte foncée. Elle n'est entièrement liquide qu'à la température de 32 et 34 °C; au-dessous elle laisse déposer une matière blanche, susceptible de cristallisation, qui bientôt envahit la totalité de l'huile et la solidifie complètement [38].



Figure II.1 : feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus* L [39].

II.2 Classification de la plante (*Pistacia Lentiscus* L.) :

II.2.1 Aperçu sur la botanique de la plante Pistacia :

Le *Pistacia Lentiscus* est une espèce appartenant à la famille des Anacardiaceae qui regroupe des plantes dicotylédones. La composition de cette famille en genres et espèces diffère selon les auteurs. D'après Kokwaro (1986), elle compte 60 genres et 600 espèces alors que Pell (2004) indique que cette famille renferme 82 genres et plus de 700 espèces. D'après la littérature les genres les plus connues sont :

- ✓ Anacardium, avec l'anacardier qui fournit la noix de cajoux.
- ✓ Mangifera, avec le manguier qui produit des fruits comestibles ; les mangues.
- ✓ Pistacia, parfois considéré comme une famille à part, les pistacés genre auquel appartient le pistachier, arbre méditerranéen qui donne les pistaches
- ✓ Rhus, genre auquel appartiennent les Sumacs [40].

Les espèces les plus importantes dans le monde du genre Pistacia d'après (Martini, 2003; Ibn Bitar, 1989; Ibn Sina, 1965) sont:

- ✓ *Pistacia atlantica*
- ✓ *Pistacia chinensis*
- ✓ *Pistacia lentiscus* L - Pistachier lentisque.
- ✓ *Pistacia Palaestina* - térébinthe de Palestine
- ✓ *Pistacia térébinthus* L - Pistachier térébinthe
- ✓ *Pistacia Vera* L - Pistachier vrai (qui donne les pistaches)
- ✓ *Pistacia Vulgaris* - Pistachier Vulgaris

En Algérie, le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces, en l'occurrence *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera* et *Pistacia atlantica* [41].

II.2.2 Place dans la systématique :

D'après Quézel et Santa (1963), la position des lentisques dans la systématique du règne végétal est donnée par l'arbre phylogénique représenté dans le tableau 1 [42].

Tableau II.1 : Classification botanique du *Pistacia Lentiscus* L. [42]

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédone
Sous classe	Dialypétales
Série	Diacifores
Ordre	Sapindale
Famille	Anacardiacees
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>lentiscus</i>

II.3 Morphologie de Lentisque pistachier :

Se sont les feuilles, les fleurs, les fruits et les graines qui distinguent les différents genre des anacardiacees.

II.3.1 Morphologie Florale :

Comme tous les autres pistachiers, l'arbre de lentisque est dioïque, ses fleurs rougeâtres se rassemblent sous forme de grappes sortantes sous l'aisselle des feuilles (Fig.2). Les fleurs males femelles sont apétales et sont quinquennales en étamines pressées au fond du périanthe, elles sont tri-stomates. Parfois on distingue, pour des pieds monoïques, que les fleurs males et femelles sont portées par des rameaux différents. La floraison de lentisque s'étend du mois de Mars jusqu'au mois de Mai [43].



Figure II.2 : Fleurs de pistachier lentisque [43].

II.3.2 Feuilles :

Les feuilles sont caduques et imparipennées, elles possèdent trois ou quatre sépales, elles sont caractérisées par un ovaire avec un style court à trois stigmates. Elles présentent des formes elliptiques, lisses, d'une verdure belle et luisante (Fig.3) [44].



Figure II. 3 : Feuilles de pistachier lentisque [44].

II.3.3 Graines (fruits) :

Les fruits de l'arbre de lentisque sont des drupes de petite taille d'environ cinq millimètres, globuleux qui renferment un seul noyau à une seule graine contenant une pulpe de bon goût et d'une odeur embaumée [45]. Les fruits présentent plusieurs couleurs aux différents stades de maturité en effet, ils sont de couleur verte, au début, puis se transforment en rouge à mi-maturité et à la maturité ils sont noirâtres (Fig.4).



Figure II. 4 : Fruits de pistachier lentisque à différents stades de maturité [45].

II.4 Répartition géographique :

Les espèces de cette famille sont des arbres, des arbustes résistant à la chaleur, au froid et à la salinité puisqu'elles existent en abondance sur les bords de la mer méditerranée [46].

On les rencontre surtout dans les régions tropicales à subtropicales et dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord. Elles occupent une aire de distribution tropicale ou subtropicale, qui compte quatre régions phytogéographiques : méditerranéenne, iranotouranienne, sino-japonaise et mexicaine(Fig.5) [47].



Figure II.5 : Distribution géographique de genre Pistacia dans le monde [47].

Le pistachier est un arbrisseau qui préfère les sols siliceux et secs, il se développe aussi sur des sols calcaires. Ce genre paraît s'être étendu à l'origine aux régions forestières

subtropicales de la zone méditerranéenne. Les espèces auraient subi plus tard une forte xerophitisation (Fig.6) [47].



Figure II.6 : Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* L. autour du bassin Méditerranéen [47].

Le pistachier se disperse sur tout le tell Algérien et Tunisien, et existe avec densité dans les zones forestières et champêtres fraîches. Le lentisque préfère une ambiance climatique subhumide, semi-aride et chaude (Fig.7). [47]

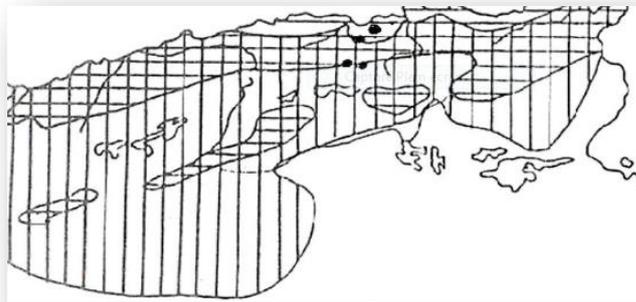


Figure II.7 : Distribution géographique de *Pistacia* en nord Afrique (Algérie et Tunisie) [47].

Dans les zones humides, cette espèce est plus abondante dans les plaines que sur les hauteurs, contrairement aux zones semi-arides où elle pousse plutôt sur les hauteurs. Le lentisque assure la protection du sol contre l'érosion et crée les conditions favorables pour l'humification de la matière organique et l'enrichissement de ses propriétés biologiques [48].

II.5 Exigences écologiques de pistachier lentisque :

Le pistachier lentisque situé dans une ambiance climatique subhumide, semi-aride et chaud. Dans les zones humides, cette espèce est plus abondante dans les plaines que sur les hauteurs, contrairement aux zones semi-arides où elle pousse plutôt sur les hauteurs. Dans des régions arides avec un climat sec, elle devient rare excepté dans certaines régions, où sont présents certains facteurs compensateurs (morceau temporairement humide, substratum argileux ou limon argileux) [39].

Pistachier lentisque est un arbrisseau qui préfère les sols siliceux et sec, il se développe sur des sols calcaires une plante considérée comme thermophile et xérophile. C'est une espèce indifférente aux propriétés physico-chimiques du sol mais préfère des sols à faible concentration en phosphore et potassium conjugués avec des concentrations différentes en carbonates de calcium et en azote [39]. De part son houppier composé de branches imbriquées et dense, le lentisque assure la protection du sol et crée les conditions favorables pour l'humification de la matière organique et l'enrichissement de ses propriétés biologiques [39].

Pistacia lentiscus est l'une des espèces rejetant des souches; c'est une espèce très inflammable et très combustible, et donc très vulnérable aux incendies. Ce taxon est caractérisé par une forte sélection écologique et donc un bon ajustement au stress hydrique estival pouvant durer de 1 à 6 mois. Cette adaptation s'associe à des possibilités d'installation et de maintien sur tous les 38 types de sols. C'est une espèce indifférente aux variations du milieu ; sa dispersion indique son adaptation optimale aux conditions globales qu'offre son milieu environnant [49].

A l'étage thermo-méditerranéen (0 et 500-600 m), et en bioclimat humide et essentiellement sub-humide, les structures dominantes sont constituées, sur calcaires surtout, par les brousses à Olivier, Caroubier et Lentisque [50].

Selon Saadoun [51] . L'étude phytodermologique de *Pistacia lentiscus* nous a permis de noter l'adaptation de cette espèce au manque d'eau par: une absence totale de stomates au niveau de la face supérieure des feuilles ; et la présence des stomates au niveau de la face inférieure de la feuille [51].

Son système racinaire est puissant et bien développé, s'accrochant sur les pentes rudes et les terrains rocheux, c'est un couvre sol idéal [51].

II.6 Nomenclature :

Cet arbre possède plusieurs noms qui diffèrent d'une société à une autre. Parmi ces noms on trouve le térébinthe oriental, le térébinthe de mastic, Addarou, Elgathoum. En amazigh on donne à cet arbre plusieurs noms: Tadist, Imtek, Meski et Itk. [52, 53, 54].

Ibn El-Baitar dans son livre « traité des simples » ainsi qu'Ibn Sina donnent le nom d'Addarou à cette plante. Diskordos la nomme Skhinos [55]. D'autres populations donnent le nom d'Addarou aux fruits verts et le nom de khamkham aux feuilles du lentisque [56]. Tandis que les habitants des zones rurales aux environs de la région d'El Kala et ceux de la Tunisie donnent au fruit de lentisque le nom Gathoum.

