

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'étude N°...../SNV/2020

Présenté par :

OUKEBDANE Aymen ET Daoudi Abdelmalik

Pour l'obtention du diplôme de

Master en AGRONOMIE

Spécialité : Protection des cultures

Thème :

Synthèse bibliographique sur l'effet
antifongique des huiles essentielles de quelques
plantes de la famille des *lamiacée* vis-à-vis de
Botrytis cinerea agent de la pourriture grise

Membres du jury:

Président	Mme BADAOUI M.I.	MCB	Université de Mostaganem
Encadreur	M ^{me} . SAIAH F.	MCB	Université de Mostaganem
Examineur	Mme. BERGUEUL S.	MCB	Université de Mostaganem



Remerciements

Nous remercions Tout d'abord notre Grand Dieu tout puissant qui nous a comblé de ses bienfaits et nous a donné assez de force pour achever ce travail et de venir au bout de cette formation.

Nous exprimons nos profondes reconnaissances à notre promotrice Mme Saiah Farida pour nous avoir guidés, conseillés et prêtés assistance tout au long de notre travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements à mme Badaoui M.I. et mme Bergheul Saida pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire

Nous profitons pour témoigner toute notre gratitude aux enseignants du département d'Agronomie, tout particulièrement les enseignants de la spécialité protection des cultures.

Enfin, nous remercions également tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.



Dédicace

*Avant tout, je tiens à remercier le bon dieu et l'unique qui
m'a offert le courage et la volonté nécessaire pour
affronter les différentes épreuves de la vie.*

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour leurs
sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes
études.*

À mes très chers frères: M'hammed, Anis et Wail

À ma très chères sœurs, Sarah

*À mes très chères amis: Soufiane, Zaki, Abd El Malik,
Ismail, Rachid, Amine, Issam, Merouane, Nacer, Said et
Zakaria.*

À tous ceux qui sont proches de mon cœur.

Et dont je n'ai pas cité les noms.

Je dédie ce modeste travail.

AYMEN



Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes parents

A Ma chère mère et a mon cher père auxquels je ne saurai trouver les mots pour leurs exprimer mon amour, mon respect et ma reconnaissance pour tout leurs sacrifice ;

A ma famille

A mes très chers frères et mes sœurs pour l'affection et la joie qu'ils m'apportent, A eux tous, je leurs souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de succès ;

Je dédie ce travail à ma chère amie et doctorante Kheira et à qui je souhaite beaucoup de réussite et tout le bonheur du monde ;

Sans oublier mes vrais amis, et je les remercie pour leurs présence dans les évènements importants de ma vie qu'ils soient triste ou joyeux ;

Et à toute la promotion 2019-2020 Protection des cultures.

DAOUIDI ABDELMALIK

Résumé :

Le *Botrytis cinerea* est l'agent causal de la pourriture grise chez plusieurs fruits et légumes provoquant des pertes économiques importantes sur plusieurs types de culture.

La famille des *Lamiacées* contient une très large gamme de composés comme les *terpénoïdes*, les *iridoïdes*, les *polyphénols*, les *flavonoïdes* qui possèdent un effet sur les champignons, Sur ce, on a effectué une synthèse bibliographique sur l'activité antifongique des huiles essentielles de la famille lamiacée contre le *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise à partir des résultats des travaux déjà fait où on a réalisé une collection des résultats de 5 expérience qui ont tester l'effet des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des lamiacées vis - vis de *Botrytis cinerea*.

Les résultats des ces expérience, montrent que les huiles essentielles des plantes testés ont un effet inhibiteur très important contre la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise.

Mots clés : *Botrytis cinerea*, *Lamiacées*, huiles essentielles, croissance mycélienne, activité antifongique

Abstract:

Botrytis cinerea is the causative agent of gray rot in several fruits and vegetables which causes significant economic losses in many types of crops.

The *Lamiaceae* family contains a very wide range of compounds such as terpenoids, iridoids, polyphenols, flavonoids which have an effect on fungi, On this, a bibliographical synthesis was carried out on the antifungal activity of essential oils of the *lamiaceae* family against *botrytis cinerea* agent of gray rot from the results of work already done where we have made a collection of the results of 5 experiments which tested the essential oils of plants of the *lamiaceae* family against *botrytis cinerea*.

The results of these experiments on the effect of essential oils of the *lamiaceae* family on the mycelial growth of *botrytis cinerea*, shows that the essential oils of the plants tested have a very important inhibitory effect against the mycelial growth of *botrytis cinerea*, an agent of gray rot

Key words : *Botrytis cinerea*, *lamiaceae*, mycelial growth, antifungal activity, essential oil

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	

Donnée bibliographique

Chapitre 1 : La famille des *lamiacée*

I.1- Généralité sur la famille de lamiacée.....	2
I.2- Systématique de la famille des Lamiaceae	3
I.3- Distribution géographique des lamiacées	3
I.4- Caractères généraux des <i>Lamiacées</i>	4
I.5- Intérêt nutritionnel et pharmacologique.....	5
I.6- Intérêt indistruel.....	5
I.7- Généralité sur <i>salvia officinalis</i>	6
I.7.1- Historique	6
I.7.2- Répartition géographique.....	6
I.7.3- Description.....	6
I.7.4- Nomenclature.....	8
I.7.5- classification taxonomique	8
I.7.6- Constituants chimique	8
I.7.7- Formes pharmaceutiques ou formes d'utilisation traditionnelles.....	9
I.7.8- Toxicité.....	9
I.8- Généralité sur <i>Marrubium vulgare L.</i>	9
I.8.1- Historique	9
I.8.2- Origine et répartition géographique.....	10
I.8.3- Classification botanique.....	10
I.8.4- Composition chimique.....	10
I.8.5- Description botanique	11
I.8.6- Utilisations en médecine traditionnelle	12
I.8.7- Toxicité.....	12
I.8.8- Huile essentielles de <i>Marrubium vulgare L</i>	12

I.8.9- Effets nocifs de la plante	12
I.9- Généralité sur <i>Thymus vulgaris</i>	13
I.9.1- Répartition géographique de la plante	13
I.9.2 Classification botanique	13
I.9.3- Nom vernaculaire	14
I.9.4- Description botanique de la plante.....	14
I.9.5- Composition chimique	15
I.10- Généralité sur <i>Thymus fontanesii Boiss et Reut</i>	16
I.10.1- Description botanique de <i>Thymus fontanesii Boiss et Reut</i>	16
I.10.2 Classification botanique de <i>Thymus fontanesii Boiss et Reut</i>	17
I.10.3- composition chimique de <i>thymus fontanesii</i>	17
I.10.4- L'utilisation de <i>thymus fontanesii</i>	17
I.11- Généralité sur <i>Mentha spicata</i>	18
I.11.1- Origine et répartition géographique	18
I.11.2- Taxonomie et systématique	18
I.11.3- Les noms vernaculaires de <i>Mentha spicata</i>	18
I.11.4- Description botanique et Phénologie	18
I.11.5- Composition chimique	20

Chapitre 2 : Les huiles essentielles

II.1- définition des huiles essentielles.....	21
II.2- Répartition botanique des huiles essentielles.....	21
II.3- localisation et fonction des huiles essentielles dans la plante	21
II.4- la composition physique des huiles essentielles.....	22
II.5- la composition chimique des huiles essentielles.....	23
II.5.1- Les terpènes.....	23
II.5.2- Les composés aromatiques.....	24
II.5.3- Les composés d'origines diverses.....	25
II.5.4- Chymotype	25
II.6- Principaux domaines d'application des huiles essentiels.....	26
II.6.1- Aromathérapie	26
II.6.2 – Agro-alimentaire.....	26
II.6.3 – Cosmétologie et parfumerie.....	26
II.6.4 – Pharmacie.....	27

II.6.5 – Agronomie.....	27
II.7- Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	27
II.8- La conservation des huiles essentielles.....	28
II.9- Le Rôle de l'huile essentielle dans la plante.....	28

Chapitre 3 : *Botrytis cinerea*

III.1- Généralités sur le <i>B. cinerea</i>	29
III.2- Systématique de le <i>B. cinerea</i>	30
III.3- Description de l'agent pathogène.....	30
III.4- Cycle de développement.....	30
III.5- Gamme d'hôte de <i>B. cinerea</i> et cycle épidémiologique.....	31
III.6- Symptômes et dégâts.....	31
III.7- Les facteurs de développement.....	32
III.7.1- La température.....	32
III.7.2- L'humidité.....	33
III.7.3- La lumière.....	33
III.7.4- Exigences nutritives.....	33
III.8- La lutte contre <i>Botrytis cinerea</i>	34
III.8.1- Méthodes prophylactiques.....	34
III.8.2- lutte biologique.....	34
III.8.3- lutte chimique.....	35

Chapitre 3 : Plan de travail, méthode, résultats et discussion

IV.1- Plan de travail.....	38
IV.2- méthodes et résultats.....	39
IV.2.1- Expérience 1.....	39
IV.2.2- Expérience 2.....	40
IV.2.3- Expérience 3.....	41
IV.2.4- Expérience 4.....	43
IV.3- Discussion.....	47
Conclusion.....	49

Listes des figures

Figure n° 1 : Carte de répartition géographique de la famille des <i>Lamiacées</i>	3
Figure n° 2 : Les caractéristiques morphologiques d'une <i>Lamiacée</i>	4
Figure n° 3 : Feuilles de la sauge.....	7
Figure n° 4 : Fleur de la sauge.....	7
Figure n° 5 : Fruits de la sauge.....	7
Figure n° 6 : La plante <i>Marrubium vulgare</i> L.....	11
Figure n° 7 : Aspects morphologiques de <i>Thymus vulgaris</i> L.....	14
Figure n° 8 : La plante <i>Thymus fontanesii</i> Boiss et Reut.....	16
Figure n° 9 : Les différentes parties constituant de l'espèce <i>Mentha spicata</i>	19
Figure n° 10 : La plante du <i>Mentha spicata</i>	19
Figure n° 11 : Symptômes causés par l'agent pathogène <i>Botrytis cinerea</i> sur différents hôtes.....	32
Figure n° 12 : Effet de l'huile essentielle de sauge appliquée à 10 µl par disque (à gauche) et de carbendazime (à droite) contre la croissance de <i>Botrytis cinerea</i> enregistrée après 5 jours d'incubation à 20°C.....	39
Figure n° 13 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de <i>Thymus fontanesii</i> Boiss et Reut sur <i>B. cinerea</i> après 7 jours d'incubation.....	41
Figure n° 14 : Taux d'inhibition de <i>B. cinerea</i> par L'huile essentielle de <i>T fontanessii</i> Boiss et Reut.....	42
Figure n° 15 : Croissance mycélienne de <i>Botrytis cinerea</i> après 144h d'application des huiles essentielles de <i>Mentha Spicata</i> L.....	43
Figure n° 16 : Croissance mycélienne de <i>Botrytis cinerea</i> après 144 h d'application des huiles essentielles de <i>Thymus vulgaris</i> L.....	44
Figure n° 17 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de <i>Mentha spicata</i> sur <i>B. cinerea</i> après 7 jours d'incubation.....	44
Figure n° 18 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de <i>Thymus vulgaris</i> sur <i>B. cinerea</i> après 7 jours d'incubation.....	45
Figure n° 19 : Vitesse de la croissance mycélienne de <i>Botrytis cinerea</i> sous l'effet des différentes concentrations des huiles essentielles du <i>Thymus vulgaris</i> (VT) et de <i>Mentha spicata</i> (VM).....	46

Liste des tableaux

Tableau n° 1 : Classification taxonomique de <i>Thymus vulgaris</i>	13
Tableau n° 2 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>T. vulgaris</i>	15
Tableau n° 3 : Composition chimique de l'HE de <i>Mentha Spicata L.</i>	20
Tableau n° 4 : les produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre <i>Botrytis cinerea</i>	35
Tableau n° 5 : Principaux produits phytopharmaceutiques homologués en France contre <i>B. cinerea</i>	37
Tableau n° 6 : Diamètres d'inhibition enregistrés en fonction de la dose de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> utilisée contre <i>Botrytis cinerea</i> en comparaison aux deux témoins positifs.....	40
Tableau n° 7 : activité antifongique de l'huile essentielle de <i>M. vulgare</i> contre la croissance mycélienne de <i>botrytis cinerea</i> , IC50 et concentration minimale d'inhibition (CMI) en comparaison avec un témoin positif	41

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : degré Celsius

P.D.A : Potato dextrose agar

HE : huile essentielle

B. cinerea : *Botrytis cinerea*

cm : centimètre

mm : millimètre

USA : united states of america

µm : Micromètre

µl : microlitre

g : gramme

hl : l'hectolitre

CMI : la concentration minimale inhibitrice

µg : microgramme

IC50 : Concentration inhibitrice médiane

ml : millilitre

h : heur

Données Bibliographiques

Introduction Générale

La flore Algérienne est caractérisée par la diversité florale, plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques, distribué comme suit: méditerranéenne, saharienne et une flore subtropicale. Chacune de ces plantes peut contenir des certaines voire des milliers de métabolites secondaire, ou de principes actifs (**Bencheikh, 2017**).

Les huiles essentielles par définition ce sont des métabolites secondaire, parmi les 800000 espèces végétales connues, 10% seulement synthétisent des essences et seules quelque centaines présentent à la fois des qualités intéressantes est une production suffisantes de molécules volatiles odorantes pour permettre leur extraction.

Les Labiées ou *Lamiacées* constituent une importante famille de plantes herbacées. Elles comprennent, selon les auteurs, de 233 à 263 genres (**Heywood et al., 2007**) et de 6900 à 7200 espèces (**Heywood et al., 2007; Grayer et al., 2003**), qui se repartissent sur tout le globe.

Les huiles essentielles de cette famille sont très recherchées, car elles sont généralement dotées des propriétés biologiques intéressantes (**Merghache et al., 2016**).

Botrytis cinerea est le principal agent de pourriture grise qui est responsable d'importante perte de récolte. Sur le plan économique, ce champignon est considéré comme un problème phytosanitaire majeur en culture dans le monde (**Martinez et al., 2005**). Il peut s'attaquer à différents stades de développement de la plante et l'infection par les conidies peut se produire durant toute la saison de croissance (**Kretschmer et al., 2007**). On estime les pertes mondiales dues à *B. cinerea* sur vigne à 2 milliards \$ par an (**Elmer et Michailides, 2004**). De plus, le développement rapide et insidieux de *B. cinerea* engendre chaque année la destruction de récoltes sur des centaines d'hectares de cultures (**Bolay et Pezet, 1987**).

Ces dernières année, Il y a eu un développement remarquable dans la protection des végétaux avec la lutte biologique qui est devenu l'objectif de tous les travailleurs du secteur agricole pour une meilleure protection de l'environnement et de consommateurs qui consiste a utilisée des insectes et des micro-organisme et même des extraits et des huiles essentiels des plante pour contrôler les maladies causé par les ravageurs et les parasites.

Dans ce présent travail nous nous sommes intéressés à faire une synthèse sur l'effet antifongique des huiles essentiel de la famille *lamiacées* vis à vis de *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise, basée sur des résultats obtenus dans des expériences déjà faites.

Chapitre 1 :
La famille des
Lamiacée

I- La Famille de *lamiacées*

I.1- Généralité sur Famille de *lamiacées*

La famille des *Lamiacées* connue également sous le nom des *Labiées*, *Labiées* dérive du nom latin "*labium*" qui signifie lèvre, en raison de la forme particulière des corolles (**Bouhaddouda, 2016**).

La famille des *Lamiaceae* est l'une des premières familles à être distingués par les botanistes, les *lamiacées* sont des angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des *Lamiales*. Cette famille comprend environ 260 genres et plus de 6500 espèces (**Spichiger et al., 2004**).

Dans la flore de l'Algérie, les *Lamiaceae* sont représentées par 28 genres et 146 espèces, Certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (**Quezel et Santa, 1962**). Ce sont des plantes à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées (**Silvant, 2014**).

Une grande partie de ces plantes sont aromatiques et riches en huiles essentielles d'où leur intérêt économique et médicinal puisqu'elles permettent de produire des huiles essentielles, des condiments (sauge, thym, basilic, menthe etc.), ainsi que des infusions très prisées et fournissant des antibiotiques naturels utilisés en aromathérapie, en cosmétique et aussi pour la fabrication des parfums et des produits pour la peau (**Diallo D et al., 2004**). En raison des huiles essentielles (HE) produits dans des cellules glandulaires, les poils sont répartis sur les organes aériennes de la végétation et de la reproduction (**Marija et al., 2008**).

Cette famille comporte de nombreuses plantes exploitées pour les essences ou cultivées pour l'ornementation et la plupart de ces espèces sont aussi bien utilisées dans la médecine traditionnelle que dans la médecine moderne (**Judd et al., 2002**).

La famille des *Lamiacées* contient une très large gamme de composés comme les terpénoïdes, les iridoïdes, les polyphénols, les flavonoïdes, les huiles essentielles et plus précisément les courtes chaînes des terpénoïdes qui sont responsables de l'odeur et de la saveur caractéristique des *Lamiacées* (**Naghbi et al., 2005**).

I.2- Systématique de la famille des *Lamiaceae*

D'après la nouvelle classification de l'APG 3 (**Angiosperms Phylogeny Group 3, 2009**) (**Dupont et Guignard, 2012**), la famille des *Lamiaceae* est classée comme suit:

Embranchement:	<i>Embryophytes</i>
Sous Embranchement:	<i>Trachéophytes</i>
Super Classe:	<i>Spermaphytes</i>
Classe:	<i>Angiospermes</i>
Grade:	<i>Triporées évoluées</i>
Grade:	<i>Astéridées</i>
Grade:	<i>Lamiidées (Euastéridées I)</i>
Ordre:	<i>Lamiales</i>
Famille:	<i>Lamiaceae</i>

I.3- Distribution géographique des *lamiacées*

Les *lamiacées* comprennent environ 3000 espèces dont l'aire de dispersion est extrêmement étendue, mais avec une prépondérance pour les régions méditerranéennes: Thymus, lavandes, romarins, qui caractérisent la flore des garrigues. Les *lamiacées* sont rares, par contre, dans les régions arctiques et en haute montagne, elle sont très répandue dans les régions tempérées (**Guignard et al., 2004**).

