



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Biotechnologie et valorisation des plantes »

THÈME

**Recherche et évaluation de l'activité antifongique de l'huile
essentielle de *Mentha rotundifolia***

Présenté Par : KHEMIRI Ouahiba

Devant le jury composé de :

BOUZATA Chahira	MCB	Présidente	UCBET
GHRIB Imene	MAA	Examinatrice	UCBET
DJEKOUN Meriem	MCB	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2020 - 2021

Remerciements

*A l'issu de ce travail ...avant tout ...Je veux remercier **ALLAH** le tout puissant qui m'a donné la force et la patience, qui a éclairé mon chemin pour achever ce travail.*

*Je tiens à remercier vivement madame **DJEKOUN M.** d'avoir bien voulu m'encadrer et d'avoir mis à ma disposition toutes les ressources nécessaires pour la réalisation de ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude à madame **BOUZATA Ch.** pour l'honneur qu'elle me fait en présidant ce jury.*

*Mes vifs remerciements vont également à madame **GHRIB I.** pour avoir accepté de faire partie de mon jury en donnant de son temps pour la lecture et la discussion de mon travail.*

Mes remerciements s'adressent également à tous nos professeurs qui ont contribué à ma formation durant mes années d'études et plus particulièrement ceux de la Biotechnologie et valorisation des plantes.

Et en fin, que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mon père et ma mère

À ma sœur : Ouissem et son mari Abdelwaheb

À mes frères : Islem et Amine et sa femme Basma

À mes nièces : Safa, Jouri et Djoud

À mon époux : Foued

À mon fils : Djaoued

À mes très chères : Nadjiba, Yousra, Hind

À mes chères amies : Samah, Khadîdja, Nesrine, Maroua

*À mes camarades de la promotion de 2^{ème} année master en Biotechnologie et valorisation
des plantes 2020*

À mes oncles et mes tantes, mes cousins et cousines, et toute ma belle-famille

À tous mes proches

Ouahiba

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction

1

I. Revue bibliographique

2

1. Présentation du règne fongique

2

1.1. Généralités

3

1.2. Taxonomie

3

1.3. Les champignons telluriques phytopathogènes

5

1.3.1. Le genre *Fusarium*

5

1.3.2. Le genre *Penicillium*

7

1.3.3. Le genre *Botrytis*

8

2. Les huiles essentielles

8

2.1. Définition

8

2.2. Localisation des huiles essentielles

9

2.3. Propriétés physico-chimiques

9

2.4. Composition chimique

10

2.5. Utilisation des huiles essentielles

11

2.6. La lutte biologique par les huiles essentielles

11

2.6.1. Propriétés antibactériennes

11

2.6.2. Propriétés antifongiques

11

3. Présentation du genre <i>Mentha</i>	12
3.1. Aspects botaniques du genre <i>Mentha</i>	13
3.2. Distribution géographique de la menthe	13
3.3. Domaine d'utilisation du genre <i>Mentha</i>	14
3.3.1. En médecine traditionnelle et dans la pratique actuelle	14
II. Matériel et méthodes	15
1. Description de la zone d'étude	15
2. Matériel végétal	16
2.1. Position systématique	16
2.2. Noms vernaculaires	16
2.3. Description botanique	17
3. Extraction des huiles essentielles	19
4. Isolement et identification du champignon phytopathogène	20
4.1. Préparation et mise en culture des échantillons	20
4.2. Purification des isolats fongiques	21
4.3. Identification des souches fongiques	22
5. Evaluation de l'activité antifongique	22
5.1. Détermination de la CI50	22
5.2. Détermination de la nature de la fongitoxité	22
III. Résultats	23
1. Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Mentha rotundifolia</i>	23
2. Evaluation de l'activité antifongique	23
2.1. Identification de l'agent pathogène	23

2.2.	Effet de l'huile essentielle sur la croissance mycélienne	23
2.3.	Détermination du pourcentage d'inhibition	25
2.4.	Détermination de la CI50	26
2.5.	Détermination de la nature de la fongitoxité	26
IV.	Discussion générale	27
	Conclusion générale et perspectives	35
	Références bibliographiques	37
	Résumés	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Noms vernaculaires de <i>Menta rotundifolia</i> .	16
02	Caractéristiques de l'huile essentielle de <i>Mentha rotundifolia</i>	23