Dans les pays du Cham et de la Turquie le fruit du lentisque de couleur rose clair est appelé pistache. Le lentisque yemenien est nommé Elkhamkham [55, 57, 58]. En Grèce et en Egypte on lui donne le nom du mastic.

II.7 Substances utiles et effets thérapeutiques de *Pistacia lentiscus* L. :

Le lentisque est un arbre aux usages multiples : s'il est essentiellement exploité pour la résine qu'il secrète dans ses tiges, on se sert également de ses feuilles, de son bois et de ses fruits pour des usages alimentaires, domestiques ou médicaux. Quant aux racines, elles seraient capables d'émettre, lorsqu'elles sont vieilles, une certaine luminescence [59].

- ✓ La résine a été utilisée en Europe, au début du siècle, en médecine (comme antidiarrhéique pour les enfants, comme antiscorbutique ainsi que sous forme de cataplasme ou pour faire des fumigations), en dentisterie (pour l'occlusion des dents cariées) et pour la fabrication de vernis et de colles [60]. Elle a été employée dans l'Antiquité comme cosmétique : les femmes grecques fixaient des cils postiches sur leurs paupières avec cette résine. Elle aurait également fait partie des substances utilisées pour l'embaumement [61].

En Afrique du Nord (Maroc) cette résine servait de parfum. En Orient, la résine est traditionnellement utilisée comme masticatoire parfumé pour protéger les gencives et rafraîchir l'haleine. Cette résine est connue par son effet analgésique, antibactérien, antifongique, antioxydant, antithérogénique, expectorant, stimulant, diurétique et spasmolytique [62, 63, 64]. Par conséquent, cliniquement, le mastic est souvent cité comme un remède efficace contre certaines maladies telles que l'asthme, diarrhée, infections

bactériennes, ulcères gastro-doudénaux et comme un agent antiseptique du système respiratoire [65, 66, 67, 68, 69].

- ✓ Dans le sud de l'Espagne, des branches de lentisque étaient mises dans l'eau et puis désinfectées par la chaux pour enlever le mauvais goût résultant de ce traitement. Les feuilles sont réputées posséder un pouvoir antiparasitaire : On en mettait dans des tas de blé ou d'orge pour éloigner les charançons et les teignes ; on en faisait également des infusions pour lutter contre les puces. En Afrique du Nord, cette infusion était utilisée pour chasser la mauvaise haleine ainsi que l'odeur de sueur. En Libye, les feuilles, riches en tannins, étaient utilisées pour le tannage [59]. Elles sont également utilisées, associées ou non aux galles qui se développent parfois dessus, pour teindre en noir la laine des tapis (Macédoine, Tunisie, Maroc et Anatolie) [70]. Elles étaient également employées en Algérie pour la teinture en noir [71].

Les feuilles sont toujours employées au Maroc sous forme de décocté comme diurétique et emménagogue, et sous forme de décocté ou réduites en poudre pour traiter les maladies ventre et de l'intestin [72].

En Tunisie, en usage interne sous forme de décocté, elles sont utilisées pour calmer les douleurs gastriques ou directement consommées pour apaiser le pyrosis (reflux du liquide acide gastrique de l'estomac vers l'oesophage) ; elles sont mastiquées pour combattre l'hypertension artérielle.

Les feuilles disposent d'une action anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépatoprotective, expectorante et stimulante [73, 63,74 ,75].

Elles sont également utilisées dans le traitement d'autres maladies telles que l'eczéma, infections buccales, diarrhées, lithiases rénales, jaunisse, maux de tête, ulcères, maux d'estomac, asthme et problèmes respiratoires [73,76 ; 77, 78, 79].

- ✓ La décoction des racines séchées est efficace contre l'inflammation intestinale et d'estomac ainsi que dans le traitement de l'ulcère [80].
- ✓ Le bois particulièrement dur de cet arbuste est utilisé en menuiserie et en ébénisterie mais il sert également comme bois de chauffage [81] ; il fournit d'ailleurs un excellent charbon. Ses cendres ont également été utilisées comme savon [59].
- ✓ Les fruits peuvent être consommés crus mais on les emploie plutôt sous forme de préparations alimentaires. Dans les pays arabes ; ils servent à confectionner une confiserie appelée masticha ainsi qu'une liqueur connue sous le nom de mastiche. En Espagne du sud, les baies étaient utilisées à l'état frais pour blanchir les dents, en revanche, elles produisent une encre indélébile lorsqu'elles sont cuites avec de l'alun [59]. Les baies sont essentiellement utilisées pour extraire une huile de couleur verte. Les fruits non comestibles fournissaient une huile

claire pouvant servir à l'éclairage ; Ses fruits sont consommés en Tunisie pour apaiser le pyrosis [71].

II.8 Huile de fruits de *Pistacia lentiscus* L. :

Huile de lentisque est extraite du fruit comestible qui autrefois était couramment utilisée pour l'alimentation, l'éclairage et la fabrication de savons. Elle est produite à l'Est de l'Algérie, dans les zones notamment côtière (El Milia, Skikda), où l'espèce grouille. Les fruits atteignent leur maturité vers la fin d'été début de l'automne. Ils prennent alors une coloration noire au lieu du rouge. Ils sont récoltés à la main, macérée dans de l'eau chaude et puis écrasés à l'aide d'une presse. Des baies s'exultent un liquide épais de couleur jaune vert. L'huile est récupérée par décantation [82]. Huile de *Pistacia lentiscus* L. dont les baies peuvent fournir 20 à 25% de leur poids [60], cette valeur correspond bien à celle rapportée par Lanfranchi et al. (1999) qui montrent que 16 kg des baies mûres produisent environ 3 litres d'huile soit un rendement proche de 18 à 19 %, Cette huile n'est entièrement liquide qu'à la température de 32 et 34 C°, en deçà de laquelle, elle se transforme progressivement en une matière blanche, susceptible de cristallisation [83]. Le rendement de l'huile varie de 8 à 18% selon les conditions de sol et du climat [84,85].

II.9 Huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. :

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* est obtenue par hydrodistillation de feuilles, fruits ou à partir d'un exsudat du tronc appelé mastic. Les études sur l'huile essentielle des feuilles de lentisque ont démarré en 1966 par Peyron en France, montrant sa richesse en monoterpènes. Les études réalisées après ont montré existence de l'un des monoterpènes suivants comme composé majoritaire: myrcène (19-25%, Espagne et Sicile), α -pinène (16%, France), terpinen-4-ol (22%, Sardaigne) et δ -3-carène (65%, Egypte). Sinon, plusieurs sesquiterpènes ont été identifiés à des teneurs plus faibles, notamment le D-germacrène (9%), le β -caryophyllène (3,5-9%), le d-cadinène et l'a-cadinol (6% chacun), β -bisabolène, β -bourbonène et oxyde de caryophyllène (environ 3-4% chacun) [86].

En revanche, le myrcène (72 et 39%), le α -pinène (10 et 28%) et le limonène (7 et 11%) étaient les principaux composés de l'huile de fruit d'Espagne et en Australie. Les huiles obtenues par hydrodistillation du mastic d'Espagne et de Grèce, se caractérisaient par une teneur très élevée en α -pinène (65-86%) et une quantité inférieure de myrcène (3-25%) [86].

Les feuilles et fruits de PL de Palestine conservés dans de l'alcool et hydro-distillés plus tard, ont donné des huiles essentielles composées des monoterpènes habituels α -terpinéol et terpinen-4-ol, et plusieurs composés acycliques principalement représentés par le linoléate d'éthyle et / ou hexadécanoate d'éthyle [86].

De l'absolue de PL du Maroc, de nombreux composés ont été identifiés : α -pinène, myrcène, limonène, le β -caryophyllène et le δ -cadinène [86].

L'huile essentielle de feuilles de PL contient comme composés majoritaires : α -pinène (France), myrcène (Espagne et Sicile), terpinen-4-ol (Sardaigne) ou δ -3-carène (Egypte) [86].

Conclusion :

Lentisque est une plante très abondante en Algérie, qui était utilisé par la population depuis longtemps. Ce chapitre a été consacré à la présentation de cette plante.

Chapitre III
Chapitre III

Revue de la Littérature

CHAPITRE III :

REVUE DE LA LITTERATURE

Introduction :

Lentisque ou *Pistacia lentiscus* PL (Anacardiaceae) l'arbuste vivace très abondant en Algérie est couramment utilisé chez nous en cas d'hypertension. En médecine traditionnelle, il est connu par ses propriétés stimulantes et diurétiques [87]. Le mastic était utilisé pour soulager les maux abdominaux, maux d'estomac, dyspepsie et ulcère [87].

Avant les années sixantes, les recherches s'intéressaient aux fruits de lentisque. La première étude sur les feuilles fut en 1966 en France et l'HE était riche en monoterpènes [86]. Les études réalisées après ont montré l'existence de l'un des monoterpènes suivants comme composé majoritaire: myrcène, α -pinène, terpinen-4-ol et δ -3-carène.

Dans ce chapitre, on s'intéresse à présenter quelques travaux antérieurs sur la plante *Pistacia lentiscus*. Pour fixer les idées, on donne pour chaque étude le but ou problématique, le protocole d'extraction, le protocole d'analyse, le protocole des tests sur les huiles essentielles et les résultats. Rappelons que le focus sera en particulier sur les protocoles utilisés.