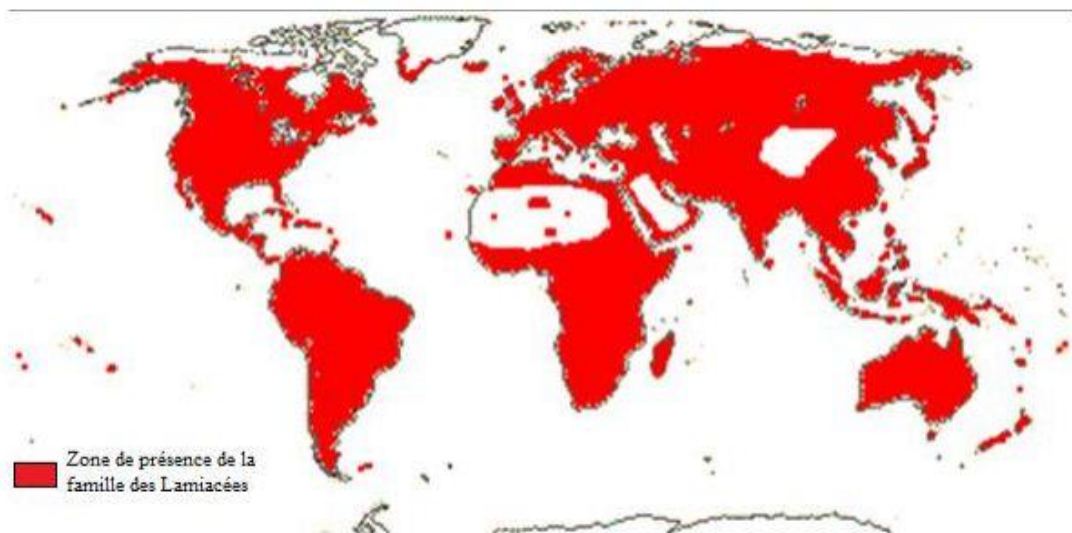


Figure n° 1 : Carte de répartition géographique de la famille des *Lamiacées* (**Stevens, 2001**)

I.4- Caractères généraux des *Lamiacées*

Selon Moyse (1971) et Chadeaud et *al.*(1960), les caractères des lamiacées sont comme suit :

- Les tiges sont quadrangulaires, au moins dans leur jeune âge, et sont à rameaux opposés.
- Les feuilles opposées sont simples, parfois amplexicaules, toujours sans stipule et à limbe penninerve.
- Les inflorescences formées par de faux verticilles axillaires ou glomérules proviennent de la réunion de 2 cymes bipares.
- Les fleurs hermaphrodites ou unisexuées sont accompagnées de bractéoles et ont évolué vers l'adaptation à la pollinisation par les insectes (entomophilie).
- Le calice est gamosépale persistant à 5 sépales soudés.
- La corolle est gamopétale et zygomorphe. Elle comprend un tube plus ou moins long, droit ou incurvé et souvent poilu. Le limbe est bilabié, partagé en 5 lobes (2 pour la lèvre supérieure et 3 pour la lèvre inférieure).
- Les étamines sont au nombre de 4 : 2 grandes et 2 petites (sauf pour le genre *Mentha* qui en compte 5).
- Le gynécée est formé de 2 carpelles formant un ovaire biloculaire reposant sur un disque glanduleux et possédant 2 ovules par loge. Chaque loge se subdivise, par une fausse cloison, en 2 logettes uniovulées. Les ovules sont anatropes ascendants à raphé interne.
- Le fruit est un tétrakène formé de 4 nucules secs enveloppés par le calice.

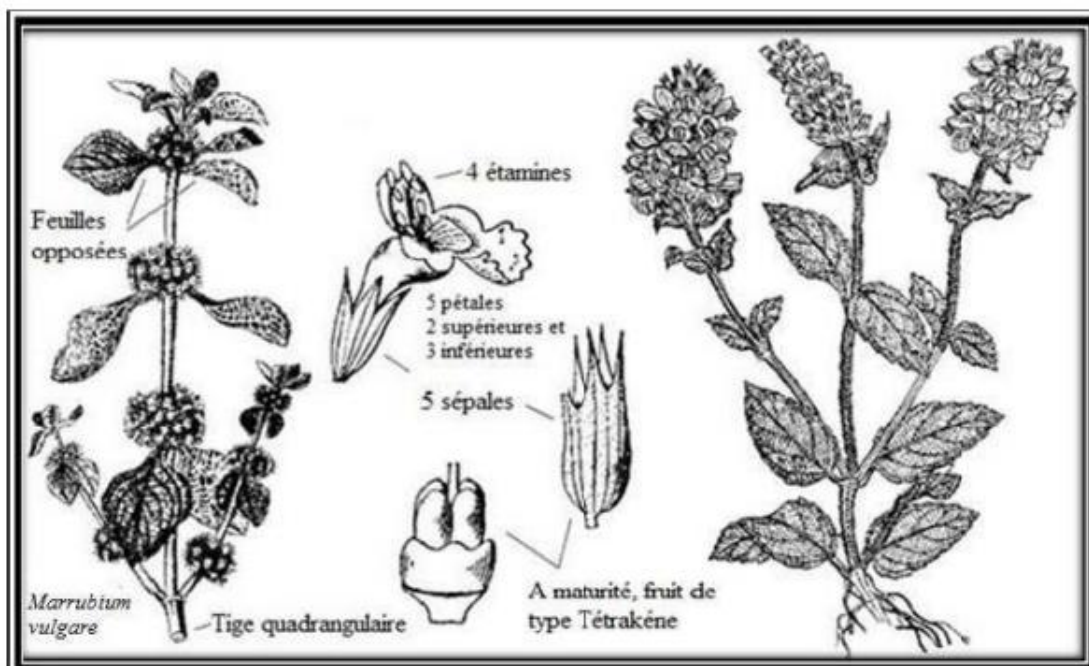


Figure n° 2 : Les caractéristiques morphologiques d'une *Lamiacée* (Skafia-Crete, 2018)

I.5- Intérêt nutritionnel et pharmacologique

Cette famille est l'une des principales sources de légumes et de plantes médicinales du monde entier. Les espèces de *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coleus* et *Ocimum* sont utilisées comme des légumes, des arômes alimentaires et dans l'industrie du bois (Tecton). En culture ornementale d'intérieur, on retrouve quelques espèces du genre *Savory* (*Satureja hortensis*), *Tubifera*, *Salvia* et *Coleus* (Meyer et al, 2004 ; Messaili, 199). Notons également que plusieurs espèces de cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle et moderne, comme *Lavandula*, *Teucrium*, *Thymus* et *Salvia* (Naghbi et al, 2005).

Plusieurs travaux, réalisés *in vitro* et *in vivo*, rapportent des résultats intéressants pour certaines molécules antioxydantes d'origine végétale telles que les dicatéchols, la curcumine, les triterpènes pentacycliques et les flavonoïdes (Hasani et al, 2007 ; Gabrieli et al, 2005 ; Djeridane et al, 2007; Lopez et al, 2007; Özkan et al, 2007).

Dans la pharmacopée traditionnelle africaine, les plantes de la famille *Lamiaceae* sont utilisées comme diurétique, anti-syphilitique, antidiarrhéique, cicatrisante, antiseptique et dans le traitement de nombreuses affections telles que les problèmes intestinaux ou encore le météorisme (ballonnement du ventre, dû à des gaz).

I.6- Intérêt industriel

La famille des *Lamiacées* regroupe un grand nombre d'espèces d'intérêt économique majeur (Guignard, 2004) et dont les applications sont très variées, comme la parfumerie, la cuisine, la phytothérapie et l'aromathérapie :

En parfumerie: même si les parfums de synthèse tendent à remplacer ces essences, la parfumerie de luxe continue à utiliser ces plantes en les distillant, afin d'en extraire le précieux parfum qu'elles contiennent et de perdurer la qualité de ses produits.

En cuisine: de nombreuses herbes aromatiques sont des *Lamiacées*: basilic, menthe, thym, romarin, sauge...

En phytothérapie et aromathérapie: de nombreuses herbes sont des sources d'huiles essentielles, d'infusion et antibiotiques naturels pour l'aromathérapie, D'autres huiles sont utilisées également pour leurs propriétés hydratantes.

I.7- Généralité sur *Salvia officinalis*

I.7.1- Historique

La sauge tire son nom du latin *salvare* (guérir) qui traduit son rôle ancestral en phytothérapie (Hippolyte et al., 1904). Elle était une des plantes salvatrices du moyen âge. Elle est reconnue par les Chinois. Ces derniers n'hésitaient pas à échanger leurs feuilles de thé

les plus précieuses contre des feuilles de sauge. D'après l'histoire, une variété de sauge appelait « Chia » était cultivée par les mexicains (**Madi, 2010**). Les Grecs, les romains et les arabes l'employaient communément comme tonique, et en compresse contre les morsures de serpents. En Egypte les femmes en buvaient pour être fertile (**Charles, 1809**).

I.7.2- Répartition géographique

Cette plante vivace est originaire des régions méditerranéennes orientales. Elle préfère les terrains chauds et calcaires. Elle croit de manière spontanée et en culture, le long de tout le bassin méditerranéen, depuis l'Espagne jusqu'à la Turquie, et dans le nord de l'Afrique. Cette plante est assez commune en Algérie (cultivée) (**Baba, 2000**).

I.7.3- Description

C'est une plante annuelle et vivace appartenant à la famille des *Labiées* (**Goutier, 2009**). Elle forme un petit sous arbrisseau de 50 cm à 80 cm de haut à racine ligneuse, brunâtre, et fibreuse (**Aug et al., 1833**).

La tige est ligneuse à la base, formant un buisson dépassant parfois 60 cm, rameaux vert blanchâtre quadrangulaire, et velue (**Verbois, 2003**).

Les feuilles opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, ovales, rugueuses, épaisses, à bord dentelé, réticulées, pubescentes-grisâtres ou vertes, à dessus blanchâtre, finement crénelées. Elles persistent l'hiver grâce au revêtement de poils laineux qui les protège (**Hans et al., 2007**).

Les fleurs de la sauge officinale sont bleu-violacée en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés et visibles de Mai à Aout. Elles sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures (**Busser, 1997**).

Le fruit en forme de tétrakènes brunâtre, c'est-à-dire qu'il se compose de quatre petites coques indéhisentes, renferment chacune une graine, et environnées par le calice persistant (**Cuvier et al., 1835**).



Figure n° 3 : Feuilles de la sauge



Figure n° 4: Fleurs de la sauge



Figure n° 5: Fruits de la sauge

I.7.4- Nomenclature

Noms Communs	Herbe sacrée, thé de Grèce, herbe sage (Fabre et al., 1992).
Nom scientifique :	<i>Salvia officinalis</i>
Nom français :	Calamenthe vulgare
Nom vernaculaire :	Sâلمييا, Marimiya
Nom français :	Sauge
Nom anglais :	Garden sage (Ghourri et al., 2013; Azzi, 2013).

I.7.5- classification taxonomique

Selon Ristic et al. (1999) la sauge suit la classification suivante :

Règne :	<i>Plantae</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i>
Classe :	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre :	<i>lamiales</i>
Famille :	<i>lamiaceae</i>
Genre :	<i>salvia</i>
Espèce :	<i>Salvia officinalis</i> L

I.7.6- Constituants chimiques

Selon Bruneton (2016), la sauge officinale est composée de:

- Flavonoïdes de deux types :
 - les glycosides de l'eugénol et du lutéolol,
 - les flavones substituées en C6.
- Triterpènes dérivés de l'ursane et de l'oléamane
- Diterpènes: acide carnosique et carnosol
- Acides phénols dérivés de l'acide hydroxycinnamique
- Sesquiterpènes
- Huile essentielle elle-même composée de:
 - thuyones : α -thuyone (18 à 43%) et β -thuyone (3 à 8,5%)
 - camphre (4,5 à 24,5%)
 - cinéole (5,5 à 13%)
 - humulène (0 à 12%)

Les proportions des composants chimiques sont variables et dépendent des conditions climatiques, de l'apport en eau et de l'altitude des plants (**Ghorbani, 2017**).

I.7.6- Formes pharmaceutiques ou formes d'utilisation traditionnelles

La sauge a, de tout temps, été utilisée en thérapeutique, son nom latin *salvia*, provient de *salvare* "sauver", "guérir". Elle était considérée comme une plante presque magique, capable de guérir tous les maux. Les feuilles de sauge étaient alors utilisées en infusion, teinture mais également vin de sauge. Afin de traiter l'asthme, il était recommandé de fumer les feuilles séchées de sauge (**Debuigne, 2013**)

I.7.7- Toxicité

La plante peut être toxique sous toutes ses formes fraîche et sèche, jeune ou en fleur (**Ozanda, 1977**).

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 administré.

Ces expositions se font par ingestion, par contact, par inhalation et peuvent induire ou aggraver des problèmes respiratoires (une diminution de la fonction pulmonaire et une augmentation de la sensation de poitrine oppressée, une respiration sifflante et augmenter l'asthme chez les populations sensibles). Actuellement aucune étude expérimentale n'a arboré l'effet de l'extrait butanolique de cette plante (EBSO) sur la cardiotoxicité induite par la doxorubicine. (**Degryse et al., 2008**)

I.8- Généralité sur *Marrubium vulgare L*

I.8.1- Historique

Connu depuis la plus haute antiquité, les égyptiens l'utilisèrent, comme principal ingrédient, dans un antidote des poisons végétaux. Elle était déjà considérée comme le spécifique des affections de l'appareil respiratoire dans l'Egypte et la Grèce anciennes. Le Moyen Age, qui l'employait couramment dans le traitement des mêmes maux, l'a de surcroit reconnu tonique, cholagogue et diurétique. Elle est considérée par J.-E **Gilibert (1798)** comme « l'une des meilleures plantes d'Europe » (**Schlempher et al , 1996**).

Elle est présente dans presque toute l'Europe en dehors de l'Extrême Nord, surtout la région méditerranéenne, Afrique du nord, Asie. Au niveau des lieux incultes, décombres, terrains vagues, prairies chaudes et sèches, sur sol calcaires (**De Souza et al., 1998**)

I.8.2- Origine et répartition géographique:

Presque toute l'Europe en dehors de l'Extrême Nord, surtout la région méditerranéenne, Afrique de nord, Asie.

Lieux incultes, décombres, terrains vagues, prairies chaudes et sèches, garrigues. En général sur sols calcaires (**Schlempher et al., 1996**).

Elle pousse dans toute l'Afrique du nord (**Kaabeche, 1990**). Cette plante est commune dans toute l'Algérie et presque dans toute l'Europe en dehors de l'extrême Nord, Australie et New Zélande (**Baba aissa, 1999**).

Elle se trouve aussi au Maroc et en Tunisie, surtout en région méditerranéenne (**Bonnier, 1990**).

I.8.3- Classification botanique :

Selon (APG III) est classée dans le:

Règne :	Végétale
Sous règne :	Plantes vasculaire
Embranchement :	Spermatophytes
Division :	Magnoliophytes
Classe :	Magnolipsides
Sous classe :	Astérides
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiacées
Genre :	<i>Marrubium</i>
Espèce :	<i>Marrubium vulgare</i>

I.8.4 - Composition chimique

On y trouve Lactones diterpéniques (marrubine, 0,3-1 %), mucilage, pectine, alcaloïdes, stachydrine, bétonicine, stérols, triterpènes, sels minéraux (**Iserin, 2001**) flavonoïdes, tannins et huile essentielle (riche en sesquiterpènes) (**Gregoriz et al., 2013**). On pense que la marrubine est responsable de l'effet expectorant de la plante et de son pouvoir amer. elle régularise les battements cardiaques (**Iserin, 2001**).

I.8.5- Description botanique

Le marrube est une plante méditerranéenne, au feuillage vert gris duveteux. vivace herbacée de 30-60 cm de haut à tige carrée, laineuse dans la partie inférieure.les feuilles sont opposées, ovales pouvant atteindre 4 cm de long et de large, gaufrées, à pétiole court. Les jeunes feuilles sont laineuses; la floraison se fait de juin à Août. Les fleurs sont blanches bilabiées, serrées les unes contre les autres à l'aisselle des feuilles supérieures. La corolle est de 6-7 mm de long (Hensel, 2009).

C'est une belle plante ornementale qui mérite de retrouver une place dans nos jardins (Josy, 2012). Originaire d'Europe, elle est répandue sur tout le continent américain, l'Asie (Dmitruk *et al.*, 2014), toute l'Afrique du Nord (Burcu *et al.*, 2014). Il est particulièrement abondant dans la région méditerranéenne (Armondo *et al.*, 2006). Il pousse principalement sur les friches, bord des chemins, terrains vagues lisière des bois, taillis (Hensel, 2008).



Figure n° 6 : La plante *Marrubium vulgare L* (Weel *et al.*, 1999).

I.8.6- Utilisations en médecine traditionnelle

Le Marrube blanc fut traditionnellement employé dans la fabrication des remèdes contre la toux. Antonius Castor le connaissait et Pline l'Ancien indique de nombreuses préparations curatives utilisant le marrube (Glisic *et al.*, 2007). Ses sommités pouvaient être un des multiples constituants de la thériaque de la pharmacopée maritime occidentale au XVIIIe siècle (Gora *et al.*, 2002).

Il est utilisé aussi dans l'inappétence, troubles dyspeptiques tels que les flatulences et ballonnements, inflammations des voies respiratoires.

Le marrube blanc est très utilisé en médecine traditionnelle comme expectorant, antispasmodique, antidiabétique, diurétique et en cas d'infections respiratoires. Il est aussi employé pour combattre la cellulite et l'obésité (**Verma et al., 2011**).

Plusieurs de ces utilisations traditionnelles ont été confirmés par des essais scientifiques (**Syed Abdul Rahman et al., 2013**), le marrube blanc est considéré comme antidiabétique (**Lapczynski et al., 2008**).

I.8.7- Toxicité

C'est une plante amère à caractère salin et ne peut donc pas être toléré s'il y a une gastroentérite ou des situations de nausées ou de vomissements ou encore en cas de dyspepsie (**Aouadhi, 2010**)

I.8.8- Huile essentielles de *Marrubium vulgare L*

Les parties utilisées pour extraire l'huile essentielles sont les sommités fleuries et les feuilles. L'huile essentielle de *Marrubium vulgare L* est d'une odeur forte et fétide avec une saveur aromatique, amère et acre (**Schlempher et al., 1996**).

I.8.9- Effets nocifs de la plante

Aucun effet toxique n'a été signalé pour l'instant à la dose thérapeutique. En revanche à des doses excessivement élevée le marrube pourrait provoquer des troubles du rythme cardiaque (**EEDP, 2011**). On recommande généralement aux femmes enceintes d'éviter le marrube parce qu'elle stimulerait l'utérus et pourrait avoir une action abortive. Selon les résultats d'essais sur les lapins, le marrube aurait une action hypoglycémiant (**Weel et al., 1999**). On recommande donc la prudence dans le cas de diabétiques sous médiation (**Weel et al., 1999**).

I.10.1- Généralité sur le genre *Thymus*

Le genre *thymus* est un des 220 genres les plus diversifiés de la famille des *labiées* avec une forte diversité dans la partie occidentale du bassin méditerranées (Morales, 2002). Il existe près de 350 espèces de *thymus* réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est un genre très répandu dans le nord ouest africain (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye), il pousse également sur les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud ouest en

passant par la péninsule du Sinaï en Egypte (**Dob et al. 2006**).

Le nom *Thymus* vient probablement du latin *Thymus* qui signifie parfumé à cause de l'odeur agréable que la plante dégage ou du grec *thymos* qui signifie courage ou force (**Pariente, 2001**).