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Organisation phylogénétique des champignons	5
02	Terminologie pour décrire la morphologie du genre <i>Fusarium</i>	6
03	Principaux caractères morphologiques des pénicilliums	7
04	Principaux caractères morphologiques de <i>Botrytis cinerea</i>	8
05	Quelques composés terpéniques des huiles essentielles	10
06	Cinq espèces les plus répandues du genre <i>Mentha</i>	13
07	Aire de la répartition de la menthe par le monde	14
08	Situation géographique de la zone d'étude	15
09	Champ de <i>Mentha rotundifolia</i> dans la région d'Oum Teboul	17
10	Parties aériennes de <i>Mentha rotundifolia</i>	18
11	Feuilles de <i>Mentha rotundifolia</i>	18
12	Fleurs de <i>Mentha rotundifolia</i>	19
13	Extraction de l'huile essentielle de <i>Mentha rotundifolia</i> par hydrodistillation	19
14	Mise en culture des fragments de racines d'agrumes	21
15	Purification des isolats fongiques	21
16	Aspect des colonies de la souche fongique sur le milieu de culture PDA après 7 jours d'incubation à 25°C	24
17	Aspect des spores de la souche fongique sous microscope optique (Gr ×10×40)	24
18	Evolution de la taille des colonies de la souche fongique exposée aux concentrations croissantes de l'huile essentielle de <i>Mentha rotundifolia</i>	25
19	Pourcentages d'inhibition de la souche fongique exposée aux concentrations croissantes de l'huile essentielle de <i>Mentha rotundifolia</i>	25

Introduction générale

Introduction générale

La lutte chimique constitue le moyen le plus efficace pour réduire l'incidence des maladies occasionnées par les moisissures. Toutefois, les nouvelles réglementations encouragent la réduction des apports en fongicides de synthèse en raison de l'apparition de nouvelles souches résistantes (**Avenot et al., 2008**), des risques potentiels pour la santé humaine ou pour la pollution de l'environnement (**Krieger, 2001 ; Unnikrishnan et Nath, 2002**). Suite à cette préoccupation, il semble donc important de trouver une alternative.

Les plantes aromatiques ont l'aptitude à synthétiser de nombreux métabolites secondaires en réponse aux stress biotique et abiotique qu'elles peuvent subir. Ces métabolites secondaires possèdent diverses propriétés biologiques. Les huiles essentielles en font partie.

A cet effet, l'utilisation des plantes représente un potentiel inestimable pour la recherche de nouvelles substances à pouvoir antifongique ou antimicrobien. Ainsi les huiles essentielles et les extraits organiques, suscitent un intérêt croissant comme source potentielle de molécules naturelles bioactives pouvant être employées comme alternatives à certaines substances synthétiques (**Bruneton, 1999**).

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à étudier une plante poussant à l'état spontané dans la région d'El Tarf : *Mentha rotundifolia*, appartenant à la famille des Lamiacées, à travers l'extraction de l'huile essentielle et l'évaluation de son activité antifongique. Le choix cette plante est basée sur son utilisation fréquente dans les traditions locales culinaires et médicinales.

La première partie de ce manuscrit est construite à partir d'éléments de la bibliographie scientifique sur le règne fongique, les huiles essentielles et le genre *Mentha*. S'en suivra, la partie expérimentale axée sur l'extraction de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* et une étude biologique *in vitro* visant à évaluer le pouvoir antifongique de cette plante. Enfin, la dernière partie sera allouée à la discussion des principaux résultats obtenus, suivie d'une conclusion générale et quelques perspectives.

Revue bibliographique

I. Revue bibliographique

1. Présentation du règne fongique

1.1. Généralités

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes **(Mueller et Schmit, 2007)**. On estime à 1.5 millions le nombre d'espèces de champignons vivant sur Terre **(Hawksworth, 2001)**. Ce sont des organismes eucaryotes, sporogones et non chlorophylliens, se reproduisant par voie sexuée ou asexuée. Le terme « champignons » regroupe principalement : les levures, les champignons filamenteux (communément appelés moisissures) et les champignons supérieures (ou champignons comestibles) **(Sylvain, 1996)**.

Les champignons filamenteux sont des organismes pluricellulaires dont l'appareil végétatif forme un thalle composé de filaments microscopiques, souvent ramifiés, appelés hyphes ; l'ensemble de ces hyphes forme le mycélium. Les hyphes sont entourés par une paroi cellulaire protectrice, qui permet les échanges avec le milieu extérieur. Elle est en générale formée de chitine associée à d'autres constituants (chitosanes, glucanes, protéines) **(Champion, 1997)**.