III.1 Composition et activité insecticide de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. contre *Ectomyelois ceratoniae* Zeller et *Ephestia kuehniella* Zeller (Lépidoptères: Pyralidae) [88] :

➤ Problématique :

La teigne de la caroube, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller et la pyrale méditerranéenne de la farine *Ephestiakuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) sont les insectes les plus

destructeurs attaquant les dattes stockées en Tunisie. La teigne de la caroube infecte annuellement 20% de la récolte de dattes [88].

L'utilisation des fumigants est l'outil le plus utilisé. Le bromure de méthyle est l'insecticide principal utilisé dans la lutte contre les insectes après récolte des dattes en Tunisie et dans plusieurs autres pays [88].

Cependant, ce pesticide est néfaste pour la couche d'ozone et il doit être éliminé progressivement [88].

Récemment, les recherches se sont concentrées sur l'utilisation des huiles essentielles végétales et de leurs constituants bioactifs comme alternatives possibles au bromure de méthyle [88].

➤ **But :**

L'étude porte sur la composition chimique de l'HE de PL et pour la première fois sur l'étude de l'activité insecticide « fumigant toxicity » de cette huile contre deux insectes ravageurs papillons des dattes: la caroube *Ectomyelois ceratoniae* Zeller de la farine et *Ephestia kuehniella* Zeller, et cela en étudiant l'influence de l'HE sur le taux de copulation, la longévité, la fécondité et le taux d'éclosion pour les deux insectes [88].

➤ **Matériel végétal :**

Les feuilles de PL ont été récoltées à la floraison à Siliana (Nord-Ouest, Tunisie) en mai 2008. Elles ont été séchées à l'air à température ambiante (20-25 °C) pendant une semaine, puis stockées dans des sacs en tissu [88].

➤ **Extraction :**

L'huile essentielle a été extraite des feuilles (100 g de matière sèche) soumis à une hydrodistillation pendant 90 min en utilisant un Clevenger- modifié. Du sulfate de sodium anhydre a été utilisé pour éliminer l'eau après l'extraction. L'huile extraite a ensuite été stockée à 4 °C [88].

➤ **Analyse :**

L'huile essentielle a été analysée par chromatographie en phase gazeuse (GC) en utilisant un chromatographe en phase gazeuse Hewlett-Packard 6890 (Agilent Technologies, Palo Alto, Californie, USA) équipé d'un détecteur à d'une ionisation de flamme (FID) et un injecteur de contrôle de pression électronique (EPC). Une colonne polaire HP-Innowax (PEG) (film 30 m 0,25 mm, 0,25 mm épaisseur) et une colonne apolaire HP-5 (30 m 0,25 mm revêtue avec 5% de phénylméthylsilicone et 95% de diméthylpolysiloxane, 0,25 mm d'épaisseur de film) d'Agilent ont été utilisés. Débit de gaz vecteur (N₂) était de 1,6 ml / min et le rapport de division 60: 1 [88].

➤ **Résultats :**

Les résultats ont montré que l'HE de PL est composée principalement de : terpinène-4-ol (23,32%), de l'a-terpinéol (7,12%) et du b-caryophyllène (22,62%). Les tests de toxicité des fumigants ont montré que l'huile de *P. lentiscus* était plus toxique pour *E. kuehniella* (CL50 $\frac{1}{4}$ 1,84 ml / l, CL95 $\frac{1}{4}$ 5,14 ml / l) que *E. ceratoniae* (CL50 $\frac{1}{4}$ 3,29 ml / l, CL95 $\frac{1}{4}$ 14,24 ml / l). La fécondité et le taux d'éclosion des deux insectes a diminué avec l'augmentation de la concentration ou du temps d'exposition à l'huile. À 136 ml / l d'air, les fécondités et les taux d'éclosion étaient respectivement de 35 œufs / femelle et 42,86% pour *E. ceratoniae* et 78 œufs / femelle et 29,49% pour *E. kuehniella* [88].

Les résultats des essais biologiques LT50 ont de nouveau montré que la teigne de la farine méditerranéenne est plus sensible à l'huile essentielle que la teigne de la caroube. Les valeurs de LT50 pour *E. kuehniella* variaient de 37,4 h pour la dose la plus faible (23 μ l / l d'air) à 13,3 h pour le plus haut (68 μ l / l d'air), alors que pour les valeurs de *E. ceratoniae* LT50 variaient de 75,3 à 34,3 h pour la plus faible et les doses les plus élevées respectivement [88].

Ces résultats ont clairement démontré la toxicité fumigante contre les adultes des deux principaux ravageurs des dattes stockées, ainsi que la réduction du taux de copulation, de la longévité, de la fécondité et le taux des éclosions, fournissant des données pour encourager l'utilisation de PL comme alternative au fumigant à bromure de méthyle. Pour le futur, il est très important d'étudier l'effet de l'HE PL à des doses, sur la qualité des dattes, et étudier l'activité de chaque molécule de l'HE [88].

III.2 Composition en huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. et *Myrtus communis* L.: Evaluation de la capacité antioxydant des extraits méthanoliques [87]:

➤ **Problématique :**

Des chercheurs ont reporté la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de PL de diverses origines. Cependant, peu d'entre eux ont étudié les propriétés antioxydants de l'extrait végétal méthanolique par dosage DPPH et FRAP, ainsi que le contenu en composés phénoliques totaux estimé par l'essai de Folin-Ciocalteu [87].

➤ **But :**

Trouver la période de récolte propice pour un grand rendement en principes actifs de l'HE et la relation entre la concentration des composés phénoliques et l'activité antioxydant

des extraits, en étudiant les extraits méthanoliques : cette étude est basée sur l'activité antioxydant (dosages par DPPH et FRAP) et le contenu phénolique total (test de Folin-Ciocalteu) pour différentes périodes [87].

➤ **Matière végétale :**

Les plantes fraîchement coupées ont été séchées dans un endroit sec et ombragé à température ambiante pendant un mois, emballé dans des sacs en papier sous N₂ et stocké à température ambiante [87].

➤ **Extraction :**

Les extraits méthanoliques ont été obtenus comme suit: 30 ml de du méthanol aqueux (70:30 v / v) contenant de l'hydroxytoluène butylé HTB (1 g / l) ont été ajouté à 0,5 g de matière végétale dans un ballon à fond rond de 50 ml. Ensuite, 10 ml de HCl 6M ont été ajoutés avec précaution et le mélange a été agité en ultrason pendant 15 min. Après, on a fait barboter le mélange pendant 40 à 60 s avec du N₂ à reflux dans un bain-marie à 90 °C pendant 2 h. Après refroidissement à l'obscurité, on a filtré et complété à 100 ml avec du méthanol. La solution finale a été utilisée pour la détermination de l'activité antioxydant et le contenu en phénols totaux [87].

Les huiles essentielles ont été obtenues comme suit: 30 g des feuilles de chaque espèce ont été soumises à une hydrodistillation en Clevenger pendant 3 h avec 300 ml d'eau désionisée. Les huiles essentielles résultantes ont été séchées sur une solution de sulfate anhydre. Après filtration, elles ont été stockées à 4 °C [87].

➤ **Analyse :**

L'analyse GC-MS des huiles essentielles a été réalisée en utilisant un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse quadripolaire. L'hélium a été utilisé comme gaz vecteur à un débit de 1,0 ml / min. la séparation des composés a été réalisée sur un CP-Sil 8. Les échantillons dilués de 1 µl (1/100 dichlorométhane, v / v) ont été injectés manuellement en mode split. La température du four a été programmée de 40 à 250 °C à un débit de 4 C / min et maintenu à 250 °C pendant 5 min. Les températures de l'injecteur, la source d'ions et l'interface ont été fixées à 230, 200 et 270 °C, respectivement. Le spectromètre de masse fonctionnait en mode impact électronique avec l'énergie électronique réglée à 70 eV et une plage de balayage de 30 à 400 m / z [87].

➤ **Résultats :**

Bien que le rendement en HE des feuilles soit similaire à celui de la littérature, il ne varie pas selon la saison comme il a été trouvé par Zrira et al. (2003). Tandis que la variation

saisonnaire a été observée dans la composition chimique. Cinquante-sept constituants, représentant 89,6%, 92,8% et 97,5% de l'huile essentielle totale de PL de février, mai et août respectivement, ont été identifiés [87].

L'HE est caractérisé par un pourcentage élevé d'hydrocarbures monoterpéniques (45–68,3%), suivis de monoterpènes oxygénés (13,3–23,1%) et sesquiterpènes (9,2–28,1%). En Mai en période de floraison, on note une concentration plus élevée d'hydrocarbures monoterpéniques (68,3%), et la plus faible concentration de monoterpènes oxygénés (13,3%) et de sesquiterpènes (9,2%). Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres auteurs. Cette variation saisonnière est due au changement tout au long du cycle végétatif de la plante avec un environnement doux pendant le printemps. C'est le contraire pendant la période de fructification (Août). Il y a plus de sesquiterpènes que des monoterpènes. Les différences de volatilité entre ces deux catégories de composés chimiques ainsi que les températures élevées qui prévalent pendant l'été pourraient expliquer cette fluctuation de leur concentration [87].