I.9- Généralité sur *Thymus vulgaris*

L'espèce *Thymus vulgaris* est un élément caractéristique de la flore méditerranéenne, connu surtout pour ses qualités aromatiques, elle a aussi de très nombreuses propriétés médicinales (**Iserin, 2001**).

I.9.1- Répartition géographique de la plante

Le thym est réparti entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée (**Mabberley, 1997**). Le thym est représenté par plus de 300 espèces à travers le monde dont 12 sont localisées en Algérie et 9 d'entre elles sont endémiques (**Quezel et Santa, 1962**). Ces espèces sont réparties le long du territoire national, du Nord algérois à l'Atlas saharien, et du constantinois à l'oranais (**Kabouche et al., 2005**).

I.9.2- Classification botanique:

La classification taxonomique de *Thymus vulgaris*, selon **Goetz et Ghédira (2012)** est comme suit :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne Tracheobionta	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Magnoliophytina</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Asteridae</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus vulgaris L.</i>

I.9.3- Nom vernaculaire

Les noms vernaculaires de l'espèce *Thymus vulgaris* sont les suivants:

Arabe : saatar, zaatar (en arabe صعتر ou زعتر)

Français: thym vulgaire, thym de jardins, farigoule, farigoule et barigoule.

Allemand: Thymian, Echter Thymian, Garten thymian, Römischer thymian, romischer quendel, welscher thymian kutteelkraut.

Anglais: common thym, garden thym, (Teuscher et al., 2005).

I.9.4- Description botanique de la plante :

D'après Bruneton (1999) et Morales (2002), le *Thymus vulgaris* L. est un arbuste aromatique à tiges ramifiées, pouvant atteindre 40 cm de hauteur, Il possède de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur vert foncés, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes). Les trichomes contiennent l'huile essentielle majoritairement composée de monoterpènes.

Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose.

Thymus vulgaris est d'ailleurs caractérisé par un polymorphisme floral qui a été au moins aussi étudié que son polymorphisme chimique

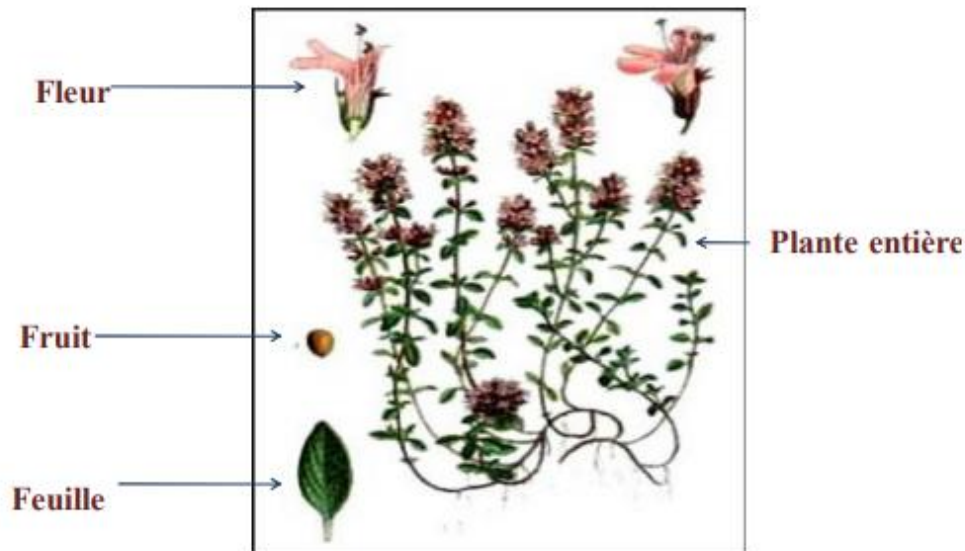


Figure n° 7 : Aspects morphologiques de *Thymus vulgaris* L. (Iserin, 2001)

I.9.5- Composition chimique

Espèce	Familles	Compositions
<i>Thymus vulgaris</i>	Phénols (20 - 80%)	Thymol (30 - 70%)
		Carvacrol (3 - 15%)
	Alcools	Linalool (4 - 6.5%)
		α -terpinéol (7.8 – 8.9%)
	Monoterpènes hydrocarbonés	γ -terpinène (5 – 10%)
		bornéol, camphre, limonène, myrcène, β -pinène, transsabinène hydrate et terpinène-4-ol (0.5 – 1.5%)
	Sesquiterpènes hydrocarbonés	β -caryophyllène (1 – 3%).

Tableau n° 2 : Composition chimique de l'huile essentielle de *T. vulgaris* (Abdelli, 2017)

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est composée d'une quantité très variable en phénols dont le thymol et le carvacrol en sont les majeurs constituants. Elle contient également d'autres composants minoritaires comme présentés dans le tableau 02 (Abdelli, 2017).

I.10- Généralité sur *Thymus fontanesii* Boiss et Reut

I.10.1- Description botanique de *Thymus fontanesii* Boiss et Reut

Cette espèce est un sous arbrisseau à tiges dressés et robustes, à feuilles caulinaires ovales, lancéolées ou lancéolées-linéaires, planes, à marges non révolutées, obtuses, on trouve également des feuilles caulinaires linéaires ou linéaires lancéolées à marges révolutées, en général aigues. Au sommet on trouve des feuilles florales très différentes des autres, lancéolées linéaires longuement rétrécies en pointe aiguë, ciliées, au moins aussi longues que les fleurs; les caulinaires spatuliformes glabres, de 10 à 12 mm de long et à fleur blanche ou pâle à peine plus longues que le calice (Haddouchi, et al., 2009 ; Quezel et Santa, 1963).

La plante est cueillie au mois de février est séchée à l'ombre et à température ambiante entre 10 et 15 jours. Seules les feuilles sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles (Haddouchi et al., 2009).



Figure n° 8 : La plante *Thymus fontanesii* Boiss et Reut

I.10.2- Classification botanique de *Thymus fontanesii* Boiss et Reut

D'après **Quezel et Santa (1963)**, la classification qu'occupe *Thymus fontanesii* dans la systématique est la suivante:

Embranchement:	<i>Phanérogames</i>
Sous-embranchement:	<i>Angiospermes</i>
Classe:	<i>Eudicots</i>
Sous-classe:	<i>Astéridées</i>
Ordre:	<i>Lamiales</i>
Famille:	<i>Lamiacées</i>
Genre:	<i>Thymus</i>
Espèce:	<i>Thymus fontanesii</i> Boiss. et Reut.

I.10.3- composition chimique de *thymus fontanesii*

selon **Ghannadi et al.,(2004)**, Cette espèce présente un rendement en huile essentielles très faible de l'ordre de 1.9 %. L'analyse chimique par CPG-SM de l'huile essentielle de cette plante récoltée à sétif (Algérie), a révélé l'existence d'un seul composé majoritaire, le thymol (67,8%) suivi d'y-terpinène (15.9%) et p-cymène (13.0%).

Ces résultats ont été également rapportés par **Kabouche et al. (2005)**, lors de l'étude du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de *Thymus Fontanesii*.

I.10.4- L'utilisation de *thymus fontanesii*

C'est une famille d'une grande importance aussi bien pour son utilisation en industrie alimentaire et en parfumerie qu'en thérapeutique. Elle est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongique, anti-

inflammatoire et antioxydant.

Il est bien connu que les huiles essentielles extraites des plantes de cette famille possèdent des propriétés pharmacologiques tant sur le plan humain qu'industriel. De par la diversité des constituants qui les composent, ce sont des substances très actives. De nombreuses propriétés leur sont conférées: anti-infectieuses, antispasmodiques, antalgique, digestives, cicatrisantes...etc. (Bekkalif et al. , 2008).

I.11- Généralité sur *Mentha spicata*

I.11.1- Origine et répartition géographique

L'origine de la menthe verte est inconnu mais il s'agit probablement d'un hybride issu de *M. longifolia* et de *M. suaveolens* (Anton, 2005). Elle est cultivées exclusivement aux USA, en Angleterre, en Hollande ainsi qu'en Afrique du nord (Algérie, Maroc...), dans beaucoup de jardins et en culture industrielle.

La menthe verte supporte les endroits ombragés, elle n'est pas très exigeante pour la qualité du sol (Anton et al., 2005).

I.11.2- Taxonomie et systématique

Selon Judd et al. (1999) cette plante appartient à

Règne :	<i>Plantae</i>
Embranchement :	<i>Spermaphyte</i>
Sous-embranchement :	<i>Angiosperme</i>
Classe :	<i>Dicotylédones</i>
Sous-Classe :	<i>Gamopétale</i>
Ordre :	<i>Lamiales</i>
Famille :	<i>Lamiaceae</i>
Genre :	<i>Mentha</i>
Espèce :	<i>Mentha spicata</i>

I.11.3- Les noms vernaculaires de *Mentha spicata*

- **Nom commun** : menthe verte, menthe douce, menthe chewing-gum, menthe des jardins, menthe romaine, menthe sauvage, baume vert (Pauline, 2015).
- **Nom botanique** : *Mentha spicata*, *Mentha viridis* L, *Mentha silvestris* L., *Mentha longifolia* (Fournier, 1999).

I.11.4- Description botanique et Phénologie

Cette espèce est une plante herbacée vivace de 25 à 75 cm de long, à tige rameuses quadrangulaires droites, munies de feuilles lancéolées de 3 à 5 cm de long et de 1 à 2 cm de large presque sessiles, vert sombre. Les fleurs en verticilles de couleur rose ou lilas. Elles sont groupées en étroits, allongés et aigus. Ses stolons sont souterrains (Ait-Ouahioune, 2005).

La menthe verte fleurit de la fin du printemps au début de l'automne (de juin à septembre/octobre), parfumée et mellifère. Ses feuilles sont persistantes (Douay, 2008).



Figure n° 9: Les différentes parties constituant l'espèce *Mentha spicata* (Douay, 2008).



Figure n° 10 : La plante de *Mentha spicata*

I.11.5- Composition chimique

Le tableau n°3 regroupe les différents constituants chimiques de *Mentha spicata*

Tableau n° 3: Composition chimique de l'HE de *Mentha Spicata L* (Guy, 2005).

Hydrocarbures terpéniques	<ul style="list-style-type: none"> - Myrcène 0,7 à 2,5% - Limonène 5 à 11,4% - Germacrène D 0,1 à 4,1% - β-pinène 0,3 à 0,7% - α-pinène 0,2 à 0,6% - β-caryophyllène 0,1 à 1,6%
Alcools	<ul style="list-style-type: none"> - Menthol 0,2% - Linalol 0,1 à 0,8% - α-terpinéol 0,2 à 2,7% - 4-terpinéol 0,2 à 2,7% - Dihydrocarvéol 1,2 à 5,9% - Néodihydrocarvéol 1,6 à 3,9% - Cis-carvéol 0,3 à 2,4% - Trans-carvéol 0,5 à 2,3%
Cétones	<ul style="list-style-type: none"> - Cis-dihydrocarvone 1,9 à 3,5% - Carvone 39,1 à 69,9%
Esters	<ul style="list-style-type: none"> - Acétate de dihydrocareveyl 1,4 à 3,5% - Acétate de trans-carveyle 0,7 à 5,9% - Acétate de cis-carveyle 2%
Ethers	<ul style="list-style-type: none"> - 1,8-cinéole 1 à 3,4% - Composé soufré / - Menthe sulfure Traces

Chapitre 2:

Les huiles essentielles

II – Les huiles essentielles :

II.1- Définition des huiles essentielles

Ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveur généralement fortes, extraites à partir des différentes parties de certaines plantes aromatiques, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression, par solvant ou par d'autres méthodes (**Belaiche, 1979; Valnet, 1984; Wichtel et Anthon, 1999**). Pour **Bruneton (1999)**, les huiles essentielles (=essences=huiles volatiles) sont «des produits de compositions généralement assez complexes renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation».

La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme: «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (**Garnero, 1996**).

II.2- Répartition botanique des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Parmi les 1500000 espèces végétales recensées, seulement 10% sont capables de synthétiser une essence. Ces plantes sont alors dites « aromatiques » (**Bruneton, 1999; Degryse et al., 2008**).

Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier les Labiées, les Ombellifères, les Myrtacées et les Lauracées (**Baser et Buchbauer, 2010**).

II.3- localisation et fonction des huiles essentielles dans la plante

Selon **Bruneton (1999)**, les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, les plantes capables d'élaborer les constituants qui composent ces huiles essentielles sont connues sous le nom de plantes aromatiques, réparties dans un nombre limité de familles, ex: Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées, etc.

Tous les organes végétaux peuvent renfermer des huiles essentielles en particulier les sommités fleuries (Lavande, Menthe). On les trouve aussi dans les écorces (Cannelier), les racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), les fruits (Anis, Fenouil, Badiane), le bois (Camphrier), les feuilles (Citronnelle, Eucalyptus), les graines (Muscade) et les boutons floraux (clou de Girofle) (**Belaiche, 1979; Paris et Hurabielle, 1981; Bruneton, 1999; Ghestem et al., 2001**).

Pour **Guignard et al. (1985)**, il n'existe pas de règle générale concernant les lieux d'accumulation des métabolites secondaires telles que les huiles essentielles dans l'organisme végétal. Par contre pour **Garneau (2004)**, la plupart des huiles essentielles se retrouvent dans des glandes. Les structures glandulaires et les cellules sécrétrices isolées peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux, végétatifs et reproducteurs. Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe.

Les structures anatomiques spécifiques spécialisées dans la sécrétion des huiles essentielles sont très diverses: poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées) ou poches sécrétrices schizolyziques (Aurantiacées), des canaux sécréteurs (Conifères et Apiacées), poils sécréteurs (Lamiacées et Astéracées), et cellules sécrétrices isolées (Lauracées, Magnoliacées et Pipéracées) (**Belaiche, 1979; Paris et Hurabielle, 1981; Bruneton, 1999; Ghestem et al., 2001**).

Beaucoup de plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (**Rai et al., 2003**). Elles sont en général considérées comme des déchets du métabolisme (**Amiot, 2005**) ou des sous produits de l'activité métabolique d'une plante (**Banthrope et al., 1992 in Amiot, 2005**).

II.4- la composition physique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides à température ordinaire, d'odeur aromatique très prononcée, généralement incolores ou jaune pâle à l'exception de quelques huiles essentielles telles que l'huile de l'Achillée et l'huile de la Matricaire. Ces dernières se caractérisent par une coloration bleu à bleu verdâtre, due à la présence de l'azulène et du chamazulène (**Abou Zeid, 2000**).

Les huiles essentielles s'évaporent et se volatilisent à température ambiante. Très peu solubles dans l'eau à laquelle elles communiquent leurs odeurs, cette eau est dite «eau distillée florale». Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques (**Paris et Hurabielle, 1981; Bruneton, 1999; Abou Zeid, 2000; Ghestem et al., 2001**). Leur point d'ébullition est toujours supérieur à 100°C et dépend de leurs poids moléculaires par exemple les points d'ébullition du caryophyllène, du géraniol, du citral et du α -pinène sont 260°, 230°, 228° et 156°C respectivement (**Abou Zeid, 2000**), mais d'après **Valnet (1984)**, ce point varie de 160°C à 240°C.

Les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant

de l'oxygène, en même temps, leurs odeurs se modifient, leurs points d'ébullition augmentent et leurs solubilités diminuent. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode en dégageant de la chaleur (Duraffourd et al., 1990).

II.5- la composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique d'une huile essentielle est très complexe (Jocteur, 2007; Couic-Marinier et Lobsteine, 2013). Le terme «complexe» indique que ces huiles sont des mélanges de nombreux constituants à proportions très différentes (Cruz Cabral et al., 2013).

Le nombre de composants isolés est d'environ des milliers et il en reste beaucoup à découvrir (Bacis, 1999). La plupart des huiles essentielles sont constitués de 20 à 60 composés, dans de nombreux cas, un petit nombre de ces composés (1 à 5) sont majoritaires et représentent de 70 à 90% du mélange. Ces constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) et le groupe des composés aromatiques dérivés du phenylpropane, beaucoup moins fréquents. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (Bruneton, 1999).

II.5.1- Les terpènes

Les terpènes constituent une famille de composés largement répandus dans le règne végétal. Leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C_5H_8) reconnue par Wallach dès 1887 in Lamarti et al. (1994). Cet isoprène est à la base du concept de la «règle isoprénique» énoncée en 1953 par Ruzicka in Lamarti et al. (1994).

Les terpènes sont subdivisés selon le nombre d'unités isopréniques en: hémiterpènes (1 unité : C_5), monoterpènes (2 unités: C_{10}), sesquiterpènes (3 unités: C_{15}), diterpènes (4 unités: C_{20}), sesterpènes (5 unités : C_{25}), triterpènes (6 unités : C_{30}), carotènes (8 unités : C_{40}) et les polyisoprènes (n unités : C_{5n}) (Hernandez-Ochoa, 2005; Fillatre, 2011).

Les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures. Dans certaines huiles essentielles, les hydrocarbures prédominent (ex. l'essence de Térébenthine) dans d'autres, la majeure partie de l'essence est constituée de composés oxygénés. Il est à noter que l'odeur et le goût des huiles essentielles sont donnés par ces composés oxygénés. Parmi ces composés oxygénés, on note d'alcools (géraniol, linalol), d'esters (acétate de linalyle), d'aldéhydes (menthone, camphre, thuyone),

les cétones, les éthers, les phénols et les peroxydes (**Paris et Hurabielle, 1981; Svoboda et Hampson, 1999**).

Un terpène qui possède un oxygène est un terpénoïde. A noter que le terme terpène, anciennement employé pour caractériser l'ensemble de la classe des terpénoïdes, a une définition aujourd'hui plus restreinte et ne s'adresse qu'aux (mono)-terpénoïdes hydrocarbonés (**Baser et Buchbauer, 2010**).

Dans le cas des huiles essentielles, seuls sont rencontrés les terpénoïdes les plus volatils, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée, principalement les mono- et sesquiterpénoïdes et, beaucoup plus rarement, les diterpénoïdes. Les monoterpénoïdes représentent à eux seuls environ 90% des huiles essentielles (**Richter, 1993; Bruneton, 1999; Bakkali et al., 2008**).

II.5.2- Les composés aromatiques:

Les huiles essentielles renferment aussi des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C₆-C₃), mais qui sont beaucoup moins fréquents que les terpènes et dont la biogenèse est totalement différente (**Paris et Hurabielle, 1981**). **Bruneton (1999)** considère que ces composés sont très souvent des allyl- et propenyl phénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles d'Apiacées (Anis, Fenouil : anéthole, anisaldehyde, méthyl-chavicol=estragole. Persil : apiole) mais aussi de celles du Girofle (eugénol), de la Muscade (safrol, eugénol), de l'Estragon (eugénol), du Basilic (eugénol), de l'Acore (asarones) ou des Cannelles (cinnamaldéhyde eugénol safrol). On peut également selon le même auteur, rencontrer dans les huiles essentielles des composés en C₆-C₁ comme la vanilline (assez fréquente) ou comme l'antranilate de méthyle. Les lactones dérivées des cinnamiques (par exemple les coumarines) étant, au moins pour les plus simples d'entre elles, entraînaibles par la vapeur d'eau, elles seront également présentes dans certaines huiles essentielles.