Les champignons filamenteux sont ubiquitaires et très répandus dans la nature, notamment au niveau des végétaux en décompositions, ils sont hétérotrophes, et plus particulièrement absorbotrophes puisqu'ils absorbent les éléments, digères de manière extracellulaire, au travers de leur appareil végétatif présentant une perméabilité pariétale. Ils ne peuvent pas synthétiser de matière organique à partir du gaz carbonique atmosphérique. En effet, ils sont incapables d'assurer la photosynthèse. Une source de carbone organique est donc nécessaire à leur développement. Ils synthétisent leurs propres nutriments à partir de l'eau et des éléments nutritifs et minéraux qu'ils puisent dans leur environnement. Il joue un rôle important dans le recyclage des matières organiques en puisant leur énergie à partir de ces sources carbonées externes **(Lecellier, 2013)**. La plupart des champignons sont mésophiles avec des optimums de croissance variant de 25°C à 35°C **(Nguyen Minh Tri, 2007)**.

Les champignons se reproduisent essentiellement par des spores uni- ou pluricellulaires. On distingue, selon leur origine, les spores sexuées et les asexuées. La forme sexuée, ou

téléomorphe, a pour fonction de maintenir l'espèce et apparait souvent en fin de saison alors que la forme asexuée, dite aussi forme imparfaite ou anamorphe, assure la propagation.

1.2. Taxonomie

Le concept d'espèces chez les champignons est une notion alimentant les débats. Ces espèces peuvent être différenciées de différentes façons ; historiquement, les champignons étaient reconnus sur la base de leur morphologie selon le concept morphologique d'espèce (Taylor *et al.*, 2000). La grande majorité des espèces décrites à ce jour reposent sur ce concept, par une analyse des traits phénotypiques (morphologiques et/ou biochimiques) (Taylor *et al.*, 2000 ; Guarro *et al.*, 1999). Les champignons peuvent être également décrits selon leurs habitats, leurs localisations géographiques, selon le concept écologique de l'espèce (Taylor, 2000).

L'application récente du concept phylogénétique de l'espèce, a été favorisée par les progrès des techniques d'analyses moléculaires, et tend à être massivement employée en mycologie. Sur des bases phylogénétiques, l'organisation des champignons en phyla est actuellement revisitée (figure 2) et cinq phyla sont aujourd'hui acceptés (James *et al.*, 2006) :

❖ *Chytridiomycota*

Les organismes du phylum Chytridiomycota sont les seuls champignons à posséder des spores uniflagellées (zoospores) (Jennings & Lysek, 1996). C'est la lignée évolutive la plus ancienne des champignons (James *et al.*, 2000 ; James *et al.*, 2006). La présence de spores flagellées semble restreindre ces organismes aux aquatiques et dans les sols humides (James *et al.*, 2000). Les organismes de ce phylum sont souvent microscopiques mais peuvent aussi produire un mycélium. La plupart des Chytrides sont saprotrophes, aérobies ou anaérobies ; ils sont capables de dégrader un grand nombre de substrats (Powell, 1993 ; Shearer *et al.*, 2007). Environ 1000 espèces ont été décrites au sein de ce phylum, ce qui correspond à environ 1% des espèces décrites de champignons (Taylor *et al.*, 2004).

❖ *Zygomycota*

Les Zygomycota constituent un groupe ancien des champignons ayant divergé après les Chytridiomycota (James *et al.*, 2006 ; Bar-Hen *et al.*, 2008). Ce groupe est formé d'organismes microscopiques hétérogènes (James *et al.*, 2006 ; Tanabe *et al.*, 2000 ; Bar-

Hen et al., 2008). Différents modes de vie sont retrouvés, les plus communs étant le saprophytisme et le parasitisme (d'insectes principalement). Plus de 600 espèces ont été décrites à ce jour, ce qui représente moins de 1% des champignons décrits (**Hawksworth 1991 ; Hawksworth & Rossman, 1997 ; Hawksworth, 2001**).

❖ *Glomeromycota*

Historiquement, les organismes de ce phylum étaient placés au sein des Zygomycota, dans l'ordre des Glomérales, un groupe qui regroupait les champignons mycorhiziens à arbuscules (**Morton et Benny, 1990**). L'analyse phylogénétique du gène codant l'ARNr 18S a permis d'ériger un nouveau phylum: les Glomeromycota (**Schüßer et al., 2001**). A ce jour, 160 espèces ont été décrites en adoptant le 'traditionnel' concept d'espèce morphologique principalement basé sur la morphologie de la paroi des spores. Néanmoins, de nombreux phylotypes ont été découverts par approches moléculaires (**Vandenkoornhuyse et al., 2002**). Toutes les espèces de ce phylum sont des organismes symbiotiques biotrophes stricts de plantes (formant des mycorhizes à arbuscules).

❖ *Dicaryotes (Ascomycota et Basidiomycota)*

Les phyla Ascomycota et Basidiomycota forment le groupe des Dicaryotes et représentent la majorité des espèces de champignons décrites, en l'occurrence 67000 espèces (**Taylor et al., 2004**) sur les 100.000 recensées.