Les composés majoritaires de l'huile essentielle de PL sont : α -pinène (9,4–24,9%) et le limonène (9,0–17,8%), tandis que germacrène D (2,7–13,5%), terpinen-4-ol (6,8–10,6%), p-cymène (0,5–7,5%), β -pinène (2,0–6,9%), sabinène (1,0– 6,7%), γ -terpinène (3,1–3,6%) et α -terpinéol (2,5–4,0%) sont également présents à des pourcentages relativement élevés. Le pourcentage individuel de la plupart des constituants présents change selon la saison de récolte. Les deux principaux constituants, ainsi que β -pinène, sont en quantités élevées pendant Mai (stade de floraison), tandis que p-cymène, α -terpinolène et le γ -terpinène sont importants en février (avant la floraison). Leurs pourcentages diminuent à mesure que la floraison s'approche. Cela peut être attribué à la biosynthèse d'autres composés, en particulier ceux oxygénés, car le p-cymène est le principal précurseur de ces composés. La quantité de germacrène D est multipliée par quatre en août et dans cette même période le sabinène et le α -terpinéol sont également en quantités élevées [87].

Le profil chimique de cette huile essentielle diffère de celles d'autres régions et il ya des différences dans les pourcentages des constituants. Par exemple, l'espèce égyptienne est caractérisée par δ -3-carène, β -bisabolène et β -bourbonène, tandis que celle de la sardaigne italienne a le β -pinène, β -caryophyllène et β -phellandrène comme composés majoritaires. Le α -pinène, le γ -terpinène et le terpinen-4-ol sont les principaux constituants présents dans l'HE de Tunisie [87].

Dans tous les cas, les différences sont directement liées à la situation géographique, tandis que la variation en composition chimique de l'HE pourrait être expliquée par l'existence des chémotypes [87].

III.3 Variation chimique intraspécifique de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. de Corse [86] :

➤ **But :**

En Corse, PL est largement réparti sur tout le littoral. L'objectif était de déterminer les différentes compositions chimiques des huiles de feuille de PL ainsi que leurs abondances relatives [86].

➤ **Extraction :**

Environ 500 g de feuilles et des brindilles de 105 plantes individuelles ont été collectées à partir de nombreuses parties du même arbuste tous autour de l'île au temps sec. Des feuilles et des brindilles fraîches de plantes individuelles de PL ont été hydrodistillées sur un appareil de type Clevenger pendant 3 h. Les rendements en huile essentielle, variait de 0,05 à 0,1% Cent cinq échantillons d'huile essentielle obtenus à partir de parties aériennes des plantes individuelles de PL ont été analysés par spectroscopie RMN 13C et CG [86].

➤ **Résultats :**

L'huile de feuilles de PL de Corse contient principalement des terpinen-4-ol / α -pinène. Sabinene, p-cymène et γ -terpinène, β -pinène, limonène nd, α -phellandrene sont aussi abondants [86].

III.4 Activités gastro-protectrices, thérapeutiques et anti-inflammatoires de l'huile de *Pistacia lentiscus* L. contre les ulcères gastriques induits par l'éthanol chez le rat [89] :

➤ **But :**

Étudier l'activité anti-ulcérogène de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* (HVPL) sur les ulcères gastriques induits par l'éthanol chez le rat Wistar. Le HVPL a été administré par voie orale à deux groupes expérimentaux de rats avant ou après ulcère gastrique induit par l'éthanol [89].

➤ **Extraction :**

Les fruits de PL ont été récoltés dans la région de Jijel en décembre 2016. Les fruits de PL ont été séchés à l'ombre pour une extraction traditionnelle: Les fruits ont été broyés en une pâte puis mixée pendant 30 min. la pate a été ensuite étalée sur des disques en fibre puis pressée pour produire de l'huile végétale vierge de *Pistacia lentiscus* (HVPL) [89].

➤ **Analyse :**

La détermination de la composition de la chaîne grasse du HVPL a été réalisée en deux étapes: (i) une réaction de trans-méthylation des glycérides suivi de (ii) analyse GC / MS (chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse) des esters méthyliques.

-Composition chimique de l'huile végétale : La classe prédominante d'acides gras (AG) dans l'HVPL était représentée par les polyinsaturé (70,1%), suivi des saturés (28,6%). Le principal AG était l'acide oléique (C18: 1) (30,7%). L'acide linoléique (C18: 2) l'acide palmitique (C16: 0) représentent respectivement 26,1% et 24,5% de l'ensemble de l'AG. Enfin, une trace de l'acide linoléique a été détectée. Il est à noter que l'HVPL contient de faibles quantités de certains composants caractéristiques de l'huile essentielle : monoterpènes et sesquiterpènes tels que l' α -pinène, le β -caryophyllène, le myrcène, le β -pinène, l' α -phellandrène, et δ -cadinène [89].

III.5 Une approche de profilage des métabolites permettant l'identification de nouveaux composés à partir de feuilles de Pistacia lentiscus [2] :

➤ **But :**

Optimisation de méthode de caractérisation des extraits méthanoliques des feuilles de lentisque ; il s'agit de la chromatographie liquide à haute performance CLHP couplée à la spectrométrie de masse SM en tandem quadripôle-temps de vol TQTV, à ionisation par électronébuliseur [2].

➤ **Matière végétale :**

Les feuilles de PL ont été récoltées en avril 2009, en Aboudaou, Bajaia, Algérie. Les feuilles ont été séchées à l'ombre à température ambiante. Après séchage, le matériel végétal a été broyé en une poudre fine (diamètre <250 m) à l'aide d'un moulin électrique. 4 g de cette poudre était extraite de manière exhaustive par macération avec 50 ml de méthanol, à température ambiante pendant 24 h. La solution était filtrée et concentré à sec sous pression réduite dans un évaporateur rotatif (40 °C). Enfin, l'échantillon a été conservé à -20 °C, pour éviter toute dégradation possible de l'extrait de PL [2].

➤ **Analyse :**

Le système CLHP a été couplé à microTQTV, équipé d'une interface à électronébuliseur fonctionnant en mode ionisation négative, en considérant une tension

capillaire de +4000 V; température du gaz sec, 210 °C; à un débit de 8,0 l / min; pression du nébuliseur, 2,0 bar; et fréquence spectrale 1 Hz. Le débit délivré dans le détecteur SM à partir de CLHP a été divisé en utilisant un séparateur de débit 0,5 pour une ionisation stable et reproductible [2].

Les données des masses des ions moléculaires était contrôlé par un logiciel, offrant une liste de formules élémentaires possibles [2].

➤ **Résultats :**

Une méthode fiable HPLC-SM-TQTV a été développée et validée pour caractériser les extraits méthanoliques des feuilles de lentisque. Cette méthode est d'une importance particulière en raison de la diversité des composés phytochimiques dans les plantes. Cette méthode a permis l'identification provisoire de 46 composés sur la base de leurs spectres chromatographiques, SM en mode d'ionisation négative et des données de la littérature. Les composés identifiés ont été classés en quatre groupes: flavonoïdes, les dérivés de l'acide hydroxycinnamique, les dérivés de l'acide phénolique et autres composés polaires. Vingt de ces composés sont provisoirement identifié dans les feuilles de *P. lentiscus* pour la première fois [2].

III.6 Composition des huiles essentielles dans les populations naturelles de *Pistacia lentiscus* L. de Tunisie: effet des facteurs écologiques et influence sur les activités antioxydantes et antiacétylcholinestérases [90] :

➤ **But :**

Analyser l'huile essentielle des feuilles de quatorze populations tunisiennes de *Pistacia lentiscus*, et étudier l'influence écologique sur l'activité antioxydant et anti-acétylcholinestrase [90].

➤ **Matière végétale :**

Quatorze populations appartenant à différentes zones géographiques et bioclimatiques ont été considérées. Dix plantes femelles au stade de la fructification ont été échantillonnées au hasard dans chaque population. Les feuilles de chaque plante ont été séchées à l'air à température ambiante pendant deux semaines [90].

➤ **Facteurs :**

Pour évaluer l'effet des facteurs écologiques sur la composition en huiles essentielles, des indices bioclimatiques ont été calculé: les précipitations annuelles, le quotient pluviothermique d'Emberger, les précipitations estivales des trois mois consécutifs les plus

chauds de l'année, la somme des dixièmes des températures moyennes mensuelles des trois mois consécutifs les plus chauds de l'année, l'indice de stress sécheresse estivale, l'indice de stress hivernal et l'évapotranspiration potentielle. Pour chaque site, l'altitude était également indiquée [90].

➤ **Extraction :**

Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger pendant 3 h à partir de 100 g de feuilles broyées. Les huiles essentielles obtenues ont été stockées à 4 ° C jusqu'à leur utilisation [90].

➤ **Analyse CG/SM:**

Les analyses CG-SM ont été réalisées avec un chromatographe en phase gazeuse équipé d'une colonne capillaire HP-5MS. Les composants des huiles essentielles ont été identifiés par comparaison de leurs temps de rétention avec ceux des étalons authentiques, et également par comparaison de leurs indices de rétention avec ceux de la littérature. Les indices de rétention ont été calculés selon une série de n-alcanes (C9-C24) [90].