II.5.3- Les composés d'origines diverses:

Ce sont des produits résultant de la transformation de molécules non volatiles entraînaibles par la vapeur d'eau. Il s'agit de composés issus de la dégradation d'acides gras, de terpènes. D'autres composés azotés ou soufrés peuvent subsister mais sont rares. Enfin, il n'est pas rare de trouver dans les concrètes des produits de masses moléculaires plus importantes non entraînaibles à la vapeur d'eau, mais extractibles par les solvants: homologues des phénylpropanes, diterpènes, etc... (**Bruneton, 1999**). **Abou Zeid (1988)** signale que le

composé soufré le plus rencontré est l'allyl-isothiocyanate issu de la dégradation d'un glucoside sinigraside qui se trouve dans les graines de moutarde noire. Ce composé est incolore, fluide et de saveur piquante. Certaines plantes aromatiques produisent des huiles essentielles dont les composés terpéniques renfermant l'élément nitrogène. Parmi ces composés on cite l'indole, qui se trouve dans l'huile essentielle de citron et des fleurs de jasmin.

II.5.4- Chymotype:

La composition chimique de l'huile essentielle de certaines plantes peut varier à l'intérieur d'une même espèce. En effet une même plante aromatique, botaniquement définie, synthétise une essence qui sera biochimiquement différente en fonction du biotope dans lequel elle se développera; ces variétés chimiques sont communément appelées chémotypes, types biogénétiques, races chimiques ou races biologiques.

Biochimiquement différent, deux chémotypes présenteront non seulement des activités thérapeutiques différentes mais aussi des toxicités très variables (**Baudoux, 1997**). La non-connaissance de cette notion capitale et le manque de précision laissent la porte ouverte aux échecs thérapeutiques et à la toxicité de certaines d'entre elles (**Laouer, 2004**).

II.5- Principaux domaines d'application des huiles essentielles

En raison de leurs diverses propriétés, les huiles essentielles sont devenues une matière d'importance économique considérable avec un marché en constante croissance. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers secteurs industriels comme en pharmacie par leurs pouvoirs antiseptique, analgésique, antispasmodique, apéritif, antidiabétique..., en alimentation par leur activité anti-oxydante et leur effet aromatisant, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante

II.5.1 – Aromathérapie

L'aromathérapie est une forme de médecine alternative dans laquelle les H.Es ont une grande importance car elles induisent de nombreux effets curatifs. Ainsi elles s'utilisent de plus en plus dans diverses spécialités médicales telles que: la podologie, l'acupuncture, la masso-kinésithérapie, l'ostéopathie, la rhumatologie ainsi que dans l'esthétique (**Sallé, 1991**).

II.5.2 – Agro-alimentaire

En vertu de leurs propriétés antiseptiques et aromatisantes, les H.Es sont employées quotidiennement dans les préparations culinaires (ail, laurier, thym,...). Elles sont également très prisées en liquoristerie (boissons anisées, kummel) et en confiserie (bonbons, chocolat,...). Leur pouvoir antioxydant leur permet de conserver les aliments en évitant les moisissures, conservation du *smen* par exemple par le thym et le romarin (**Teissedre et Waterhouse, 2000**).

II.5.3 – Cosmétologie et parfumerie

Les H.Es sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de rose, de jasmin, de violette, de verveine.

Les H.E.S sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques: les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons, etc (**Seu-Saberno et Blakeway, 1984**).

II.5.4 – Pharmacie

Les essences issues des plantes sont utilisées en grande partie dans la préparation d'infusion (menthe, verveine, thym,...) et sous la forme de préparations galéniques (**Sallé, 1991**). Plus de 40% de médicaments sont à base de composants actifs de plantes, par exemple gastralgine est un digestif anti-acide qui se compose d'H.E de carvi (**Pharmacopée Européenne, 1999**).

De même, elles permettent par leurs propriétés aromatisantes de masquer l'odeur désagréable de médicaments absorbés par voie orale. Aussi beaucoup de médicaments vendus en pharmacie sont à base d'E.H comme par exemple les collyres, les crèmes, les élixirs. (**Richard, 1999**).

II.5.5 – Agronomie

Les modes d'application des huiles essentielles en agriculture sont très variés soit par fumigation, attractif ajouté aux pièges à phéromones, répulsif ou par contact (**Regnault-Roger et Hamraoui, 1995**). Outre leurs activités biologiques, les huiles essentielles présentent d'autres caractéristiques qui en font des produits adaptés dans la lutte contre les nuisibles.

II.6- Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales (Sallé, 2004). En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (les flavonoïdes ou les tanins, par exemple), du rendement en l'huile et de la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Crespo *et al.*, 1991; Hellal, 2011).

Plusieurs techniques permettent d'extraire les huiles essentielles de végétaux :

- La distillation à la vapeur d'eau
- La pression à froid
- L'extraction avec du solvant
- L'enfleurage...
- l'hydro diffusion
- l'extraction assistée par micro-ondes
- l'extraction par un fluide à l'état supercritique

II.7- La conservation des huiles essentielles

A cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière, les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques et fermés hermétiquement (Valnet, 1984; Salle et Pelletier, 1991).

II.8- Le Rôle de l'huile essentielle dans la plante

Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (Bruneton, 1999; Abou Zeid, 2000; Guignard, 2000).

D'autres auteurs affirment que les huiles essentielles jouent un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement.

Belaiche (1979) signale que l'utilité des huiles essentielles pour les plantes désertiques est liée à la conservation d'une humidité indispensable à la vie des plantes. Les vapeurs aromatiques permettent de saturer l'air autour de la plante empêchant, le jour, la température de l'air de monter jusqu'à un degré insupportable pour la vie végétale et la nuit de baisser de façon excessive.

Chapitre 3:

Botrytis cinerea

III- *Botrytis cinerea*

III.1- Généralités sur le *B. cinerea*

À la frontière du saprophytisme et du parasitisme, *Botrytis cinerea* Pers., [forme imparfaite du *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel.] est le champignon Ascomycète responsable de la pourriture grise (moisissure grise, pourriture de la grappe) chez des centaines de plantes hôtes dans le monde.

L'étymologie de son nom fait référence directement à sa morphologie: «*Botrytis*» signifie «en forme de grappe», indiquant ainsi la morphologie des conidiophores, et «*cinerea*» renvoie à la couleur gris-cendrée de la sporulation. Le genre *Botrytis* a été décrit pour la première fois en 1729 par Pier Antonio Micheli qui le répertorie dans le «*Nova Plantarum Genera*» puis de manière définitive par Hennebert, comme la majorité des espèces du genre (**Groves et al., 1953; Hennebert, 1973**). Le nom *Botrytis cinerea* a été proposé par Elias Magnus Fries, le botaniste suédois qui, à la suite de Linné, fut le fondateur de la systématique des champignons.

La maladie causée par cet agent pathogène engendre des pertes économiques importantes dans plusieurs types de culture (**Veloukas et al., 2011**), ce qui engendre des pertes pouvant atteindre 20% des récoltes mondiales (**Elad et al., 2004**). Sur cultures maraîchères, viticoles et horticoles, en pré-ou en post-récolte, cette maladie conduit à des pertes importantes de rendement (**Fernandez-Ortuno et al., 2012**). Il s'attaque aux fruits (ex. raisin, fraise) et aux légumes (ex. tomate, laitue) de diverses productions végétales, mais aussi aux plantes ornementales (ex. tournesol, rose) (**Kim et Xiao, 2011; Leroux et al. 2002; Veloukas et al., 2011; Yin et al., 2011**). En plus d'être considéré comme un champignon nécrotrophe, *B. cinerea* se caractérise principalement par son cosmopolistique, sa polyphagie, sa variabilité génétique et sa capacité de s'adapter facilement à son environnement (**De Miccolis Angelini et al., 2010; Kretschmer et Hahn, 2008; Martinez et al., 2005**).

III.2- Systématique de le *B. cinerea*

Selon Ibrahim Ghaleb (1990) ce champignon est classé comme suit :

Règne :	<i>fungi</i>
Embranchement :	<i>Ascomycota</i>
Sous Embranchement :	<i>Pezizomycotina</i>
Classe :	<i>Leotiomycetes</i>
Ordre :	<i>Helotiales</i>
Famille :	<i>Sclerotiniaceae</i>
Genre :	<i>Botryotinia</i>
Espèce :	<i>Botrytis cinerea</i>

III.3- Description de l'agent pathogène

Sur milieu PDA, ce champignon se présente sous forme de colonies blanches qui prennent ensuite une teinte grise. Les conidies sont ovoïdes ou rondes, hyalines et d'une taille comprise entre 11et 15 μm . Elles sont produites dans des bouquets à l'extrémité de conidiophores ramifiés. Ce champignon peut produire également des sclérotés à contours irréguliers et noirs (1-5 mm de diamètre). La sporulation est provoquée par l'exposition à la lumière (Rosenberger, 1990).

Botrytis cinerea peut se présenter ou survivre sous différentes formes telles que le sclérote, le mycélium, les macroconidies, les microconidies et les ascospores.

III.4- Cycle de développement

Botrytis cinerea est un parasite nécrotrophe qui est incapable de se développer dans des tissus végétaux vivants. Il doit donc tuer les cellules au préalable en diffusant à l'extrémité des hyphes en croissance des sécrétions phytotoxiques (Kamoen, 1989).

Lors de l'infection de la plante hôte par ce champignon un mycélium blanc qui correspond à l'élongation des hyphes grêles et hyalins commence à se développer ensuite lorsque les conditions deviennent favorables, *B. cinerea* fructifie pour donner des conidies (Braun et Sutton, 1987).

Le mycélium de *B. cinerea* comprend des filaments articulés, grisâtres ou olivâtres, cylindriques, quelquefois vésiculeux au niveau de la cloison médiane, dont le diamètre varie considérablement suivant les conditions de développement des hyphes (Kamoen, 1989).

Les conidies prennent une part importante dans la dissémination du champignon. Les conidies sont produites dès le printemps dans le cas de culture en plein champ. En revanche, elles peuvent être produites en continue, selon les conditions climatiques, dans le cas de cultures sous abris. Leur libération est favorisée par un climat humide, puis elles sont transportées par le vent, la pluie et les insectes (**Holz et al., 2004**).

Le développement des conidies se manifeste par la production de conidiphores dressés en touffes souvent étendues, constituant un feutrage intense gris (**Holz et al., 2004**).

Lorsque les conditions deviennent défavorables au développement de mycélium et de conidies il se conserve dans le sol et sur les débris de végétaux morts sous forme de sclérotés qui peuvent rester viables pendant plusieurs années (**Agrios, 2005**).

Ces sclérotés sont constitués par un mycélium agrégé blanchâtre en vieillissant durcisse et devient noirâtre (**Coley Smith, 1980**) et peuvent germer et produire du mycélium ou conidies. ou des apothécies (**Coley Smith et al., 1971**).

III.5- Gamme d'hôte de *B. cinerea* et cycle épidémiologique

B. cinerea est un champignon pathogène ubiquiste et polyphage, capable d'infecter plus de 200 espèces de plantes dicotylédones et monocotylédones, causant des pertes économiques importantes sur les cultures avant et après récolte (**Rosslenbroich et al., 2000; Gudelj et al., 2004; Hubert et al., 2005**).

Il affecte de nombreuses productions végétales d'importance économique en culture sous serre ou en plein champ, comme par exemple: le raisin, la pomme, la poire, la cerise, la fraise et le kiwi en production fruitière ; l'aubergine, la carotte, la laitue, le concombre, le poivron, la tomate, la courgette en production légumière ou des plantes ornementales comme la rose, le gerbera ou le cyclamen

III.6- Symptômes et dégâts

Au niveau des blessures contaminées, *B. cinerea* a une évolution d'autant plus rapide que les fruits sont plus mûrs. Si l'atmosphère du local de conservation est très humide, un mycélium blanc et dense peut apparaître en surface et contaminer les fruits sains adjacents provoquant la formation de 'nids' de pourriture dans les caisses (**Bondoux, 1992**).

Les symptômes qui sont les plus typiques pour les feuilles et les petits fruits sont l'apparition de taches brunes, suivis par l'apparition de feutrage grisâtre, qui sont en fait les conidies (**Williamson et al., 2007**)



Figure n° 11 : Symptômes causés par l'agent pathogène *Botrytis cinerea* sur différents hôtes.

III.6- Les facteurs de développement:

III.6.1- La température:

La température optimale pour la croissance mycélienne varie selon les souches de *B. cinerea* mais dans l'ensemble elle est comprise entre 18 et 23°C (Jarvis, 1977). Tandis que la température optimale pour la germination des conidies est comprise entre 20 et 30 °C. À des températures inférieures à 5 °C et supérieures à 35 °C, les spores de *B. cinerea* ne germent pas après 48 heures d'incubation. A 10 °C la germination est très retardée avec seulement 60% de conidies germées 48 heures après l'inoculation (Shiraishi et al., 1970a). Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C. (Thomas et al., 1986).

III.6.2- L'humidité:

L'humidité relative et la disponibilité en eau à la surface des plantes ont toujours été considérées parmi les facteurs majeurs influençant le processus des infections dues au genre *Botrytis* (Blakeman, 1980). Jarvis (1977) a rapporté que les conidies de *B. cinerea* germent à 100% à 20 °C, 15 °C et 5 °C avec 100% d'humidité. Snow (1949), estime que les conidies de

B. cinerea ont besoin de niveaux élevés d'humidité relative pour la germination. A 95% d'humidité relative, seulement 80% des conidies de *B. cinerea* germent à 15°C et 5°C. À 90% d'humidité relative, 85% des conidies germent à 20°C, et la germination s'arrête quand les conditions d'humidité relative et de température sont plus faibles (Jarvis, 1977). Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C et 94% d'humidité relative (Thomas et al., 1986). D'après O'Neill et al., (1997), la phase de sporulation est favorisée par une forte humidité relative et l'interruption de ces conditions entraîne un retard de sporulation. Enfin, les apothécies sont généralement produites dans des conditions fraîches et humides (Kochenko, 1972).

III.6.3- La lumière:

La germination des conidies de *B. cinerea* se produit aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, pourvu qu'il y ait de l'eau et des nutriments en quantité suffisante (Blakeman, 1980). La sporulation de *B. cinerea* est par contre dépendante de la qualité de la lumière reçue et surtout des UV (Elad, 1997; Nicot et al., 1996; West et al., 1993). La survie des conidies dans l'air est également influencée par la qualité de la lumière. D'après Rotem et Aust (1991), les rayons UV influencent fortement la mortalité des conidies; la longévité sous UV a été réduite à 3 minutes contre 14 mois pour les conidies sèches incubées à température ambiante (Salinas et al., 1989).

III.6.4- Exigences nutritives:

De nombreuses expériences ont montré que la germination de *B. cinerea* dans l'eau était significativement plus faible que dans une solution nutritive (Kosuge et Hewitt, 1964). La germination des spores de *B. cinerea* dans l'eau (absence de nutriments) a cependant été observée pour certaines souches (Doehlemann et al., 2006). La présence de nutriments tels que le glucose et le fructose favorise la germination et l'élongation du filament germinatif (Clark et Lorbeer, 1977; Kosuge et Hewitt, 1964) et permettent à des conidies âgées de retrouver leur pouvoir germinatif (Shiraishi et al., 1970b).

III.7- La lutte contre *Botrytis cinerea*

III.7.1- Méthodes prophylactiques

Selon Bernard et Bugaret (2002) la prophylaxie en matière de protection des végétaux représente l'ensemble des mesures pouvant être conseillées afin de prévenir ou défavoriser l'installation d'un organisme nuisible et son développement dommageable sur un

territoire déterminé :

-Retirer de la parcelle ou de la serre les feuilles sénescentes et les organes infectés afin de réduire les sources d'inoculum (**Richard and Boivin, 1994**). *Botrytis cinerea* est capable de coloniser rapidement les tissus nécrotiques (**Köhl et al., 1999**) et de produire des quantités importantes d'inoculum secondaire par la suite. **Dik et Wubben (2004)**.

-Réduire la densité de plantes afin de limiter les zones de confinement entraînant l'accroissement de l'humidité relative et de la condensation dans les serres (**Daugaard et al., 2003; Jarvis, 1992**). **Dik et Wubben (2004)** ont remarqué que le taux de fleurs de cyclamen infectées par *B. cinerea* augmente avec la densité des plantes.

-Raisonner la fertilisation afin de limiter le développement de *B. cinerea*. L'apport de certains composés dans le sol peut limiter le développement de la maladie sur la plante. L'efficacité de cette méthode est confirmée par plusieurs études et sur plusieurs cultures (**Daugaard et al., 2003; Elad and Volpin, 1993; Vancon, 1992; Volpin and Elad, 1991**).

III.7.2- lutte biologique

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes, champignons filamenteux, levures et bactéries, afin de réduire la densité de l'inoculum de l'agent pathogène ou d'altérer son activité pathogène.

La protection conférée par un agent biologique peut être basée sur un ou plusieurs mécanismes d'action: la compétition pour les éléments nutritifs ou l'espace.

le parasitisme, la production de substances toxiques pour le pathogène (antibiose) et/ou la stimulation des défenses de la plante (**Thomashow et Weller, 1996 ; Yedida et al., 1999; Haas et al., 2000**).

Le champignon le plus largement étudié est le *Trichoderma spp.* Les travaux sur le bio contrôle de *B. cinerea* à l'aide de ce champignon ont débuté il y a 30 ans (**Dubos et al., 1978, 1982**). Des produits à base de *T. harzianum* et *T. viride* ont été formulés afin d'être commercialisés en tant qu'anti-*Botrytis*

Tableau n° 4: les produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre *Botrytis cinerea* (d'après Elad and Stewart, 2004 ; Fravel, 2005)

Nom de produit	Antagoniste	Utilisation	Fabricant/Pays
Trichodex	<i>Trichoderma harzianum</i>	En vignes et en cultures sous serre	Makhteshim
Binab	<i>Trichoderma harzianum</i> et <i>Trichoderma polysporum</i>	Culture de fraise	Binab Bio-Innovation AB, Suède
Mycostop	<i>Streptomyces griseoviridis</i>	En serre sur concombre, tomate, poivron, laitue et plantes ornementales	Kemira Gro Oy, Finlande
Plantshield	<i>Trichoderma harzianum</i>	Culture sous serre	BioWorks Inc, EtatsUnis
Botry-Zen	<i>Ulocladium oudemansii</i>	Vignes	Botry-Zen Ltd, Nouvelle-Zélande
Aspire	<i>Candida oleophila</i>	Fruits après récolte	Ecogen, Etats-Unis
Yield Plus	<i>Cryptococcus albidus</i>	Fruits après récolte	Anchor Yeast, Cape Town, Afrique du Sud
Bio-save	<i>Pseudomonas syringae</i>	Fruits après récolte	Eco Science Corp, Etats-Unis
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i>	Cultures sous serre et de plein champ	Agra Quest, EtatsUnis

III.7.3- lutte chimique

La lutte chimique se définit par l'utilisation de fongicides pour détruire, affaiblir ou réprimer le champignon. A partir des années 1950, il y a eu une expansion rapide de l'emploi de produits phytopharmaceutiques, liée à l'essor de la chimie de synthèse.