-L'activité antioxydant : L'activité antioxydant in vitro de l'huile essentielle de *P. lentiscus* a été étudiée par quatre méthodes différentes, le test de piégeage du radical libre DPPH, le test de la réduction du fer, le test de blanchiment de β -carotène et le test du chélation du fer ferreux. Les protocoles adoptés sont ceux de Messaoud et al. [91].

• Test de piégeage du radical libre DPPH:

L'activité de piégeage des radicaux libres des huiles essentielles a été réalisée. 50 l d'huile essentielle diluée dans du méthanol ont été ajoutés à 950 l de solution méthanolique de DPPH (60 M, fraîchement préparée). Le mélange a été agité à vortex et maintenu à température ambiante pendant 30 min dans l'obscurité, puis l'absorbance a été mesurée à 517 nm par rapport au blanc correspondant. Un mélange constitué de 50 l de méthanol et de 950 l de solution de DPPH a été utilisé comme témoin. Chaque détermination a été effectuée en triple, et les résultats de l'activité de piégeage des radicaux ont été exprimés en microgramme d'équivalent Trolox par gramme d'huile essentielle ($\mu\text{g ET/g HE}$) [90].

• Test de la réduction du fer (FRAP en anglais) :

Le réactif du fer frais a été préparé en mélangeant la solution TPTZ (10 mM TPTZ dans 40 mM HCl), une solution ferrique (20 mM, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) et un tampon acétate (300 mM, pH 3,6) dans les proportions 1: 1: 10 (v/v). La réaction a ensuite été réalisée en mélangeant 900 l de solution de FRAP avec 90 l d'eau distillée et 30 l des échantillons dilués. Le mélange a été incubé à 37 °C pendant 30 min. L'absorbance à 593 nm a été déterminée avec l'eau distillée comme blanc. Le pouvoir réducteur ferrique a été déterminé à

partir de la courbe d'étalonnage tracée à partir de différentes concentrations de solution de sulfate de fer ($\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Toutes les analyses ont été effectuées en triple et les résultats ont été exprimés en mmol Fe^{2+} par gramme d'huile essentielle ($\text{mmol Fe}^{2+}/\text{g HE}$) [90].

- Test du chélation du fer ferreux:

Différentes concentrations de 500 l de chaque échantillon ont été ajoutées à 500 l de solution FeSO_4 (0,125 mM). Au bout de 5 min, la réaction a été initiée en ajoutant 500 l de solution de ferrozine (0,3125 mM). L'absorbance à 562 nm a été enregistrée après incubation pendant 10 min à température ambiante. Toutes les expériences ont été réalisées en triple et les résultats ont été exprimés en CI50 (la concentration efficace correspondant à 50% de chélation du fer ferreux). L'EDTA a été utilisé comme témoin [90].

- Test de blanchiment de β -carotène:

L'inhibition du blanchiment au β -carotène par les. Tous les tests ont été effectués en triple et les résultats ont été exprimés par la concentration fournissant 50% d'inhibition du blanchiment de carotène (IC50). Le BHT a été utilisé comme contrôle positif [90].

- Test d'inhibition de l'acétylcholinestérase:

L'activité antiacétylcholinestérase a été déterminée comme suit : 355 l de tampon Tris-HCl (50 mM, pH 8; contenant 0,1% d'albumine sérique bovine), 20 l d'huile essentielle (à différentes concentrations) et 25 l de la solution enzymatique (AChE, 0,28 U / ml) ont été incubées pendant 15 min. Par la suite, 100 l de solution d'AChI (0,15 mM) et 500 l de DTNB (0,3 mM) ont été ajoutés. Le mélange final a été incubé pendant 30 minutes supplémentaires à 37 ° C. L'absorbance du mélange a été mesurée à 405 nm. Un mélange de contrôle a été réalisé sans addition d'extrait. Toutes les expériences ont été effectuées en triple. L'activité antiacétylcholinestérasique a été calculée à l'aide de l'équation suivante: inhibition de l'AChE (%) = $100 \times (\text{Ac} - \text{As}) / \text{Ac}$; où, Ac et As sont respectivement l'absorbance du contrôle et de l'échantillon. Tous les tests ont été effectués en triple et les résultats ont été exprimés en CI50 (concentration fournissant 50% d'inhibition de l'AChE) obtenue en traçant la concentration en huile essentielle de concentration d'huile en fonction du pourcentage d'inhibition. Le donépézil a été utilisé comme contrôle [90].

➤ Résultats :

Composition : Quarante 40 composés, représentant 93,7 à 97,8% de l'huile essentielle, ont été identifiés. L'huile essentielle est caractérisée par sa richesse en hydrocarbures monoterpéniques (41,9%) et en hydrocarbures sesquiterpéniques (40%). Les fractions volatiles mineures sont représentées par les monoterpènes oxygénés (7,7%) et sesquiterpènes (5,7%). Les principaux composants de l'huile essentielle sont le α -pinène (9,9%), le limonène

(8,5%), le terpinène-4-ol (5,10%), β -caryophyllène (8,2%), germacrène D (11,9%) et δ -cadinène (8,5%). Ces résultats ne sont pas en accord avec ceux réalisés sur l'huile essentielle de *P. lentiscus* tunisienne. Douissa ET AL. (2005) ont rapporté que -pinène (17%), γ -terpinène (9%) et terpinen-4-ol (12%) sont les principaux composés de *P. lentiscus* collectés dans la région de Zaghouan (bioclimat semi-aride supérieur). De plus, l'échantillon récolté à Siliana (bioclimat semi-aride inférieur) s'est avéré riche en monoterpènes oxygénés suivis de sesquiterpènes parmi lesquels le terpinène-4-ol, le β -caryophyllène et le α -terpinéol sont les principaux composés [90]

Selon les auteurs, L'écart entre ces résultats et ceux rapportés précédemment pourrait être principalement lié aux méthodes d'échantillonnage et à la taille de l'échantillon analysé. Dans ce travail, les teneurs en composés au niveau des espèces présentent des moyennes calculées sur 140 femelles appartenant à 14 populations. Les autres études ont été réalisées sur des plantes prélevées dans une population sans indication sur le sexe de la plante. De plus, les facteurs écologiques et génétiques et la période de récolte peuvent également jouer un grand rôle dans la variation de la composition des huiles essentielles [90].

La composition en huile essentielle de *P. lentiscus* a été déterminée en fonction de l'origine du matériel végétal dans la région méditerranéenne. L'huile essentielle de *P. lentiscus* collectée en Espagne était principalement composée d'hydrocarbures sesquiterpéniques, le germa-crène D, le β -caryophyllène et le δ -cadinène étant les principaux composés. L'espèce collectée en Corse était majoritairement constituée de limonène. Les principaux composés de l'huile de *P. lentiscus*, collectés dans différentes provenances en Italie, étaient le α -pinène, le terpinen-4-ol et le p-cymène. Les hydrocarbures monoterpéniques, principalement le -pinène, le myrcène ou le limonène, se sont avérés être la fraction terpénique abondante du *P. lentiscus* collectés en Algérie. Le limonène, α -pinène, α -terpinéol, β -caryophyllène, δ -cadinène et β -myrcène sont les principaux composés de *P. lentiscus* originaires de différentes régions au Maroc [90].

❖ Variation de la composition en huile essentielle dans une population :

Une variation significative, principalement dans les principaux composés (pourcentages supérieurs à 5%), a également été détectée entre les trois zones bioclimatiques. Les populations issues du bioclimat semi-aride supérieur se distinguaient par leur abondance en monoterpènes (60%) en particulier en hydrocarbures (50,1%), le α -pinène étant le constituant principal (12,4%). Les pourcentages élevés de germa-crène D (13,6–14,7%) et de -cadinène (9,5–10,6) dans les échantillons prélevés dans les bioclimats subhumides et inférieurs humides expliquent leur richesse en hydrocarbures sesquiterpéniques (46,3–48,2%)

par comparaison avec ceux recueillis dans le semi-aride supérieure (32,5%). De plus, les populations de la zone semi-aride supérieure étaient caractérisées par le pourcentage le plus bas de sesquiterpènes oxygénés (4,2%) et le pourcentage le plus élevé de monoterpènes oxygénés (8,9%), le terpinen-4-ol étant le principal composé (6,0%) [90].

La variation de la composition des huiles essentielles entre les populations de *P. lentiscus* récoltées dans différentes zones a également été observée en Corse, en Sardaigne, en Algérie et au Maroc. La variation chimique entre les échantillons se produit principalement en fonction de leur appartenance géographique. Cependant, une variation considérable entre les échantillons prélevés dans la même zone a également été détectée [90].

❖ Différenciation chimique entre les populations et effet des facteurs écologiques :

Sept populations appartenant au bioclimat semi-aride supérieur sont riches en hydrocarbures monoterpéniques et en hydrocarbures oxygénés, en particulier α -pinène, sabinène, β -pinène, β -myrcène, limonène, γ -terpinène et terpinène-4-ol. Les échantillons prélevés dans les bioclimats des basses et subhumides sont riches principalement en germacrène D, δ -cadinène, δ -cadinol et α -cadinol [90].

Cependant, on sait peu de choses sur la relation entre les facteurs environnementaux et la composition en huile essentielle de *P. lentiscus*. La seule étude rapportant l'influence de l'altitude sur la variation de la composition en huile essentielle de *P. lentiscus* a été rapportée par Said et al. (2011) sur des échantillons prélevés en Algérie. Ces résultats sont en accord avec ce dernier travail principalement pour la relation entre l'altitude et la teneur en hydrocarbures monoterpéniques et sesquiterpéniques [90].

L'altitude est généralement associé à la variation d'un ensemble de facteurs environnementaux, tels que la température de l'air, les précipitations d'eau, l'exposition au vent, l'intensité de la lumière du soleil, les rayons UV et l'humidité de l'air. Les conditions climatiques aux hauteurs, principalement les températures moyennes basses et la forte intensité lumineuse, exercent une influence sur les plantes pour modifier leur morphologie, leur physiologie et leur productivité afin de se défendre et s'adapter aux conditions sévères. Dans de telles conditions, le carbone photo-synthétique est alloué à la biosynthèse des terpènes plutôt qu'à la croissance, et par conséquent la production de terpènes augmente [90].

La variation chimique pourrait également être due au type de sol pour la même population. Les macroéléments et / ou microéléments du sol sont considérés comme les facteurs les plus édaphiques influençant la biosynthèse des huiles essentielles. L'implication d'ions métalliques, tels que Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} et K^+ , dans les voies de monoterpène et de sesquiterpénosynthèse a été prouvée dans de nombreuses plantes aromatiques - β -farnesène

synthasean et germa-crène D synthase, conduisant à la biosynthèse de plusieurs hydrocarbures sesquiterpéniques, principalement δ -cadinène, germacrèneD et bicyclogermacrène, sont généralement favorisés avec Mg^{2+} comme cofacteur. Dans cette étude, les teneurs les plus élevées en composés sesquiterpènes ont été révélées dans presque toutes les populations collectées dans les zones subhumides et basses humides caractérisées par des sols fertiles. Des analyses complémentaires sur les caractéristiques du sol (c'est-à-dire le pH, la texture, la structure et la quantité de matière organique) sont nécessaires pour mieux expliquer ces résultats [90].

❖ **Activité antioxydante :**

L'activité antioxydante des huiles essentielles de *P. lentiscus*, évaluée par l'activité de piégeage des radical libre (DPPH), le test de blanchiment du γ -carotène, l'effet chélateur des ions ferreux et le pouvoir réducteur ferrique, variait considérablement d'une population à l'autre. L'huile essentielle de Morneg a montré les activités antiradicalaires les plus élevées (993,4 g ET/g HE) et réductrices (13,8 mmol Fe^{2+} / g HE). Les échantillons prélevés à Bizerte présentaient la valeur CI50 la plus efficace (557,3 g / ml). Pour l'inhibition du blanchiment au β -carotène, alors que l'activité observée était inférieure à celle déterminée par le BHT.

L'huile essentielle de Chougui présentait l'activité de chélation des ions ferreux la plus importante (IC50 = 130,6 g / ml). Cependant, cette huile essentielle était significativement moins active que l'EDTA à contrôle positif. Peu d'études ont été menées sur l'activité antioxydant des huiles essentielles extraites des espèces de *Pistacia*. Barra et coll. (2007) ont signalé une faible capacité antiradicalaire des huiles essentielles de *P. lentiscus* provenant de différentes origines et périodes de récolte [90].

Dans cette étude, l'activité antioxydant est liée à la composition en huile essentielle. Les composés contribuant le plus à la variation des activités antioxydants entre les populations étaient le p-cymène, le γ -gurjunène et le γ -muurolène pour le dosage DPPH. le limonène, le β -bisabolène, le δ -cadinène, le α -cadinol et la quantité d'esquiterpènes oxygénés pour le test de blanchiment β -carotène. Et le sabinène, le cadina-1,4-diène, le α -muurolol et le α -cadinol pour la capacité de chélation du fer. Néanmoins, l'absence d'une telle corrélation entre les pourcentages d'autres composés et l'activité antioxydant n'élimine pas leurs pouvoirs antioxydants déjà prouvés. Par conséquent, l'activité antioxydant est liée aux interactions entre les composés majoritaires et minoritaires, conduisant à des réponses synergiques et antagonistes [90].

❖ **Activité acétylcholinestérase :**

Les huiles essentielles de *P. lentiscus* ont également été testées pour leur capacité en tant qu'inhibiteurs de l'acétylcholinestérase. Tous les échantillons ont présenté un effet inhibiteur considérable contre l'enzyme. L'inhibition la plus faible a été observée par l'huile essentielle de Zaghouan (IC₅₀ = 483,7 g / ml), tandis que l'extrait inhibiteur le plus efficace était l'huile essentielle extraite des espèces récoltées de Oueslatia (IC₅₀ = 55,3 g / ml). Néanmoins, l'activité inhibitrice était inférieure à celle du donépézil (IC₅₀ = 18 g / ml), un inhibiteur spécifique de l'acétylcholinestérase, utilisé comme contrôle positif.

L'activité antiacétylcholinestérase substantielle observée des huiles essentielles pourrait être expliquée par leur richesse en monoterpènes. Ces composés peuvent agir comme des inhibiteurs compétitifs ou non compétitifs en raison de leur hydrophobicité et de leur capacité à interagir avec le site hydrophobe de cette enzyme. Le limonène, le α -pinène et le β -caryophyllène, parmi les principaux constituants de l'huile essentielle de *P. lentiscus*, se sont avérés posséder des activités prometteuses contre l'acétylcholinestérase lors de tests individuels [90].

Cependant, l'activité antiacétylcholinestérase de toute l'huile essentielle dépend des interactions antagonistes et synergiques des composés majoritaires et minoritaires. La preuve de telles interactions est mise en évidence dans ces résultats, car la variation antiacétylcholinestérase observée entre les huiles de *P. lentiscus* pourrait être attribuée à leurs différences de composition principalement à la teneur en β -myrcène, 2-undécanone, α -copène, α -muurolène [90].

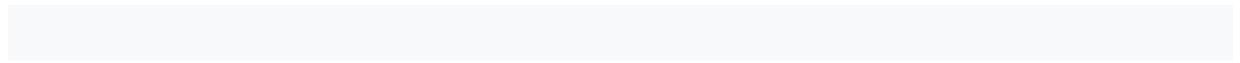
Conclusion :

Dans ce chapitre une revue de la littérature était consacrée à *Pistacia lentiscus*. Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation en utilisant le dispositif de Clevenger. Généralement, la période d'extraction est entre 90 m à 3 h. L'HE est séché par des sels comme le sulfate anhydre avant le stockage à 4 °C.

L'huile essentielle de LP contient des hydrocarbures monoterpéniques, hydrocarbures sesquiterpéniques, les monoterpènes oxygénés. Les principaux composés sont α -pinène, le limonène, le terpinène-4-ol, β -caryophyllène, germacrène D et δ -cadinène. La présence et la teneur de chaque constituant dépend de la saison, la géographie, les facteurs bioclimatiques, le sol et l'individu mal ou femelle.

Les articles étudiés ont montré quelques activités liées à lentisque. La toxicité fumigante de l'HE encourage son utilisation en cas de lutte contre les ravageurs des fruits. En

plus, des études ont montré l'activité anti-acétylcholinestérase. Les travaux mentionnés dans la synthèse bibliographique ont montré l'activité antioxydante de l'HE, grâce aux tests tels que le test de piégeage du radical libre DPPH, le test de la réduction du fer, le test de blanchiment de β -carotène et le test du chélation du fer ferreux.



Conclusion Générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à une plante terrestre, présentant une véritable banque de molécules bioactives à intérêt thérapeutiques, en l'occurrence *Pistacia lentiscus* connu par le nom de lentisque. Les objectifs de ce mémoire sont classés comme suit:

- 1- Un aperçu sur les huiles essentielles : définition, répartition, extraction, activité biologique, classification, composition, mode d'actionetc.
- 2- Prestation de la plante de lentisque.
- 3- Une synthèse bibliographique comportant des travaux sur lentisque jusqu'à 2020, dans laquelle le focus était sur les protocoles expérimentaux adoptés dans l'extraction, l'identification et les activités/tests liés à lentisque.

Pistacia lentiscus L. (Anacardiaceae) (PL) est un arbuste très abondant en méditerranée, connu depuis longtemps par ses bienfaits thérapeutiques. Par exemple, il était utilisé en cas de troubles respiratoires, gastro-intestinaux, artérielles et pour de divers problèmes cutanés [87].

L'huile essentielle de lentisque est généralement obtenue par hydrodistillation par Clevenger. Après un séchage, elle est parfaitement stockée au froid.

Il ressort des données de la littérature présentée dans ce mémoire que, plusieurs techniques ont été utilisées pour l'identification des composés chimiques présents dans l'huile essentielle ou les extraits. De nouvelles techniques novatrices sont actuellement utilisées qui résultent du couplage de plusieurs techniques, par exemple la chromatographie liquide à haute performance CLHP couplée à la spectrométrie de masse SM en tandem quadripôle-temps de vol TQTV, à ionisation par électronébuliseur. Comme dans toutes les huiles essentielles, il ya des composés majoritaires et autres en minorité. En général, la composition chimique est caractérisée par la présence en pourcentage élevé d'hydrocarbures monoterpéniques, monoterpènes oxygénés et sesquiterpènes. Dans l'huile essentielle de PL on trouve : α -pinène, limonène, germacrène D terpinen-4-ol, pcyène, β -pinène, sabinène, γ -terpinène, α -terpinéol ... etc. Le pourcentage de chaque constituant change selon plusieurs facteurs. La saison de

récolte influence la présence ou non de certains précurseurs responsables de la biosynthèse de certaines classes de molécules. En période de floraison, il ya une concentration élevée d'hydrocarbures monoterpéniques, et une faible concentration de monoterpènes oxygénés de sesquiterpènes. Un autre facteur influençant la teneur de chaque constituant est la situation géographique. Pour la même saison, l'altitude et le sol modifient la concertation des composés. Notons que pour la même population et les mêmes conditions géographiques et la même saison, il existe une variation individuelle due au sexe de la plante mal ou femelle.