Les fongicides anti-*Botrytis* utilisés en végétation ont largement évolué depuis le début des années 1970, où les premières matières actives apparues sur le marché français pour lutter contre la pourriture grise furent le folpel, le captafol, l'euparène (dichlofluanide) et le thirame. Des progrès ont été réalisés dans les années 1970 avec la commercialisation des benzimidazoles, des thiophanates, et des dicarboximides à partir de 1976 (Leroux et al., 1999).

Actuellement, les fongicides restent des outils indispensables pour lutter contre *B. cinerea* en pré- et post-récolte et assurer une production suffisante (Leroux, 2004). Une liste de produits phytopharmaceutiques homologués en France contre *B. cinerea* sont citée dans le tableau 2 (ACTA, 2008).

La plupart des fongicides affectent directement des fonctions essentielles, comme par exemple la respiration, la biosynthèse des stérols ou la division cellulaire (Leroux, 2004).

L'utilisation de produits phytopharmaceutiques peut entraîner le développement de souches résistantes à ces fongicides (Latorre et al., 2002; Leroux, 2004; Sergeeva et al.,

2002). **Bollen et Scholten (1971)** sont, par exemple, les premiers à isoler une souche de *B. cinerea* résistante au bénomyl sur du cyclamen traité pendant 2 semaines avec du benlate.

Dans les cultures sous serre, la résistance au bénomyl dans les populations de *B. cinerea* se stabilise à un pourcentage très élevé et persiste pendant de nombreuses années après l'arrêt des traitements (résistance permanente), probablement du fait d'une compétitivité identique à celle des souches sensibles (**Faretra et al., 1989; Katan et al., 1989**).

De même, les applications fréquentes sur vigne de benzimidazoles et de thiophanates (bénomyl, carbendazime, thiophanate-méthyl par exemple) ont provoqué très vite l'apparition de souches résistantes à ces molécules (**Georgopoulos, 1977**).

Des souches résistantes aux fongicides de la famille des dicarboximides, tels que l'iprodione, le vinchlozoline et la procymidone, sont apparues pour la première fois en 1977 (**Pappas et al., 1979**).

Ces résistances sont encore détectées aujourd'hui (**Myresiotis et al., 2007**). Une double résistance aux dicarboximides et aux benzimidazoles a été signalée en 1979 pour la première fois (**Pappas et al., 1979**).

En 1987, l'association du diéthofencarbe et du carbendazime (Sumico L) démontre son efficacité sur les souches résistantes à plusieurs familles de fongicides (**Elad et al., 1992a**). Cependant, de nouvelles résistances sont apparues là-aussi, quoique de type non-persistant (**Leroux and Moncomble, 1993**).

Actuellement, on observe des résistances à la majorité des familles de fongicides utilisées contre *B. cinerea* (**Couderchet, 2003; Leroux, 2004**). Ces phénomènes de résistance constituent un problème dans la lutte contre *B. cinerea*, justifiant ainsi l'intérêt actuel pour l'étude de méthodes alternatives à la lutte chimique contre ce champignon.

Tableau n° 5 : Principaux produits phytopharmaceutiques homologués en France contre *B. cinerea* (ACTA, 2008 ; <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>)

Famille de fongicides	Matière(s) active(s)	Effet	Cible	Exemple de plantes traitées	Exemples de spécialités commerciales
<i>Sulfamides</i>	Dichlofluanide	Contact	multi-sites	Vigne, Fraise	Euparène
<i>Phénylpyrroles</i>	Fludioxonil	Contact	Polyols et osmorégulation: histidine, protéine kinase	Vigne	Sekoya, Shirlan
<i>Anilino-pyrimidines</i>	Pyrimethanil, Cyprodinil	Contact + Vapeur + Activité translaminaire	Biosynthèse des acides aminés ou des protéines	Vigne, Tomate	Scala, Sari TF, Toucan
<i>Hydroxyanilides</i>	Fenhexamid	Contact	Biosynthèse de stérole, inhibition de la 3-cetaréductase (C4-déméthylaon)	Tomate, Fraise	Lazulie, Teldor
<i>Dicarboximides</i>	Iprodione	Contact	Polyols et osmorégulation: histidine, protéine kinase	Vigne, Tomate	Rovral, Rovral Aqua flo, Chipco Green
<i>Carboxamides</i>	Boscalide	Contact et Systématique	Inhibition la succinate ubiquinone réductase, arrêt de la respiration et la production d'énergie	Vigne, Haricot	Cantus, Pictor pro
<i>Strobilurines</i>	Azoxystrobine	Contact et Systématique	Blocage de la respiration + arrêt de la production d'énergie	Fraise	Amistar, Ortiva, Heritage
<i>Chlorothalonil</i>	Chloronitriles	Contact	Réactions enzymatiques chez les spores	Vigne	Dorimat, Fungistop DF, Fungistop FL
<i>Cyproconazole + Chlorothalonil</i>	Triazoles+ Chloronitriles	Contact	Réactions enzymatiques chez les spores	Vigne	Citadelle, Marathon, Milfal

Chapitre 4:
Effet antifongique des
l'huiles essentielles de
quelques plantes (lamiacée)
sur la croissance mycélienne
de *Botrytis cinerea*

IV.1- Objectif du travail

Nous avons optés pour une synthèse bibliographique concernant quelques travaux sur l'effet antifongique des huiles essentiels des plantes de la famille des *lamiacée* vis- à-vis de *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise, tout en présentant certains des résultats obtenus. Cette synthèse permet de mettre en exergue les effets des huiles essentiels de Cinq plante de la famille des *lamiacée* contre *Botrytis cinerea* et aussi certains composants qui jouent un rôle important dans l'inhibition de la croissance mycélienne du champignon testé.

Pour ce faire nous nous sommes appuyés sur les travaux suivants:

Expérience 1: Rguez S. et *al.* (2013). Composition chimique, activité antifongique et activité insecticide de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*/ Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod.; 9(2): 65-76.

Expérience 2: Zarai et *al.*: The in-vitro evaluation of antibacterial, antifungal and cytotoxic properties of *Marrubium vulgare* L. essential oil grown in Tunisia. Lipids in Health and Disease 2011 10:161.

Expérience 3: de Nouri F. et Touahri H. (2016). Contribution à l'étude de l'activité fongicide des huiles essentielles des lamiacées (*Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*) sur *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise du fraisier. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master.

Expérience 4 : Deboukerrouche A. (2018). Evaluation de l'activité antifongique des extraits de *Thymus fontanessii* Boiss et Reut. Mémoire de master.

IV.2- Méthodologie et résultats

Les diffentes méthologies suivient et les résultats obtenus par les differents auteurs des travaux retenus sont cités ci-dessus sont comme suit.

Expérience 1(Rguez et *al.*, 2013)

Méthodes

Dans cette étude l'activité antifongique des huiles essentielles de sauge a été testée par l'utilisation de la méthode de diffusion des disques.

Le milieu PDA en surfusion (à 45°C) est additionné (1% v/v) d'une suspension de spores des champignons à tester (10^6 spores/ml) et d'un antibiotique (*sulfate de streptomycine* à 300 mg/ml) puis coulé dans des boites de Pétri (85 cm de diamètre). Des disques de papier Wattman stériles (6 mm de diamètre) imbibés par l'huile essentielle (de 1 à 10 µl/disque) sont déposés sur le milieu de culture inoculé par *Botrytis cinerae*. L'activité de cette huile est

Chapitre 4 : effet antifongique des huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

comparée à un volume égal (20 µl) à deux témoins positifs dont l'un est de synthèse (le *carbendazime* utilisé à 50 g/hl) et l'autre est biologique (Sp végétaux, appliqué à 150 ml/hl), trois disques sont utilisés.

Après incubation des cultures fongiques à 20°C pendant 5 jours, l'inhibition de la croissance des pathogènes étudiés est notée par la mesure du diamètre autour de chaque disque.

Resultats:

Les résultats obtenus sont consignés sur le tableau n°6 et sur la figuré n°12

Tableau n° 6 : Diamètres d'inhibition enregistrés en fonction de la dose de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* utilisée contre *Botrytis cinerea* en comparaison aux deux témoins positifs.

Diamètre d'inhibition (mm)	
Dose utilisée (µl)	<i>Botrytis cinerea</i>
1	8 e ± 0
2	10 d ± 0
3	10 d ± 0
4	10 d ± 0
5	10,16 ± 0,32d
7	14,16 ± 1,42 c
10	48,33 ± 1,63 a
Carbendazime	0 f
Sp. Végétaux	30 b

Les résultats obtenus dans cette expérience montrent que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* est efficace contre l'agent phytopathogène testé (*B. cinerea*) et que l'inhibition de la croissance enregistrée est proportionnelle à la dose utilisée.

L'efficacité de l'huile essentielle de sauge contre *B. cinerea* est évidente même aux plus faibles doses testées. En effet, la concentration minimale inhibitrice (CMI) est située à la dose 1 µl/disque.

L'huile essentielle de sauge paraît aussi plus efficace contre l'agent fongique testé que le *carbendazime* et le bio fongicide Sp végétaux

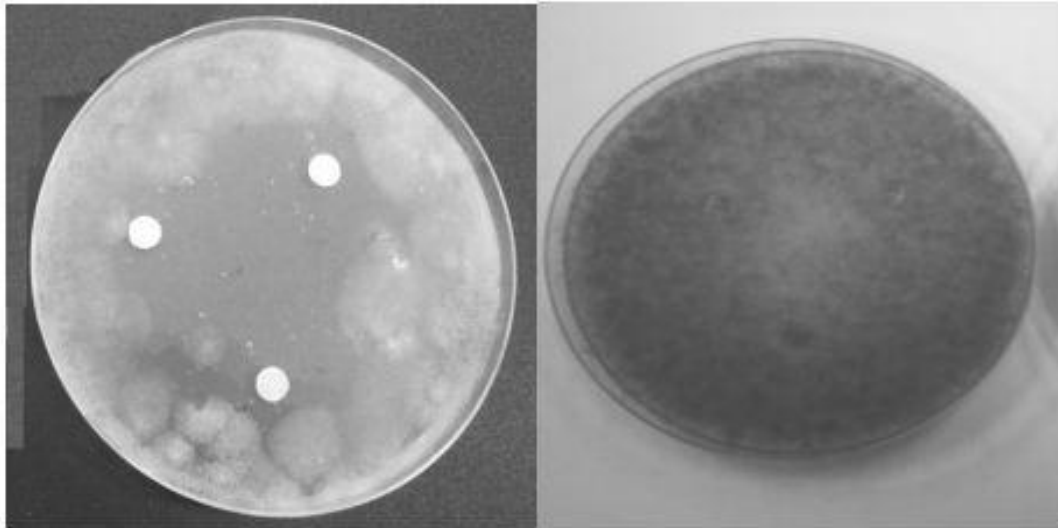


Figure n° 12 : Effet de l'huile essentielle de sauge appliquée à 10 µl par disque (à gauche) et de carbendazim (à droite) contre la croissance de *Botrytis cinerea* enregistrée après 5 jours d'incubation à 20°C.

Expérience 2 (Zarai et al., 2011) :

Méthode :

Les parties aériennes fraîches de *Marabium vulgare* (300 g) ont été hydrodistillées à l'aide d'un appareil de type Clevenger pour récupérer les huiles essentielles pendant 4 h. Les huiles essentielles distillées ont été séchées sur du sulfate de sodium anhydre, filtrées et conservées à + 4 ° C.

L'activité antifongique des huiles essentiels de marrube vulgare sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* a été déterminée en utilisant la méthode de diffusion de gélose sur disque en utilisant la gélose Sabouraud Dextrose (Omar-Hamza JM et al., 2006). Une aliquote (5 µl) de l'huile a été déposée sur des disques de papier stériles (6 mm de diamètre) qui ont ensuite été placés au centre des boîtes de Pétri inoculées. Après une période d'incubation de 24 h à 30 ° C, l'activité inhibitrice a été comparée à celle du cycloheximide commercial à une concentration de 10 mg / ml.

Chapitre 4 : effet antifongique des l'huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

Résultats :

Les résultats obtenus sont consignés sur le tableau n°7

Tableau n° 7 : activité antifongique de l'huile essentielle de *M. vulgare* contre la croissance mycélienne de *botrytis cinerea*, IC50 et concentration minimale d'inhibition (CMI) en comparaison avec un témoin positif.

Agent	DDa	IC50b	CMIc	DDd
<i>Botrytis cinerea</i>	12.6 ± 0.5	2190 ± 12	>1100.00	29 ± 1.0

DDa : Le diamètre de disque d'inhibition en (mm), huile essentiel. 100 µg / disque.

IC50b : Concentration inhibitrice médiane.

CMIc : concentration minimale inhibitrice (µg / ml).

DDd : Le diamètre du disque de la zone d'inhibition de cycloheximide (10 µg / disque).
(Témoin positif).

Le tableau n°7 montre l'efficacité de l'huile essentielle du marrube vulgare a reduire la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*. La zone d'inhibition du diamètre du disque est 12,6 mm, alors que les valeurs IC50 et CMI sont de 2190 µg / ml et 1100 µg / ml, respectivement.

Par rapport au témoin positif, le cycloheximide (généralement utilisé uniquement dans des applications de recherche in vitro comme fongicide, ne convient pas pour utilisation humaine comme composé thérapeutique), possède une activité inférieure à celle de l'huile essentielle testée. En effet, La zone d'inhibition du diamètre du disque allait de 29 mm.

Expérience 3 :

Dans cette expérience **Boukerrouche (2018)** a testé l'activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus fontanessii bois et reut* contre le *Botrytis cinerea*.

Méthode:

Des quantités de l'huile essentielle de *Thymus fontanessii* (03%, 02 %,01 %,0.3%, 0.1 %, 0.05 % et 0.01%) ont été mises dans des flacons et ajustées à 60 ml par le milieu PDA et 2 ml de Tween 80. Par la suite, le contenu a été agité durant 3 minutes pour être homogénéiser.

Ensuite, un volume de 60 ml de mélange (PDA + HE) a été coulé dans des boites de Pétri. Après refroidissement et solidification, des disques mycéliens de 05 mm de diamètre

Chapitre 4 : effet antifongique des l'huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

issus de la marge d'une culture de *Botrytis cinerea* âgée de 07 jours ont été prélevés avec un emporte pièce et déposé au centre de chaque boîte (1 disque par boîte).

Chaque concentration a été répétée 03 fois. Les boîtes ont été ensuite mises à incubées dans d'obscurité à une température de 27°C.

Une boîte témoin a été réalisée dans les mêmes conditions sans ajout d'huile essentielle. Les mesures ont été faites après 72 h d'incubation.

Résultats :

Les résultats obtenus dans cette expérience sont indiqués sur la figure13. Ils montrent un pouvoir inhibiteur très élevé des huilles essentiels de *Thymus fontanesii Boiss et Reut* sur la croissance mycélienne *Botrytis cinerea*. En effet, l'incorporation de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* au milieu de culture a permis l'inhibition complète (100%) de la coissance mycelienne de *Botrytis cinerae* même aux faibles concentrations (0.01% à 3%).

La figure N°14, représente le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de *B. cinerea* sous l'effet des doses de l'huile essentielle de *Thymus fontanessii Boiss et Reut*, elle met en exergue l'efficacité de l'huile essentielle de la *Thymus fontanessii Boiss et Reut* à contrôler la croissance mycélienne de *B. cinerea* avec un taux de 100%, même à faible concentration.

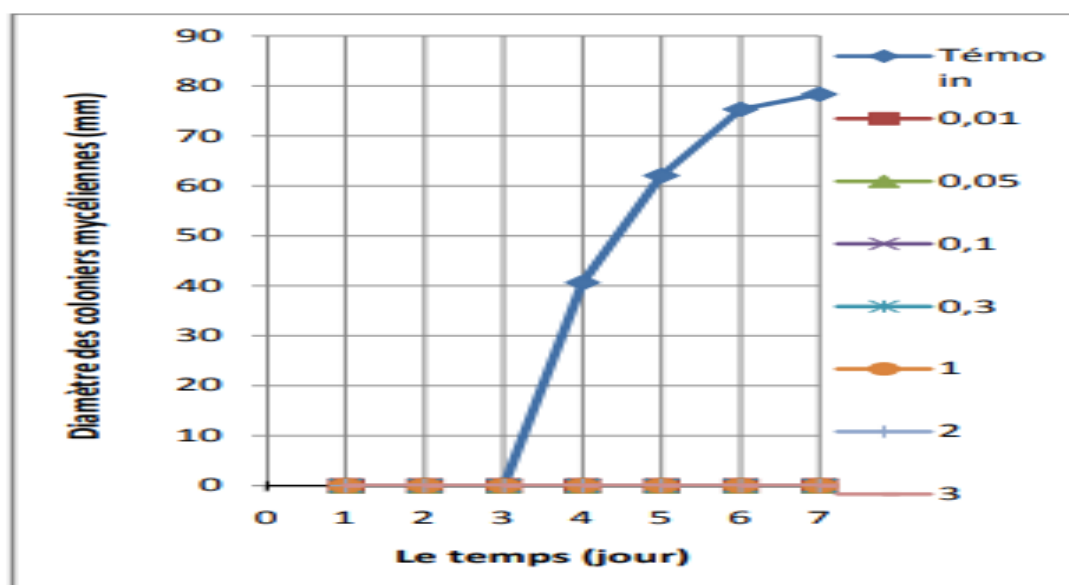


Figure n° 13 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss et Reut sur *B. cinerea* après 7 jours d'incubation.

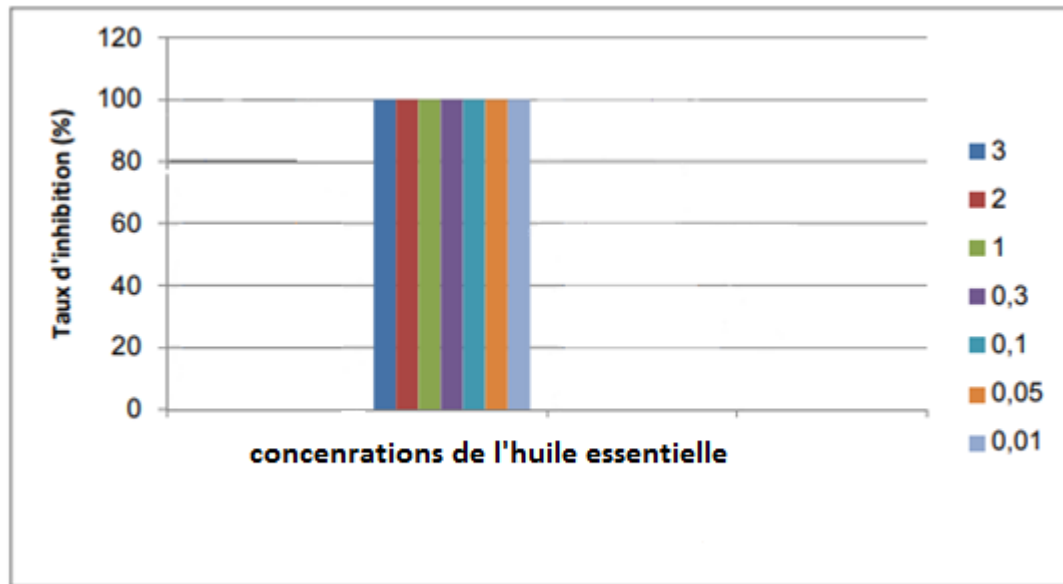


Figure n° 14 : Taux d'inhibition de *B. cinerea* par l'huile essentielle de *Thymus fontanessii* Boiss et Reut

Expérience 4 :

Dans cette expérience (Nouiri et Touahr, 2016) a testé l'activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et *Mentha spicata* contre le *Botrytis cinerea*

Méthode :

Des quantités de 01 μ l, 03 μ l et 05 μ l des huiles essentielles de *M. spicata* et *Thymus vulgaris* ont été mises dans des flacons et ajustées à 50 ml par le milieu PDA. Par la suite, le contenu a été agité durant 5 minutes pour être homogénéiser, Un volume de 15 ml de mélange (PDA + HE) a été coulé dans des boites de Pétri. Après refroidissement et solidification, des disques mycéliens de 05 mm de diamètre issus de la marge d'une culture de *Botrytis cinerea* âgée de 07 jours ont été prélevés avec un emporte pièce et déposé au centre de chaque boite (1 disque par boite).

Chaque concentration a été répétée 03 fois Les boites ont été ensuite incubées dans d'obscurité à une température de 28°C.

Chapitre 4 : effet antifongique des l'huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

Résultats :

Les résultats de l'effet inhibiteur des différentes concentrations des huiles essentielles des deux plantes lamiacées étudiées *Mentha Spicata L* et *Thymus vulgaris* sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* sont obtenus après 7 jours d'incubation

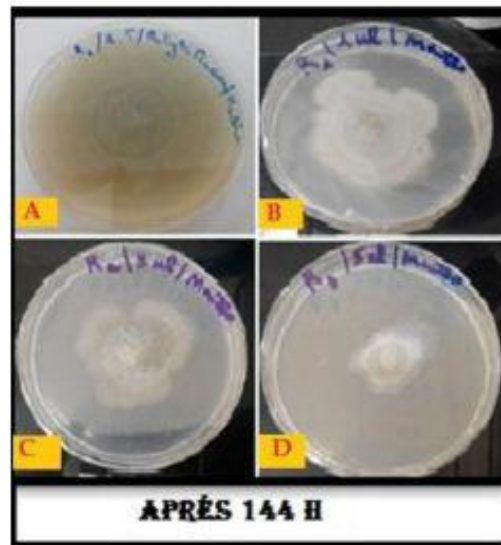


Figure n° 15 : Croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* après 144 h d'application des huiles essentielles de *Mentha Spicata L*.

A: 0% d'HE (témoin); B: 0,01% d'HE; C: 0,03% d'HE; D: 0,05% d'HE

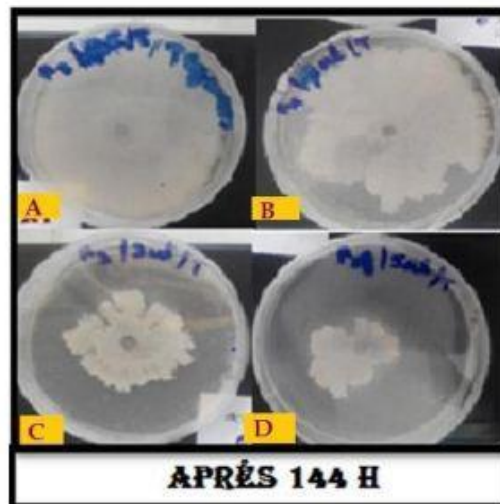


Figure n° 16 : Croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* après 144 h d'application des huiles essentielles de *Thymus vulgaris L*. (Originale, 2016) A: 0% d'HE (témoin); B: 0,01% d'HE; C: 0,03% d'HE; D: 0,05% d'HE

Chapitre 4 : effet antifongique des l'huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

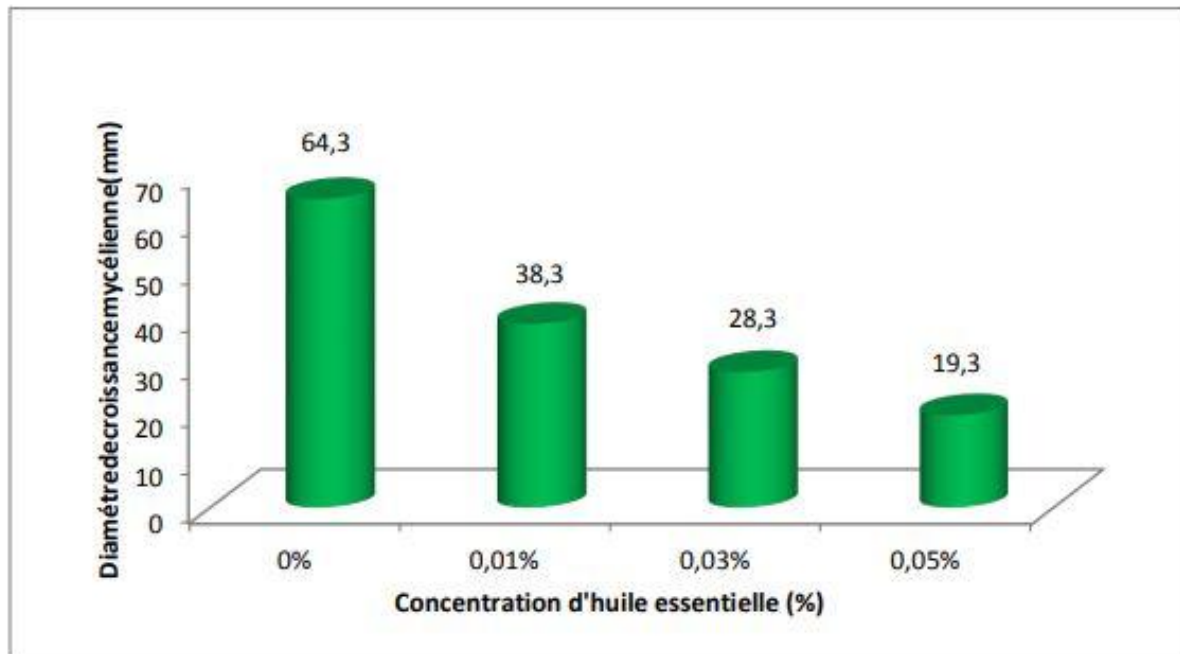


Figure n° 17 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de *Mentha spicata* sur *B. cinerea* après 7 jours d'incubation.

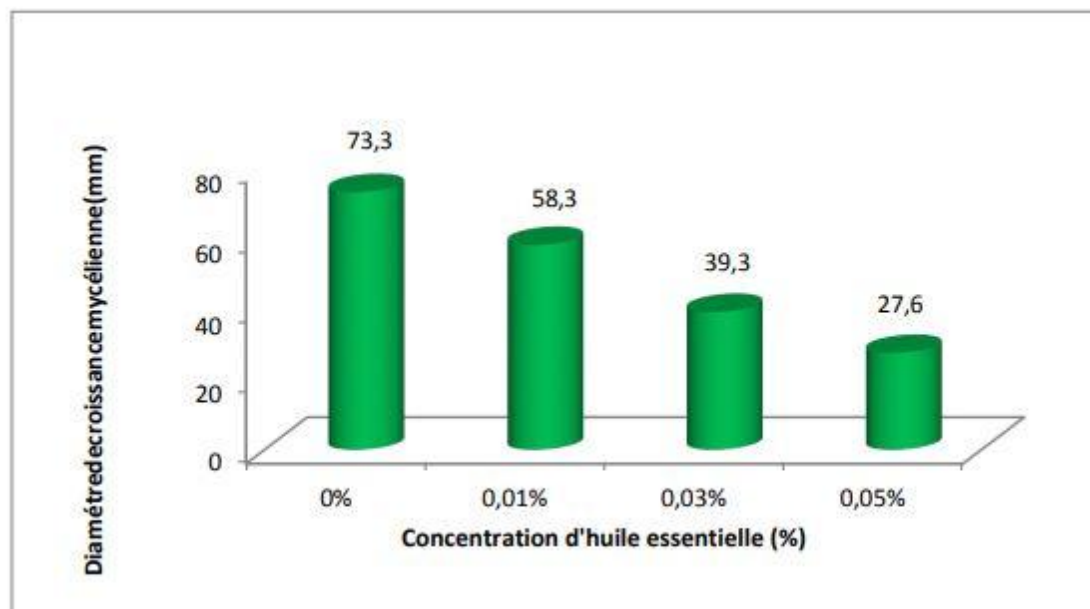


Figure n° 18 : Effet inhibiteur de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* sur *B. cinerea* après 7 jours d'incubation.

Les figures 17 et 18 montrent clairement l'efficacité antifongique des huiles essentielles pour les deux plantes utilisées sur la croissance mycélienne de *B. cinerea*. On remarque que la croissance mycélienne devient plus lente avec l'augmentation de la concentration. En effet, la

Chapitre 4 : effet antifongique des l'huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

concentration 0.05% a permis de ralentir le plus la croissance mycélienne de *B. cinerea*.

La plus grande croissance mycélienne a été enregistré à la concentration 0% (témoin: absence d'huile essentielle) alors que la plus faible a été notée avec la concentration 0.05%. En analysants les figures ci dessus, il apparait clairement que les huiles essentielles de la menthe verte sont plus efficaces par rapport à celles du thym.

Ces résultats confirment la capacité de des H.ES de *Thymus vulgaris* et *Mentha spicata* à ralentir le développement mycélien de *B. cinerea*.

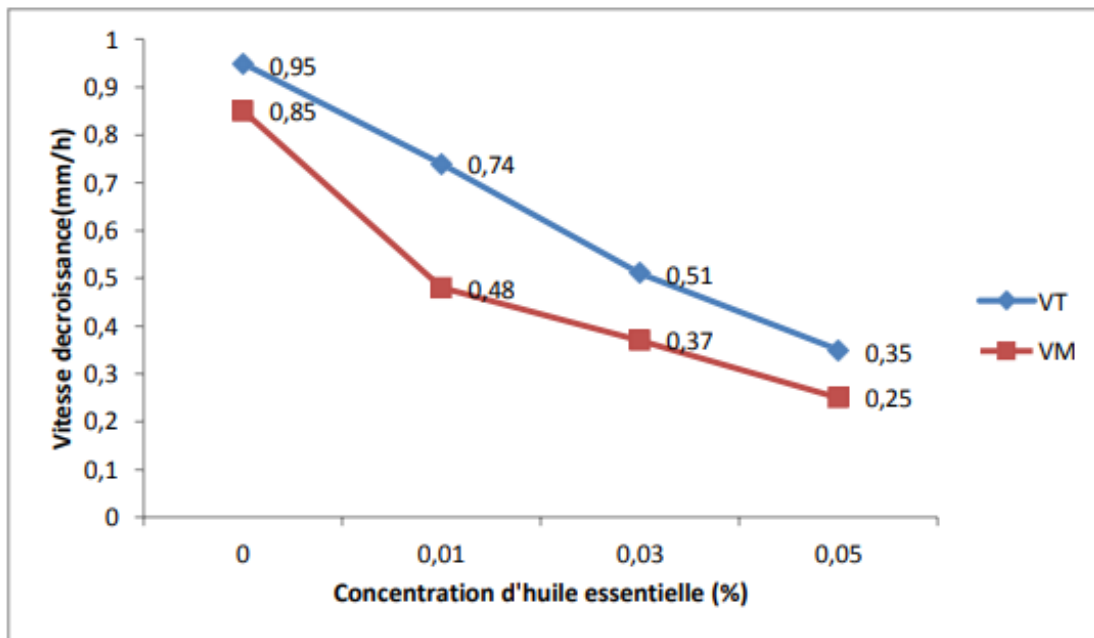


Figure n° 19 : Vitesse de la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* sous l'effet des différentes concentrations des huiles essentielles du *Thymus vulgaris* (VT) et de *Mentha spicata* (VM).

La figure 19 montre que la vitesse de la croissance mycélienne décroît avec l'augmentation de la concentration des huiles essentielles du thym et de la menthe.

La plus haute vitesse de croissance mycélienne de *B. cinerea* traité par les huiles essentielles des deux plantes lamiacées a été notée avec la dose 0% en absence des huiles essentielles pour les deux plantes testées avec des valeurs de 0.95 mm/h et 0,85 mm/h pour le thym et la menthe, respectivement. Tandis que la plus faible vitesse de croissance mycélienne a été observée avec la dose 0,05% (0,35 mm/h pour le thym et 0,25 mm/h pour la menthe verte)

Chapitre 4 : effet antifongique des huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

Selon ces résultats, on peut conclure que la vitesse de croissance mycélienne de *Botrytis cinerea* traité par les huiles essentielles de *Thymus vulgaris* est plus élevée par rapport à celle de *Mentha spicata* avec toutes les concentrations appliquées.

Discussion:

Les pesticides naturels basés, notamment, sur les huiles essentielles représentent une alternative intéressante pour la protection des cultures contre les insectes, les adventices et les champignons, et sont utilisées comme agents de lutte biologique dans plusieurs cas (**isman, 2004; dayan, 2009**).

Les résultats des tests retenus de l'effet des huiles essentiels de *Mentha spicata*, *Thymus vulgaris*, *Thymus fontanesii* Boiss et Reut, *Salvia officinalis*, et *Marrubium vulgare* montrent une forte inhibition de la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*.

L'huile essentielle de *Salvia officinalis* a provoqué une efficacité remarquable contre l'agent phytopathogènes testé (*Botrytis cinerea*), de même l'inhibition de la croissance enregistrée est proportionnelle à la dose utilisée. Avec la concentration 10 µl l'inhibition de la croissance mycélienne n'est pas totale, néanmoins cette huile s'est montrée très efficace à réduire la croissance mycélienne de l'isolat de *Botrytis cinerea* agent de la pourriture grise.

L'activité antifongique de l'huile essentielle de *S. officinalis* contre *Botrytis cinerea* peut être attribuée à différents composés. En effet, l' α - pinène présent dans cette huile à un taux de 1,52% peut jouer ce rôle car il a prouvé son efficacité dans l'huile essentielle d'*Asteriscus imbricatus* utilisée contre les souches *P. digitatum* et *P. expansum* (**Alilou et al., 2001**). Le 1,8-cinéole qui est un monoterpène oxygéné fortement concentré dans l'huile essentielle de sauge (5,79%) et il s'est aussi montré très actif contre des souches de *dermatophytes*, de *candidoses* et d'*aspergillose* (**Filipowiez et al., 2003**).**Bouaziz et al., (2009)** et **Juven (1994)** suggèrent que les différents composés de l'huile essentielle ne peuvent pas agir séparément, mais l'activité biologique est, en fait, la résultante d'une synergie probable entre les différents composants.

Les résultats obtenus par **Zarai et al. (2011)** montrent que les huiles essentielles du *marrube vulgare* possèdent une activité antifongique important contre le *Botrytis cinerea*, l'agent de la pourriture grise. Selon **Zarai et al. (2011)**, les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles de la partie aérienne de *M. vulgare* sont soupçonnées d'être associées, en partie à leur teneur élevée en composés oxygénés (46,21%)

Chapitre 4 : effet antifongique des huiles essentielles de quelques plantes (lamiacée) sur la croissance mycélienne de *Botrytis cinerea*

Plusieurs chercheurs rapportent également que les mono- et sesquiterpénoïdes sont les principaux composants des huiles essentielles qui sont de nature phénolique (Oyededeji O et al., 2005, Cakir A et al., 2004). Il est donc raisonnable de supposer que leur activité antimicrobienne pourrait être liée à l'abondance des composés phénoliques. En référence à la littérature, l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle testée peut être liée à la contribution du mélange entre les constituants majeurs (g-eudesmol, b citronellol, formiate de citronellyle et germacrène D) et mineurs (camphène, bornéol) (Kadri A et al., 2011), qui sont connus pour avoir des propriétés antimicrobiennes efficaces (Nada B et al., 2005, Cimanga K et al., 2002).

Selon Zarai et al. (2011), Germacren D, qui est l'un des principaux constituants de *M. vulgare*. De plus, le germacrène-D est connu pour avoir un effet important sur le comportement des insectes (Picaud S et al., 2006). Et possède des activités antibactériennes et antifongiques significatives (Sahin F et al., 2004).

Les huiles essentielles de plusieurs espèces de thym ont déjà prouvé leurs propriétés antibactériennes et antifongiques (Pellecuer et al., 1980; Benjilali et al., 1987a; 1987b; Agnihotri et al., 1996). Ce qui corrobore les résultats obtenus dans l'expérience 3. Qui montrent que les huiles essentielles de *Thymus fontanesii* Boiss et Reut possèdent une capacité antifongique très élevée contre le *Botrytis cinerea*, ils permettent d'inhiber à 100 % la croissance mycélienne même à faibles doses.

Selon (Stahl-Biskup et al., 2002), les chémotypes du thymol et du carvacrol sont les plus courants du genre *Thymus*.

L'importante bio activité de l'huile essentielle de *T. vulgaris* est en relation avec sa teneur élevée en thymol. En effet, plusieurs auteurs (Pellecuer et al., 1980; Gergis et al., 1990; Panizzi et al., 1993; Sivropoulou et al., 1996; Trombetta et al., 2002; Satrani et al., 2008), ont montré que les huiles essentielles riches en dérivés phénoliques (carvacrol et thymol) possèdent une forte activité antimicrobienne.

Les résultats de l'activité antifongique des huiles essentiels de *Mentha spicata* montre une capacité inhibitrice importante. En effet, Les composés terpéniques des huiles essentiels et plus précisément leurs groupements fonctionnels tels que les phénols et les aldéhydes réagissent avec les enzymes membranaires (protéines) et dégradent la membrane plasmique des champignons (Giordani et Kaloustian, 2006).

L'ensemble des expériences a prouvé l'efficacité des plantes de la famille des lamiacées à réduire la croissance mycelienne du champignon *Botrytis cinerae* jusqu'à l'inhiber complètement pour *Thymus fontanesii*.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Au terme de cette modeste recherche, nous pouvons formuler un certain nombre de conclusions :

Les résultats obtenus à partir des expériences « in vitro » de l'huile essentielle des plantes de la famille *lamiacée* vis-à-vis de *Botrytis cinerea*, montrent une capacité inhibitrice de ces extraits contre la croissance mycélienne de l'agent pathogène testé.