La plante de lentisque est très intéressante vue ses propriétés biologiques. D'après les travaux mentionnés dans le mémoire, l'HE de PL peut être utilisée comme alternatif aux pesticides à bromure de méthyle. Cette huile a une activité anti-acétylcholinestérase intéressante.

L'activité antioxydante de l'huile essentielle de *P. lentiscus* a été confirmée dans plusieurs études, en se basant sur plusieurs tests : le test de piégeage du radical libre DPPH, le test de la réduction du fer, le test de blanchiment de β -carotène et le test du chélation du fer ferreux.

En fin et en préparant cette revue de la littérature, on a confirmé que le lentisque est une plante qui mérite une attention et un intérêt, ce qui nous a donner l'appétit pour poursuivre les recherches sur cette plante.

Références
Références
Bibliographiques
Bibliographiques

REFERENCES BIBIOGRAPHIQUES

- [1] **Hasheminya S-M., Dehghannya J.**, Composition, phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of Pistacia atlantica subsp. kurdica hulls' essential oil. Food Bioscience , 34, 100510,1-7, 2020.
- [2] **C. Rodríguez-Pérez,a,b, R. Quirantes-Pinéa,b, N. Amessis-Ouchemoukhc, K. Madanic, A. Segura-Carretero,a,b, A., Fernández-Gutierrez.A** , Metabolite-profiling approach allows the identification of new compounds from Pistacia Lentiscus leaves. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 77, 167– 174, 2013.
- [3] **Beloued A.**, «Plantes médicinales d'Algérie », OPU, Alger.1998.
- [4] **Lafon J-P. , Tharaud prayer C. et Levy G.**, « Biochimie structurale, biologie des plantes cultivées», Tome 1, Lavoisier TEC & DOC, 1998.
- [5] **El Abed D. et Kambouche N.**, « les huiles essentielles », DAR EL GHARB, Oran, 2003.
- [6] **AFNOR**, Recueil de normes : les huiles essentielles. Tome 1, Echantillonnage et méthodes d'analyse, AFNOR, Paris, 440, 2000.
- [7] **AFNOR**, .Recueil de normes Françaises «huiles essentielles», .AFNOR, Paris, 57, 1986.

- [8] **Benayad N.**, les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Université Mohammed V-Agdal.Laboratoire des substances naturelles et thermolyse éclair. Département de chimie. Faculté de sciences de rabat, 61, 2008.
- [9] **Boudjemaa N.E.** et **Ben Guegua H.**, l'effet antibactérien de *Nigella Sativa*. Mémoire de fin d'études. Université Kasdi merbah-Ouargla, 2010.
- [10] **Djossou J.**, Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *xylophia aethiopica dunal* (Annonaceae) pour la protection des stocks de niebe contre *calloso bruchus maculatus fabricius*(coleoptera :bruchidae). Master complémentaire. Faculté des sciences Agronomiques de Gembloux Belgique, 2006.
- [11] **Ferhat M., Kadi I. et lahouaou A.**, recherche de substances bioactives de l'espèce *centaurea microcarpa* COSS et Dur. Le diplôme des études supérieures en biologie (DES).Université Mohamed Boudiaf-M'sila.faculté des sciences et des sciences de l'ingéniorat .Département de biologie, 2009.
- [12] **Faye O., LO M., Gaye O.**, Connaissances et ciruts thérapeutiques relatifs au paludisme en zone rurale sénégalaise.Médecine tropicale , 57 ,161-164,1997.
- [13] **Abbes A.**, Evaluation de l'activité antioxydant des huiles essentielles d'ammoides *verticillata* « noukha » de la région de Tlemcen. Mémoire de fin d'études. Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers. Département d 'Agronomie et des Forets,2014.
- [14] **Gildo P.**, Précis de phytothérapie,Larousse Encyclopedie ME MO,Edition Alpen, 3-4, 2006.

[15] **Seenivasan P.**, In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *Journal of Complementary and Alternative Medicine*, 9,6-39,2006.

[16] **Toure D.**, Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire, Thèse de doctorat. L'Université Félix HOUPHOUËT- BOIGNY. En Biologie Humaine Tropicale, 2015.

[17] **Bruneton J.**, Pharmacognosie-Phytochimie, plantes médicinales, 2^{ème} éd., Tec&Doc- Editions médicales internationales, 1188, Paris,, 2008.

[18] **Kunle O., Okogun J.**, Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extracts *Phytomedicine*, 10, 59-61, 2003.

[19] **Inouye S., S.Abe**, Comparative study of antimicrobial and cytotoxic effects of selected essential oils by gaseous and solution contacts, *International Journal of Aromatherapy*, 13, 33-41, 2003.

[20] **Samate Abdoul D.**, Composition chimique d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone Soudanienne du Burkina faso: Valorisation, these de doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina faso, 2001.

[21] **Bruneton J.**, Pharmacognosie: phytochimie, plantes médicinales. 2^{ème} éd. Tec. Doc, La voisier, Paris, France, 1993.

[22] **Brian M.L.**, The isolation of aromatic materials from plant products, R.J. Reynolds tobacco company, Winston-Salem (USA), 57-148, 1995.

[23] **Roux R.**, Conseil en aromathérapie. 2^{ème} Edition, pro-officia., p.187. Their main components upon *Cryptococcus neoformans*. *Myopathologia*, 128, 151-153, 2008.

[24] **Justin Nzeyumwami K**, caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques :Hyptis Spicigera,Pluchea Ovalis et Laggera Aurita.DEA.université de Lome-Togo, 2004.

[25] **Mueller M.S.,Runyambo N.,Wagner I., Borrmann S., Dietz K ., Heide L**, randomized controlled trial of a traditional preparation of Artemisia annua L.(Annual wormwood) in the treatment of malaria.Tran.R.Soc.Trop.Med.Hyg, 98, 318-321, 2004.

[26]**Sokhna C.,Molez J.F. ,Nadiaye P**, Test in vivo de chimiosensibilité de plasmodium falciparum à la chloroquine au Sénégal :évolution de la résistance et estimation de l'efficacité thérapeutique.Bull.Soc.pathologie exotique ,80(2) ,83-89 , 1997.

[27] **Abadlia M., Chebbour A**, étude des huiles essentielles de la plante mentha piperita et tester leurs effets sur un modèle biologique des infusoires. Mémoire de fin d'études. Université de Constantine 1.Faculté des Science de la Nature et de la Vie. Département de Biologie écologie végétale, 2014.

[28] **Sikkema,J A de Bont et B poolmam**, Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons,Journal of Applied Microbiology.Wiley online library, 63-69,1995.

[29] **Degryse A., Delpla I., Voinier M**, Risque et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ingénieure du Génie Sanitaire, atelier santé environnement, 2008.

[30] **Englebin M**, Essences et huiles essentielles : précaution d'emplois et conseils d'utilisation. Centre de formation en aromathérapie, 2011.

[31] **LAURENT J**, conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier Toulouse III. Faculté des Sciences Pharmaceutiques, 2017.

[32] **Buronzo A-M**, Grand guide des huiles essentielles. Ed. Hachette pratique, 254, 2008.

[33] **Baudoux D**, l'aromathérapie, se soigner par les huiles essentielles. Ed Broché., 1, 2008.

[34] **Pibiri M.C**, Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 161, 2006.

[35] **Alloune R., Liazid A. et Tazerout M**, Etudes comparatives de deux plantes Oléagineuses locales pour la production du biodiesel en Algérie. Revue des Energies Renouvelables SIENR'12 Ghardaïa, 19 – 22, 2012.

[36] **Djerrou Z**, Etude des effets pharmaco-toxicologique de plante médicinales D'Algérie : l'activité cicatrisante et innocuité de l'huile végétale de Pistacia lentiscus L. Thèse De Doctorat en sciences. Université Mentouri, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 156, 2011.

[37] **Maamei-Habibatni Z**, Pistacia lentiscus L.: Evaluation pharmaco-toxicologique. Thèse de Doctorat en sciences. Université de Constantine I, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 138 , 2014.