Les huiles essentielles de *Salvia officinalis*, *Mentha spicata* et *Thymus vulgaris* ont montré une activité antifongique importante sur *Botrytis cinerea*, proportionnelle à la concentration. En effet, plus la dose de l'huile essentielle est élevée plus la croissance mycélienne est faible.

Les huiles essentielles de *Thymus fontanesii* Boiss et Reut ont montré une activité antifongique très élevée. En effet, il inhibe la croissance mycélienne à 100 %, même avec de faibles concentrations.

Les huiles essentielles du *marrube vulgare* ont une activité antifongique importante grâce à *Germacren D*, qui est l'un des principaux constituants de *M. vulgare*. Son effet a été meilleur que celui du cycloheximide fongicide utilisé dans les études in vitro utilisé comme témoin positif lors de cette étude et connu pour avoir une certaine toxicité pour l'homme.

D'autre part, il serait intéressant de déterminer :

- L'efficacité « in vivo » de ces huiles essentielles.
- L'action d'autres principes actifs isolés des mêmes plantes.
- L'effet de l'huile essentielle des plantes de la famille des *lamiacée* sur d'autres souches phytopathogènes des plantes.
- Tester l'activité antifongique des extraits d'autres plantes de la pharmacopée algérienne sur *Botrytis cinerea*.

- Abdelli W., (2017).** Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de doctorat 3ième cycle LMD, Microbiologie Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 1-2 ; 15-16 ; 31-35 ; 70-72 ; 80 ; 90 ; 104p
- ACTA. 2008.** Index phytosanitaire 44 ed. ACTA, Paris, p. 844
- Agnihotri S. & Vaidy A.D.B., (1996).** A novel approach to study antibacterial properties of volatile components of selected Indian medicinal herbs. *Indian J. Exp. Biol.*, 34(7), 712-715
- Agrios G.N., (2005).** Plant pathology. Elsevier Academic Press, Oxford, UK, 922p
- Ait-Ouahioune Ch (2005).** Contribution à l'étude de l'effet du substrat sur la composition quantitative et qualitative de l'huile essentielle de *Mentha viridis* L (menthe verte). Thèses d'ingénieur en Agronomie UMMTO
- Al kadi A (1989).** Usage de quelques plantes dans la médecine populaire en Libbie, Vol1-2.
- Alilou H., Akssir M., Mellouki F., Chebli R., Rouhi R., Boira H. I.** Compositoon chimique et activité antifongique d'*Asteriscus Imbricatus*. 2011
- Amiot J. (2005)** - *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires. Thèse-doctorat-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. France.
- Anton R et Annelise L (2005).** plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc
- Aouadhi S., (2010):** mémoire Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Faculté de médecine de tunis.
- APG : Angiosperms Phylogeny Group. III (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plantes: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.*; 161: 105-121.
- Armando, Grassia1. Felice, Senatore1. Nelly, Apostolides Arnold. Maurizio, Bruno. Franco, Piozzi. Daniela, Rigano. Carmen, Formisano.** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from Aerial Parts of Two *Marrubium* sp. (Lamiaceae) Growing Wild in Lebanon. *Polish J. Chem*, 2006, 80 623–628.
- AUG. M. M., (1833).** Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève, Volume 5, 504p.,

- AZZI Rachid. (2013):** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien: enquête ethnopharmacologique; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de Doctorat en biologie, Option: Biochimie, univ.Tlemcen.
- Baba Aissa F (1999).** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb.
- Baba Aissa F. (2000) :** Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, p 4- 77, 101-87.
- Bacis, (1999).** Boalens Aroma Chemical information Service - ESO 2000, the complete Database of Essential Oils. Leffingwell and Associates publisher, Georgia, USA.
- Bakkali F., Averbek S., Averbek D., Idaomar M, (2008).** Biological effects of essential oils. Food and Chemical Toxicology, 46, 446-475p.
- Baser K.H.C. and Buchbauer G., (2010),** Handbook of essential oils: science, technology, and applications, Ed. Taylor and Francis Group, LLC. United States of America, p. 994.
- Baudoux D. (1997) -** Un procédé, une analyse, une définition. Aroma News. Lettre d'information de N.A.R.D: Natural Aromatherapy Research and Development.
- Belaiche P. (1979) -** Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1: l'aromatogramme. éd. Maloine. Paris.
- Bellakhdar J (1997).** Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires, La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ed. Le Fennecet Ibio Press, impression : *Dunes France*. p 341.
- Bencheikh, S-E. (2017).** Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium* ssp *Aurasianum labiatae*. Thème de doctorat en génie des procédés et environnement unic. K-M Ouargla
- Benjlali B., Hammouni M. & Richard H., (1987) b.** Chemical polymorphism of Moroccan thyme essential oils: compounds characterization. *Sci. Aliments*, 7, 77-91.
- Benjlali B., Hammouni M., M'Hamedi A. & Richard H., (1987)a.** Essential oil composition of different Moroccan thyme varieties: principal component analysis. *Sci. Aliments*, 7, 275-299
- Bernard, J.L., and Bugaret, Y. (2002).** Prophylaxie et mesures indirectes: clarifier les définitions pour mieux *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, 4022-4034p.
- Blakeman, J.P., (1980).** Behaviour of conidia on aerial plant surfaces, p. 115-151, in: The Biology of *Botrytis*. eds. Academic Press, London.
- Bolay, A., and Pezet, R. (1987).** Problèmes actuels de la lutte contre les maladies de la vigne.

Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture 19: 21-24

- Bollen G.J., and Scholten G. (1971).** Acquired resistance to benomyl and some other systemic fungicides in a strain of *Botrytis cinerea* in cyclamen. European Journal of Plant Pathology 77: 83-90.
- Bondoux P., (1992).** Maladies de conservation des fruits à pépins: pommes et poires. INRA. Paris, France. 173 p.
- Bonnier G (1990).** La grande Flore française Ed. Bllin ; Complète. Tome : 09. 25-26.La Végétation de la France, Suisse et Belgique.
- Bouaziz M., Yangui T., Saya S., Dhouib A. (2009).** Disinfectant activities of essential oils from *Salvia officinalis* L cultivated in Tunisia. Food and chemical Toxicology.; 47: 2755-276.
- Bouhaddouda, N. (2016).** Activités antioxydants et antimicrobienne de deux plantes du sol local : Origanuim vulgaire et *Mentha pulegium*.thèse doctorat, univ. Annaba, p.24
- Braun P.G., Sutton J.C., (1987).** Infections cycles and population dynamics of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. Canadian Journal of Plant Pathology.,10 : 133-141
- Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Bruneton J., (2016).** Pharmacognosie: 5ème édition. Éditions Lavoisier,. 1487p.
- Burcu, Bayir. Hatice, Gündüz. Tuba, Usta. Esmâ, Şahin. Zeynep, Busser. C., (1997)** Se soigner par les plantes du XIVème au XXème siècle, Université de paris et Strasbourg, 210p.
- Cakir A, Kordali S, Zengin H, Izumi S, Hirata :** Composition and antifungal activity of essential oils isolated from *Hypericum hyssopifolium* and *Hypericum heterophyllum*. Flavour Frag J 2004, 19:62-68.
- Chadefaud, M. and L. Emberger, (1960).** Traité de botanique systématique, Les végétaux vasculaires, Tome II, Éd. Masson et Cie, pp. 832-833.
- Charles. J., Schwilgne. (1809) A.,** Traité de matière médicale, 2ème Edition, J.A. Brosson, 347p.
- Cimanga K, Kambu K, Tona L, Apers S, De Bruyne T, Hermans N, Totte J, Pieters L, Vlietinck AJ:** Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. J Ethnopharmac 2002, 79:213-220.
- Clark, C.A., and Lorbeer, J.W., (1977).** Comparative nutrient dependency of *Botrytis squamosa* and *Botrytis cinerea* for germination of conidia and pathogenicity on onion leaves. Phytopathology 67: 212-218.
- Coley S J R.,Cooke R.C., (1971).** Survival and germination of sclerotia. Annual Review of

phytopathology .,9:65-92.

- Coley S J. R., (1980).** Sclerotia and other structures in survival in: The biology of *Botrytis* J.R. Coley-Smith, K. Verhoeff and W. R. Jarvis, eds. Academic Press, London,UK p:85-114
- Couderchet, M. (2003).** Benefits and problems of fungicide control of *Botrytis cinerea* in vineyards of Champagne. *Vitis* 42: 165-171.
- Couic-marinier F., Lobstein A., (2013);** Composition chimique des huiles essentielles. Actualités pharmaceutiques N° 525, 22-25 pp.
- Crespo M.E., Jiménez J., Navarro C, (1991).** Special methods for the essential oils of the genus *Thymus*. In: Modern Methods of Plant Analysis, (edited by H.F. Linskens and J.F. Jackson), pp 41-46. Vol 12, New series, Essential oils and waxes. Springer-Verlag, Berlin.
- Cuvier. G., Richard. A., Auguste. P., Drapiez. J., (1835).** Histoire naturelle médicale et pharmaceutique, H. Dumont, 501p,.
- Da Cruz Cabral, L.; Fernández Pinto, V.; Patriarca, A. (2013).** Application of plant derived compounds to control fungal spoilage and mycotoxin production in foods" International Journal of Food Microbiology. 166(1):1-14
- Daugaard, H., Sorensen, L., and Loschenkohl, B. 2003.** Effect of plant spacing, nitrogen fertilisation, post-harvest defoliation and finger harrowing in the control of *Botrytis cinerea* Pers. in strawberry. European Journal of Horticultural Science 68: 77-82.
- Dayan F.E., Cantrell C.L., Duke S.O, 2009,** Natural products in crop protection.
- De Miccolis Angelini, R. M., Habia, W., Rotolo, C., Pollastro, S., and Faretra, F., 2010-** Selection, characterization and genetic analysis of laboratory mutants of *Botryotinia Fuckeliana (Botrytis Cinerea)* resistant to the fungicide boscalid.Eur. J. Plant Pathol. 128:185-199.
- De Souza M.M. et al., (1998).** Analgesic profile of hydroalcoholic extract obtained from *Marrubium* », Phytomedicine, 5 (2), 103 – 107,
- Debuigne Delphine et Couplan François.** Le petit Larousse des plantes qui guérissent. Éditions Larousse, 2013. 1029p.
- Decognet, V., Nicot, P., Trottin-Caudal, Y., and Fournier, C. (1997).** Biocontrol of *Botrytis cinerea* stem infection on greenhouse tomatoes with an antagonistic strain of *Fusarium*, pp. 695-699. 10th congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Montpellier, France, 1997/06/1-5.
- Decognet, V., Ravetti, F., Martin, C., and Nicot, P.C. (2009)b.** Improved leaf pruning reduces development of stem cankers caused by grey mould in greenhouse tomatoes. Agronomy for Sustainable Development: in press.

- Degryse A.C., Delpla I and Voinier M.A, (2008)**, Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement-IGS-EHESP*, 87p.
- Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traore A., Coulibaly K., Maiza A., (2004)**. Etude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali, *C.R.Chimie*, 7:1073-1080.
- Dik, A.J., and Wubben, J.P. (2004)**. Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses, p. 319-331, in: *Botrytis: biology, pathology and control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Dmitruk,M.,Weronika H., (2014)**. Morphological differentiation of non-glandular and glandular trichomes on *Marrubium vulgare*. *Modern Phytomorphology*, 6(85)
- Dob T., Darhamane D., Benabdelkader T., Chelghoum T.C.,(2006)**. *Int.j.Aromatherapy*, 16 : 95-100
- Doehlemann, G., Berndt, P., and Hahn, M., (2006)**. Trehalose metabolism is important for heat stress tolerance and spore germination of *Botrytis cinerea*. *Microbiology* 152: 2625-2634.
- Douay, S., (2008)**. Systématique des Angiospermes. Faculté libre des sciences et technologies. P. 2- 3
- Dubos B, Bulit J, Bugaret Y, Verdu D., (1978)**. The possibilities of using *Trichoderma viride* for the biological control of *Botrytis cinerea* and *Phomopsis viticola* on grapevines. *Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France* 14, 1159–68.
- Dubos B., Jailloux F. et Bulit J., (1982)**. Microbial antagonism in the control of grey mould of grapevine. *EPPO Bulletin*, 12, 171-175.
- Dupont F. and Guignard J.L. (2012)**. Abrégés de pharmacie. Botanique: les familles de plantes. 15 eme édition.
- Duraffourd C., Dhervicourt L. et Laparaz J.C., (1990)**. Examen de laboratoire galémique, Eléments thérapeutiques synergiques, T.1.2ème édition, Masson, Paris, p.10.
- E. Stahl-Biskup and F. Sàez. (2002)**. Thyme, the Genus *Thymus*, Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles. pp. 330 Taylor & Francis, London
- EEDP, L'équipe des enseignants du DUMENAT phytothérapie. (2011)** : Secrets et vertus des plantes médicinales. Paris : Mr Michel, p300.
- Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.**
- Elad, Y., (1997)**. Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. *Crop Protection*

16: 635-642.

- Elad, Y., and Stewart, A., (2004).** Microbial control of *Botrytis* spp, p. 223-241, in: *Botrytis: biology, pathology and control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski
- Elad, Y., and Volpin, H. (1993).** Reduced development of grey mould (*Botrytis cinerea*) in bean and tomato plants by calcium nutrition. *Journal of Phytopathology* 139: 146-156.
- Elad, Y., Yunis, H., and Katan, T. (1992)a.** Multiple fungicide resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathology* 41: 41-46.
- Elmastasa. Ramazan, Erenler.** Chemical Composition of Essential
- Elmer, P.A.G., and Michailides, T.J., (2004).** Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops, p. 243-272, in: *Botrytis: biology, pathology and control*. Y.
- Fabre Marie-Claude., Genin Aimé., Merigoux Jacques & Moget Elisabeth. (1992):** Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Resoudre Les Problemes Simples, p93.
- Faretra, F., Pollastro, S., and Di Tonno, A.P. (1989).** New natural variants of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) coupling benzimidazole-resistance to insensitivity toward the N-phenylcarbamate diethofencarb. *Phytopathologia Mediterranea* 28: 98-104.
- Fernández-Ortuño, D. and G. Schnabel., (2012).** First report of thiophanate-methyl resistance in *Botrytis cinerea* on strawberry from South Carolina. *Plant Dis.* 96:1700.
- Filipowicz N., Kaminski M., Asztemborska B., Ochocha J. R. (2003).** Antibacterial and antifungal activity of Juniper berry oil and its selected components. *Phytotherapy research;* 17:227-231
- Fournier, P., (1999).** Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Tome III menthe à zacinthe. P.11
- Garnero J. (1996) -** Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire: Constantes physico-chimiques. vol. papier n°: K2
- Georgopoulos, S.G. (1977).** Development of fungal resistance to fungicides, p. 439-495, in: *Antifungal compounds*. M. R. Siegel and H. D. Sisler, eds. Dekker, New York.
- Gergis V., Spiliotis V. & Poulos C., (1990).** Antimicrobial activity of essential oils from Greek *Sideritis* species. *Pharmazie*, 45, 70.
- Ghannadi A., Sajjadi S E., Kabouche A., Kabouche Z., (2004).** *Thymus fontanesii* Bois et Reut. A potential source of thymol-rich essential oil in North Africa. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 59: 187 – 189
- Ghorbani et M. Esmailizadeh, (2011).** “Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components”. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, col 7, n°4, pp 433-

440. Octobre

- Ghourri Mohamed., Zidane Lahcen&Douira Allal. (2013):** usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocaine (Tan-Tan), Journal of Animal & Plant Sciences, 17 :1, 2388-2411.
- Giordani, Roger & Kaloustian, J.. (2006).** Action anticandidosique des huiles essentielles : Leur utilisation concomitante avec des médicaments antifongiques. *Phytothérapie*. 4. 121-124. 10.1007/s10298-006-0165-7.
- Goetz P., Ghédira K, (2012),** *Phytothérapie anti-infectieuse*. Springer Science & Business Media, 394p
- Goutier. J., (2009).** L'herbier des jardins collection de plantes vivrières aromatiques médicinales et ornementales, La Maison Rustique Flammarion.
- Grayer R. J., Eckert M. R., Veitch N. C., Kite G. C., (2003).** The chemotaxonomic significance of two bioactive caffeic acid esters, Nepetoidins A and B, in the Lamiaceae. *Phytochemistry*, 64, 519-528
- Gregoris, Iatrou. Fotini, Llamari.Giorgos, Dimitrellos. Tsakiri,**
- Groves, J. W., and Loveland, C. A., (1953).** The connection between *Botryotinia fuckeliana* and *Botrytis cinerea*. *Mycologia* 45:415-425.
- Gudelj I., Fitt B. D. L. et van den Bosch F., (2004).** Evolution of sibling fungal plant pathogens in relation to host specialization, *Phytopathol.*, 94, 789-795.
- Guignard, J.-L., Dupont, F. (2004).** *Botanique systématique moléculaire*, 13ed MASSON, Belgique, p234-237.
- Guy G (2005).** *Les plantes aromatiques et huile essentielle a graisse*, édition l'Harmattan.
- Haas D, Blumer C & Keel C., (2000).** Biocontrol ability of fluorescent *Pseudomonas* genetically dissected: importance of positive feedback regulation. *Current Opinion in Biotechnology* 11:290 7.
- Haddouchi F., Lazouni H., Meziane A et Benmansour A., (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut, *Afrique Science* 05(2) :246-259
- HANS. D., KOTHE.W., (2000).** *Plantes aromatiques et médicinales*, Terres Edition, 2007.
- Hellal Z, (2011),** Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). *Mémoire de magister. Université de Tizi-Ouzou, Algérie*, 120p.
- Hennebert GL., (1973).** *Botrytis and Botrytis-like genera*. *Persoonia* 7: 183-204
- Hensel, W(2009).** Quelle est cette plante médicinale. Vigot, , P 4 34.

- Heywood V. H., Brumitt R. k., Culham A., Seberg O. (2007).** Flowering plant families of the world. Royal botanic Gardens, Kew.
- Hippolyte. I., Allain. P., Pellecier. J., (1993).** Variation de la teneur de certains composés de l'huile essentielle de la sauge (*Salvia officinalis* L.) en fonction de divers états physiologiques. Huile essentielle, biochimie, *Salvia Officinalis*, micropropagation, vitroplant, terpène, société botanique de France. Acta Bot. gall. Bull. Soc. Bot. Fr (1904). Tome 140-Fascicule 2, p 225-225,.
- Holz G., Coertze S., Williamson B., (2004).** The ecology on plant surfaces on: *Botrytis*: biology, pathology and control. Y. Elad, B. Williamson, in: Botrytis: biology, pathology and control. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands P:9-27.
- Hubert J., Stejskal V., Munzbergova Z., Kubatova A., Vanova M. et Zdarkova E., (2005).** Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic, J. Econ. Entomol., 97, 2144-2153.
- Ibrahim Ghaleb A. M., (1990).** Le cycle sexué de Botrytinia fuckeliana (De Bary) forme parfaite de Botrytis cinerea (Pers.). These de Doctorat de Biologie et Physiologie Végétale. Université de Lille1 - Sciences et Technologies, France, 239p.
- Iserin P. Vican P., (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales/ Identification, préparations, soins. Larousse édition, Paris, 335p
- Iserin, Paul. (2001).** Larousse des plantes médicinales. Andrew chevallier. p 10 14 15
- Isman M.B, 2000,** Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, **19**, 603-608p.
- Gora J., Lis A., Kula J., Staniszewska M., Woloszyn A., (2002).** Chemical composition variability of essential oils in the ontogenesis of some plants. *Flavour Fragrance J.* (17): 445-451.
- Jarvis, W.R. (1992).** Managing diseases in greenhouse crops. American Phytopathological Society, St Paul, MN, p. 288.
- Jarvis, W.R., (1977).** Botryotinia and Botrytis species: Taxonomy, Physiology, and Pathogenicity. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada, p. 195.
- Jocteur G., (2007) ;** Les huiles essentielles à l'approche de l'hiver : une alternative naturelle pour booster votre conseil, le troisième forum des pharmaciens, Lyon, 7p
- JOSY, Marty Dufaut (2012).** Les plantes aromatiques et médicinales. Amazon, p 86 87 88.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A. and Stevens P.F. (2002).** Botanique systématique.

Une perspective phylogénétique. 1ère Edition De Boeck Université. Paris, 383p.

- Judd, S., Campbell, S., Kelloga, A., Stevens, P. (1999).** Botanique systématique. Edition de Boeck. Paris. P.323
- Juven B. J., Kanner J., Schved F. Weisslovicz H. (1994).** Factors that can interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *Journal of Applied Bacteriology.*; 76: 626-631.
- Kaabeche, M. (1990) :** Les Groupements Végétaux de la région de Bousaada, Thesis Université Paris Sud, 1990.
- Kabouche, Zahia & Boutaghane, Naima & Laggoune, S. & Kabouche, Ahmed & Ait-Kaki, Z. & Benlabed, K.. (2005).** Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. *International Journal of Aromatherapy.* 15. 129-133. 10.1016/j.ijat.2005.03.006.
- Kadri A, Zarai Z, Bekir A, Gharsallah N, Damak M, Gdoura R:** Chemical composition and antioxidant activity of *Marrubium vulgare* L. essential oil from Tunisia. *African Journal of biotechnology* 2011, 10(198):3908-3914.
- Kamoen., (1989).** Phytopathological role of secretion from *botrytis cinerea*. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28(1) : 19-31
- Katan, T., Elad, Y., and Yunis, H. (1989).** Resistance to diethofencarb (NPC) in benomylresistant field isolates of *Botrytis cinerea*. *Plant Pathology* 38: 86-92.
- Kim, Y.K., and Xiao, C.L., (2011).** Stability and fitness of pyraclostrobin and boscalidresistant phenotypes in field isolates of *Botrytis cinerea* from apple. *Phytopathology* 101, 1385-1391.
- Kochenko. (1972).** Features of sclerotial germination of *Botrytis cinerea* Fr. *Mykologia Fitopatologia* 6: 256-258
- Köhl, J., Lombaers-van der Plas, C.H., Molhoek, W.M.L., Kessel, G.J.T., and Goossen-Van Der Geijn, H.M. (1999).** Competitive ability of the antagonists *Ulocladium atrum* and *Gliocladium roseum* at temperatures favourable for *Botrytis* spp. development. *BioControl* 44: 329-346.
- Kosuge, T., and Hewitt, W.B. (1964).** Exudates of grape berries and their effect on germination of conidia of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 54: 167- 172.
- Kretschmer, M., and Hahn, M., (2008).** Fungicide resistance and genetic diversity of *Botrytis cinerea* isolates from a vineyard in Germany. *J. Plant Dis. Prot.* 115, 214–219.
- Kretschmer, M., Kassemeyer, H.H., and Hahn, M. (2007).** Age-dependent grey mould susceptibility and tissue-specific defence gene activation of grapevine berry skins after infection by *Botrytis cinerea*. *Journal of Phytopathology* 155: 258-263.

- Lamarti A., Badoc A., Deffieux G., et Carde J .P. (1994)** - Biogénèse des monoterpènes I- localisation et sécrétion. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 133 :69-78
- Laouer H. (2004)** -Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d’Ammoides pusilla et de Magydaris pastinacea. Thèse de Doctorat d’état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
- Lapczynski, S.P. Bhatia, C.S. Letizia, A.M. Api. 2008.** Fragrance material review on geranyl linalool. *Food Chem. Toxicol.* (46): 176-178
- Latorre, B.A., Spadaro, I., and Rioja, M.E. (2002).** Occurrence of resistant strains of *Botrytis cinerea* to anilinopyrimidine fungicides in table grapes in Chile. *Crop Protection* 21: 957-961.
- Leroux P, (2004).** Chemical control of Botrytis and its resistance to chemical fungicides. In: Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N, eds. *Botrytis: Biology, Pathology and Control.* The Netherlands: Kluwer Academic Press, 195-222.
- Leroux P., D. Debieu, C. Albertini, A. Arnold, J. Bach, F. Chapeland, E. Fournier, R. Fritz, M. Gredt, T. Giraud, M. Hugon, C. Lanen, C. Malosse and G. Thebaud, (2002).** The hydroxyanilide botryticide fenhexamid: mode of action and mechanism of resistance. In: *Modern Fungicides and Antifungal Compounds III.* (H-W. Dehne, U. Gisi, K. H. Kuck, P. E. Russel, H. Lyr, ed.), AgroConcept GmbH, Bonn, Germany 29–40
- Leroux, P., and Moncomble, D. (1993).** Lutte chimique contre la pourriture grise de la vigne. *Passé, présent, futur (2e partie).* *Phytoma-La Défense des Végétaux* 451: 23-27.
- Leroux, P., et al., (1999).** Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards. *Crop Protection.* 18, 687-697.
- Mabberley D.J, (1997),** the plant-book: A portable dictionary of the vascular plants. Cambridge University Press, 858p
- MADI. A., (2010).** Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques, mémoire de magister, à l’Université Mentouri Constantine, ,116p.
- Maria (2013).** Catalogue aromatic medicinal plants. Eptalofos S.A, , P 59.
- Marija, M., Senzana, B., Dusica, J., Sonja, D.et Milica, L. (2008).** Morphology, distribution, and histochemistry of trichomes of *THYMUS LYKAE DEGEN& JAV.* (LAMIACEAE) *Arch. Biol. Sci., Belgrade,* 60 (4), 667-672.
- Martinez, F., Dubos, B. et Fermaud, M.,(2005).** The role of saprotrophy and virulence in the population dynamics of *Botrytis cinerea* in vineyards. *Phytopathology* 95 : 692-700.
- Merghache S., Hamza M et Tabti B. (2009).** Etude physicochimique de l'huile essentielle de

- Ruta Chalepensis L. de Tlemcen, Algérie. Afrique Science 05(1). p 67-81. ISSN 1813-548X
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2008**, Plan écophyto 2018 de réduction des usages de pesticides 2008-2018. *Ecophyto 2018*, 24p.
- Morales, R. (2002)** The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In : Thyme : the genus Thymus. Ed. Taylor & Francis, London. pp. 1-43.
- Mouren, D. (1999)**. Méthodes de lutte contre le Botrytis sur la tomate. PHM Revue Horticole 399: 42-44.
- Moyse, H., (1971)**. Matière médicale, Tome III, Ed. Masson et Cie. pp : 255-256.
- Myresiotis, C.K., Karaoglanidis, G.S., and Tzavella-Monari, K. (2007)**. Resistance of Botrytis cinerea isolates from vegetable crops to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, hydroxyanilide, benzimidazole, and dicarboximide fungicides. Plant Disease 91: 407- 413.
- Nada B, Mirjana S, Valerija D:** Phytochemical composition and antimicrobial activity of Satureja montana L. and Satureja cuneifolia Ten. essential oils. Acta Bot Croat 2005, 64:313-322.
- Naghbi F., Mosaddegh M., Motamed S-M. and Ghorbani A. (2005)**. Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2, 63-79.
- Nicot, P.C., and Baille, A. (1996)**. Integrated control of Botrytis cinerea on greenhouse tomatoes, p. 169-189, in: Aerial plant surface microbiology. C. E. Morris, P. C. Nicot and C. Nguyen-The, eds. Plenum Press, New York, USA
- Novak, I. Buzas, G.; Minker, E.; Kolfai, M. et Szendrei, K. (1966)**. Untersuchung der wirkstoffe der Rutagraveolens II. Planta Medica, 14, p: 57
- Oil from *Marrubium Vulgare* L. Leaves. Journal of new results in science, 2014, 6 44-50.
- O'Neill, T.M., Shtienberg, D., and Elad, Y. (1997)**-Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by Botrytis cinerea. Plant Disease 81: 36-40.
- Omar-Hamza JM, Carolien JP, Van Den Bout-van Den Beukel, MeckyMatee IN, Paul-Verweij JAME:** Antifungal activity of some Tanzanian plants used traditionally for the treatment of fungal infections. J Ethnopharmacology 2006, 108:124-132.
- Oyedeji O, Afolayan A:** Comparative study of the essential oil composition and antimicrobial activity of Leonotis leonurus and L. ocyimifolia in the Eastern Cape. African J Bot 2005, 71:114-116
- OZANDA. P. (1977)**. Flore du Sahara. Paris: 2ème Ed. CNRS.
- Degryse A-C; Delpla I; Voinier M-A., (2008)**. Atelier sante environnement Risques et bénéfices possibles des Huiles Essentielles. Ingéniorat du Génie Sanitaire, 87 .

- P. Quezel, S. Santa**, Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales', Tome II. Ed. C.N.R.S., Paris, 1962.
- Panizzi L., Flamini G., Gioni P.L. & Morelli I., (1993)**. Composition and antimicrobial properties of essential oils of four Mediterranean lamiaceases. *J. Ethnopharmacology*, 39, 169-170
- Pappas, A.C., Cooke, B.K., and Jordan, V.W.L. (1979)**. Insensitivity of *Botrytis cinerea* to iprodione, procymidone and vinclozolin and their uptake by the fungus. *Plant Pathology* 28: 71-76.
- Pariente L. (2001)** Dictionnaire des sciences pharmaceutique et biologique. 2 ème Ed. Académie nationale de pharmacie. Paris 1643 p.
- Pauline, C.L ., (2015)**. *Mentha spicata* : Description et utilisation en thérapeutique et en agriculture comme antigerminative sur la pomme de terre. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de picardie jules verne . P.41
- Pellecuer J., Jacob M., Simeon de Buechberg M. & Allegrini J., (1980)**. Therapeutic value of the cultivated mountain savory (*Satureia Montana* L.). *Acta Hort.*, 96, 35-39.
- Pharmacopée Européenne**, 3^{ième} Ed. 1999, 103-130.
- Picaud S, Olsson ME, Brodelius M, Brodelius PE**: Cloning, expression, purification and characterization of recombinant (+)- germacrene D synthase from *Zingiber officinale*. *Arch Biochem Biophys* 2006, 452:17-28
- Quezel P., Santa S (1963)**. Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. In: *CNRS (Ed.)*, Vol. 1-2. Paris.
- R.S. Verma, R.K. Verma, R.C. Padalia, A. Chauhan, A. Singh, H.P. Singh. (2011)**. Chemical diversity in the essential oil of Indian Valerian (*Valeriana jatamansi* Jones). *Chem. Biodivers.* (8): 1921-1929
- Rai M.K., Acharya D. and Wadegaonkar P. (2003)** - plant derived-antimycotics: potential of Asteraceous plants, In : plant-derived antimycotics : Current Trends and Future prospects, Haworth press, N-York, Londin, Oxford. 165-185.
- Regnault-Roger C., Hamraoui A, (1995)**. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res*, 31, 291-299p.
- Richard, C., and Boivin, G. 1994**. Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada. Société canadienne de phytopathologie et Société d'entomologie, Canada, p. 590.
- Richard, J. A. Toxicology Brief 1999**.
- Richter G, (1993)**. Métabolisme des végétaux- Physiologie et biochimie. Presses Polytechniques

et Universitaires Romandes, 526p

- Ristic D., Brikic N.T & Zalfija. (1999).** *Salvia officinalis* L, Bric D (ed) institue for medicinal plants JosifPanacic. Belgrade and Art GrafikBelgrad , p 151-167.
- Rosenberger, D.A. (1990).** Postharvest diseases (Blue mold-Gray mold), in: Compendium of Apple and Pear Diseases, A.L. Jones and H.S. Aldwinkle, eds., APS Press The American Phytopathological Society, USA pp.53-58.
- Rosslenbroich, H.-J.et Stuebler, D., (2000)** *Botrytis cinerea* - history of chemical control and novel fungicides for its management. Crop Protection 19 : 557-561
- Rotem, J., and Aust, H.J., (1991).** The effect of ultraviolet and solar radiation and temperature on survival of fungal propagules. Journal of Phytopathology 133: 76- 84.
- S.B. Glisic, D.R. Misic, M.D.I.T. Stamenic Zizovic, R.M. Asanin, D.U. Skala. (2007).** Supercritical carbon dioxide extraction of carrot fruit essential oil: Chemical composition and antimicrobial activity, *Food Chem.* (105): 3462-3470.
- S.N. Syed Abdul Rahman, N. Abdul Wahab, S.N. Abdelmalek. (2013).** *In Vitro* Morphological Assessment of Apoptosis Induced by Antiproliferative Constituents from the Rhizomes of *Curcuma zedoaria*. *Evid Based Complement Alternat Med.* (20): 257108.
- Sahin F, Gulluc M, Daferera D, Sokmen A, Sokmen M, Polissiou M, Agar G, Ozer H:** Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control* 2004, 15:549-557.
- Salinas, J., Glandorf, D.C.M., Picavet, F.D., and Verhoeff, K.,(1989).** Effects of temperature, relative humidity and age of conidia on the incidence of spotting on gerbera flowers caused by *Botrytis cinerea*. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 95: 51-64.44
- Sallé J.-L, (2004).** Les huiles essentielles, Synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. 2ème édition, *Frison Roche*, 168p.
- Salle J.L. et Pelletier J. (1991)** - Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, pp.19-45
- Sallé, J.L. « *Le Totum en Phytothérapie* » Approche de phytothérapie. Ed Frison- Roche. Paris 1991.
- Satrani B. et al., (2008).** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthus mixtus*. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 146, 85-96.
- Schlemper V.,Ribias A., Nicolau M., Cechinel V.(1996)** : Antispasmodic effects of hydroalcoholic extract of *marrubium vulgare* on isolated tissues ;*phytomedicine* 7; 103-107
- Sergeeva, V., Nair, N.G., Verdanege, J.R., Shen, C., Barchia, I., and Spooner-Hart, R. (2002).** First report of anilinopyrimidine-resistant phenotypes in *Botrytis cinerea* on

- grapevines in Australia. *Australasian Plant Pathology* 31: 299-300.
- Seu-Saberno, M.; Blakeway, J. (1984)** « *La mouche de chêne, une base de la parfumerie* », Pour la science, Edition Française de Scientific American, , Mai, 83.
- Shiraishi, M., Fukutomi, M., and Akai, S., (1970)**a-Effects of temperature on the conidium germination and appressorium formation of *Botrytis cinerea* Pers. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 36: 234-236.
- Silvant, C. (2014).** *L'aromathérapie la nature au service de l'humanité*, Ed. Publibook, Paris
- Sivropoulou A. et al., (1996).** Antimicrobial and cytotoxic activities of origanum essential oils. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1202-1205.
- Skafia-Crete.com** (2018), site internet <http://www.sfakia-crete.com/sfakia-crete/herbs-plantsfloracrete.html>, consulté le 9avril.
- Snow, D., (1949).** The germination of mould spores at controlled humidities. *Annals of Applied Biology* 36: 1-13.
- Spichiger, R.-E., Vincent, V.-S., Figeat M., et Jeanmonod D. (2004).** *Botanique systématique des plantes a fleurs « une approche polygénétique nouvelle des angiospermes des régions tempères et tropicales. 3eme Ed.press polytechniques et universitaire romandes Lausanne, Suisse, p.328.*
- Stevens, P. F. (2001)** onwards. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017.
- Svoboda K. P. and Hampson J. B. (1999)** – Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. <http://www.csl.gov.uv/ienica/seminars/>
- Teissedre, P.L.; Waterhouse, A. L. J. Agric. Food Chem. (2000), 48, 3801-3805**
- Teuscher E., Anton R., Lobstein A, (2005),** *Plantes aromatiques Epices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 521p
- Thomas, C.S., and Marois, J.J., (1986).** Effect of wind and relative humidity on sporulation and external mycelium formation of *Botrytis* on grape. *Phytopathology* 76: 1114
- Thomashow, L. S. & Weller, D. M., (1996).** Current concepts in the use of introduced bacteria for
- Trombetta D. et al., (2002).** Study on the mechanisms of the antibacterial action of some plant, β -unsaturated aldehydes. *Lett. Appl. Microbiol.*, 35, 285-290.
- Valnet J. (1984)** - *Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes.* Maloine S.A. éditeur. Paris p 544
- Vancon, S. (1992).** Fertilisation, croissance et sensibilité au *Botrytis cinerea* du *Sequoiadendron giganteum*. *P.H.M. Revue Horticole* 327: 13-20.

- Veloukas, T., M. Leroch, M. Hahn, and G. S. Karaoglanidis., (2011).** Detection and molecular characterization of boscalid-resistant *Botrytis cinerea* isolates from strawberry. *Plant Disease* 95 (10):1302-1307.
- Verbois. S., (2003).** Plantes et herbes aromatique saveurs et vertus, Fernande Lanore , 234p,.
- Volpin, H., and Elad, Y. (1991).** Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to Botrytis blight. *Phytopathology* 81: 1390-1394.
- Weel K.G.C (1999).** « Antioxidant activity of horehound (*Marrubium vulgare L.*) grown in *Lithunia, Fett/Lipid* 101, 10, 395 – 400.
- West, J.S., Pearson, S., Hadley, P., Wheldon, A.E., Davis, F.J., Gilbert, A., and • Wilcox, W.F., (1993).** Control of gray mold of strawberry through cultural manipulations of fruiting-zone microclimate. Reports pertinent to the IPM effort at Cornell University, New York State IPM Publication #208: 83-85.
- Wichtel M. et Anton R. (1999) -** Plantes thérapeutiques: tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques. Ed. Tec et Doc.
- Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P. et Van Kan JAL., (2007).** *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*. 8: 561–580.
- Yedida I, Benhamou N & Chet I., (1999).** Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus L.*) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology* 65 : 1061-1070.
- Yin, Y.N., Kim, Y.K., and Xiao, C.L., (2011).** Molecular characterization of boscalid resistance in field isolates of *Botrytis cinerea* from apple. *Phytopathology* 101, 986-995.
- Zarai, Z.; Kadri, A.; Ben Chobba, I.; Ben Mansour, R.; Bekir, A.; Mejdoub, H.; Gharsallah, N. (2011).** *Lipids Health Dis.* 1, 10, 1-8.