- [38] **Belfadel F. Z**, Huile de fruits de Pistacia Lentiscus Caractéristiques physicochimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Thèse de magister en chimie organique. Université Mentouri, Faculté des sciences exactes, Constantine, 117,2009.
- [39] **Bensalem G**, l'huile de lentisque (pistacia lentiscus l.) dans L'est algérien : caractéristiques physico-chimiques et composition en acides gras. Mémoire de fin d'études. Université Constantine 1. Institut De La Nutrition, De L'alimentation Et des Technologies Agroalimentaires. Département de Technologies Alimentaires, 2015.
- [40] **Newman D.J., Cragg G.M., & Snader K .M**, The influence of natural products upon drug discovery. Natural product reports, 17(3), 215-234, 2000.
- [41] **Quezel P.S**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8), 1963.
- [42] **Cragg G.M., Newman D.J., & Snader K.M**, Natural products in drug discovery and development. Journal of natural products, 60(1), 52-60,1997.
- [43] **Lemaistre J**, Le Pistachier (Etude Bibliographique). Fruits 14, 57 – 77. 1959.
- [44] **Onay A., & Jeffree C.E**, **Somatic** Embryogenesis in Pistachio (Pistacia Vera L.). In Somatic embryogenesis in woody plants Springer Netherlands, 361-390, 2000.
- [45] **Aït youssef M**, Plantes médicinales de cabylie. Paris, 260-263, 2006.

Références Bibliographiques

- [46] **Boullard B.**, Plantes médicinales du monde: croyances et réalités. De Boeck Secundair, 2001.
- [47] **Djedaia S.**, étude physico-chimique et caractérisation du fruit de la plante lentisque (*pistacia lentiscus* l.). Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba. Faculté des sciences. Département de chimie, 2017.
- [48] **Correia O., & Barradas M.D.**, Ecophysiological differences between male and female plants of *Pistacia lentiscus* L. *Plant Ecology*, 149(2), 131-142, 2000.
- [49] **Benmehdi I.**, Etude écologique de deux espèces caractéristiques des matorrals De la région de Tlemcen le cas de *Pistacia lentiscus* et *Lavandula dentata*. Mém. D'Ing. Ecol. Vég. Univ. Tlemcen, 164 , 2003.
- [50] **Quezel P.**, Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ed. Ibis. Press. Paris, 13-117, 2000.
- [51] **Saadoun S.N.**, Types stomatiques du genre *Pistacia* : *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *Atlantica* et *Pistacia lentiscus* L. Natural Resources Laboratory, Cité des 300 Logements, Bt. F2, No. 183, Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Algérie. Options Méditerranéennes, Série A, N°63, P 371,2002.
- [52] **Al Assmai**, Livre des plantes et des arbres. Imprimerie catholique. Liban, 1908.
- [53] **Denis L. Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M. et Trotin F.**, Plantes médicinales des régions tempérées. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 29(1), 108-109,1982.
- [54] **Veissid J.**, Traité de médecine populaire. Edité par Societe Parisienne d'Edition, 1973.

- [55] **Al Antaki.** , Rappel aux savons billet préliminaire. Dar Al fikr. Le Caire, Egypte, 1952.
- [56] **Battendier J.A,** Flore de l'Algérie, Librairie des Sciences Naturelles de Paris, France, 1910.
- [57] **Ibn Aljazar,** L'estomac ses maladies et ses traitement. Maison d'édition Rachid à Bagdad, 1982.
- [58] **Al-Razi A.B,** Alhaoui de médecine. Imprimerie du conseil de l'arrondissement des connaissances Othoman l'Inde, 1955.
- [59] **Rivera-Nuñez D. et Obōn de Castro C,** La guia d'incafo de las Plantas utiles y venenosas de la peninsula Iberica y baleares (excluidas medicinales). Incafo éd. Madrid, 1257, 1991.
- [60] **Dorvault F.L.M,** L'officine ou répertoire général de pharmacie pratique. 17ème édition, Vigot frères éd, Paris, 2012,1928.
- [61] **Hepper F.N,** Pharao'Flowers. The Botanical Treasures of Tutankhamun, Ed. HSMO, Londres, 80, 1990.
- [62] **Abdel-Rahman A-H-Y., Soad A-M-Y,** Mastic as antioxidant. Journal of the American Oil Chemists Society, 52, 423 , 1975.
- [63] **Magiatis P., Melliou E., Skaltsounis A-L., Chinou I.B., Mitaku S,** Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of Pistacia Lentiscus var.chia. Planta Med, 65, 749-751, 1999.
- [64] **Dedoussis G.V.Z., Kaliora A.C., Psarras S., ChiouA., Mylona A., Papadopoulos N.G., Andrikopoulos N.K,** Antiatherogenic effect of Pistacia Lentiscus via GSH restoration and down regulation of CD36 ARNm Expression. Atherosclerosis, 174, 293-303,2004.

- [65] **Baytop T**, Therapy with medicinal plants in turkey (past and present). Vol. 3255, 1st ed. Istanbul:Publications of the Istanbul university, 305, 1984.
- [66] **Huwez F-U., Al-Habbal M-J**, Mastic in the treatment of benin gastric ulcers. Gastroenterologia Japonica, 21, 273-274,1986.
- [67] **Al-said M-S., Ageel A- M., Parmar N-S., Tarik M**, Evaluation of mastic a crude drug obtained from *Pistacia lentiscus* for gastric and duodenal anti-ulcer activity. Journal of Ethnopharmacology, 15, 271-278, 1986.
- [68] **Tuzlaci E., Aymaz P.E**, Turkish folk medicinal plants, Part IV: (Gonen (Bahkesir). Fitoterapia, 72, 323-343,2001.
- [69] **Marone P., Bono L., Leone E., Bona S., Carretto E., Perversi L**, Bactericidal activity of Pistacia Lentiscus mastic gum against Helicobacter pylori. Journal of Chemotherapy, 13, 611-614,2001.
- [70] **Cardon D. et Chatenet G. du**, Guide des teintures naturelles. Plantes- Lichens, Champignons, Mollusques et insectes. Les Guides du Naturaliste. Delachaux & Niestlé éd. Neuchâtel, 400, 1990.
- [71] **Boukef M.K**, Les plantes dans la médecine traditionnelle, Tunisie. A.C. C.T. Paris, 1986.
- [72] **Bellakhdar J**, La pharmacopée marocaine traditionnelle, Médecine arabe Ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Paris, 764, 1997.
- [73] **Villar A., Sanz M.J, Payo M**, Hypotensive effect of Pistacia Lentiscus L. Int J Crude Drug Res, 25, 1-3,1987.
- [74] **Janakat S., Al-Merie H**, Evaluation of hepatoprotective effect of Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia and Nicotiana glauca. Journal of Ethnopharmacology, 83, 135-138, 2002.
- [75] **Kordali S., Cakir A., Zengin H., Duru M.E**, Antifungal activities of the leaves of three Pistacia species grown in turkey. Fitoterapia, 74, 164-167, 2003.

[76] **Ali-Shtayeh M.S., Abu Ghdeib S.I.**, Antifungal activity of plant extract against dermatophytes. *Mycoses*, 42, 665-672, 1999.

[77] **Ali-Shtayeh M.S., Yaniv Z., Mahajna J.**, Ethnobotanical survey in the palestinian area: a classification of the healing potential of medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 73, 221-232, 2000.

[78] **Lev, E., Amar, Z.**, Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in Israel at the end of the 20th century. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, 191-205, 2000.

[79] **Said, O., Khalil, K., Fluder, S., Azaizeh, H.**, Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Israel, the Golan Heights and the West Bank region. *Journal of Ethnopharmacology* 83, 251-265, 2002.

[80] **Ouelmouhoub S.**, Gestion multi-usage et conservation du patrimoine Forestier: cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie), 2005.

[81] **Bonnier G. et Douin R.**, Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique. Librairie Générale de l'Enseignement. Paris, 12 tommes, 120 Fasc, 721 ,1934.

[82] **Boukeloua A.**, Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique à base de l'huile de Pistacia Lentiscus L. thèse de magister mémoire en Biologie. Spécialité : Biotechnologie Végétal. Université Mentouri Constantine , 2009.

[83] **Leprieur M.**, Journal de médecine, chirurgie et de pharmacie, 3ème Volume, Publié par la société de science médicale et naturelle de Bruxelles, 614-615, 1860.

[84] **Ben Chikh M. et Jemaï Z.**, Extraction des huiles de lentisque et de Myrte Dans la Kroumirie. Projet de fin d'étude. Institut Sylvo-Pastoral de Tabarka- Tunisie, 123, 1999.

[85] **Saidi Y. et Hasnaoui F.**, Rapport d'activités du laboratoire de Biotechnologie. ISP Tabarka, 25, 2003.

[86] **Vincent C, Ange B, Joseph C***, Intraspecific chemical variability of the essential oil of Pistacia Lentiscus L. from Corsica .*Biochemical Systematics and Ecology*, 28 , 79-88 , 2000.

[87] **Gardeli C, Papageorgiou V, Mallouchos A, Theodosis K, Komaitis M***, Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food Chemistry* ,107 , 1120–1130, 2008.

[88] **Bachrouch O., Mediouni J-Ben Jemâa C., Aidi Waness W, Thierry T., Marzouk B, Abderraba M**, Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research* ,46, 242-247, 2010.

[89] **Bouteminea I.M, Amria M., Amirb Z.C., Fittingc C, Mecherara S**, Gastro-protective, therapeutic and anti-inflammatory activities of *Pistacia lentiscus* L. fatty oil against ethanol-induced gastric ulcers in rats. *Journal of Ethnopharmacology* , 224, 273–282, 2018.

[90] **Aissi O., Boussaid M., Chokri M.**, Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91, 56–65, 2016.

[91] **Messaoud C., Laabidi A., Boussaid M., Myrtus communis L.**, Infusions: the effect of infusion time on phytochemical composition antioxidant ,and antimicrobial activities, *J. Food Sci.* 77, 941-947, 2012.