Les organismes du phylum Ascomycota comptent 45000 espèces décrites à ce jour (**Hawksworth 1991 ; Hawksworth, 2001 ; Taylor et al., 2004**) et constituent la quasi-totalité des champignons capables de former des associations lichéniques. Des modes de vie saprophytes et parasites sont également largement répandus. On retrouve également chez ces organismes les champignons utilisés en agroalimentaire (*Saccharomyces cerevisiae*) ou en pharmacologie (*Penicillium chrysogenum*).

Les organismes du phylum Basidiomycota regroupent 22000 espèces décrites (**Taylor et al., 2004**). Leur mode de vie est principalement saprophyte : ce sont d'ailleurs les organismes fongiques ayant les capacités de dégradation de matériels ligno-cellulolytique les plus élaborées (**Hibbet et Donoghue, 2001**). On retrouve également des organismes symbiotiques de plantes ou parasites d'animaux.

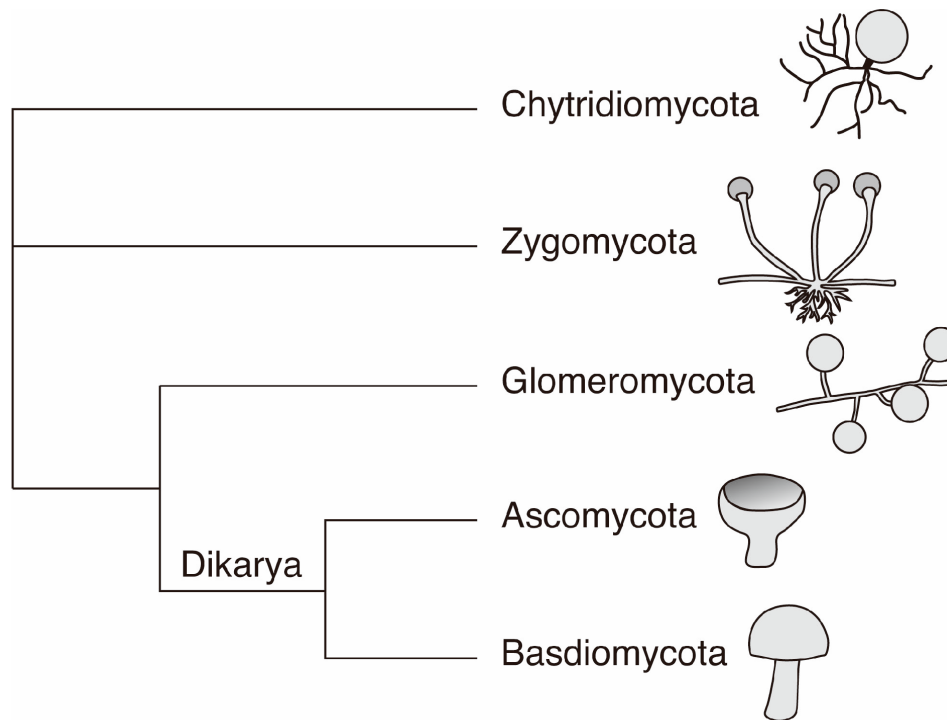


Figure 1. Organisation phylogénétique des champignons (Bindschedler *et al.*, 2016).

1.3. Les champignons telluriques phytopathogènes

Les champignons telluriques phytopathogènes (fungi ou mycètes) constituent un groupe d'organismes microscopiques hétérotrophes ubiquistes, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées (Kirk *et al.*, 2001).

Plusieurs genres de champignons telluriques sont capables d'infecter les racines des plantes sauvages et cultivées et de causer des dégâts importants. Il s'agit notamment des genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Pythium*, *Verticilium*, *Botrytis* (Agrios, 2005). Ils sont la principale cause des maladies chez les plantes et sont responsables d'environ 70% des maladies des plantes cultivées (Deacon, 2006).

1.3.1. Le genre *Fusarium*

Ce genre inclut des champignons imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Les formes parfaites ou téléomorphes de quelques espèces de *Fusarium* sont connues et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des Hyphocreales, famille des Nectriaceae, genres *Gibberella*, *Calonectria* et *Nectria*). Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (Nelson *et al.*, 1983).

Sur le plan économique le genre *Fusarium* est très important parce qu'il regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes. Il est considéré parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées (Benhamou *et al.*, 1996).

En outre, beaucoup d'espèces saprophytes sont capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. Les espèces du genre *Fusarium* peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), des légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers. La majorité des espèces de *Fusarium* sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications chez les animaux d'élevage (Tabuc, 2007).

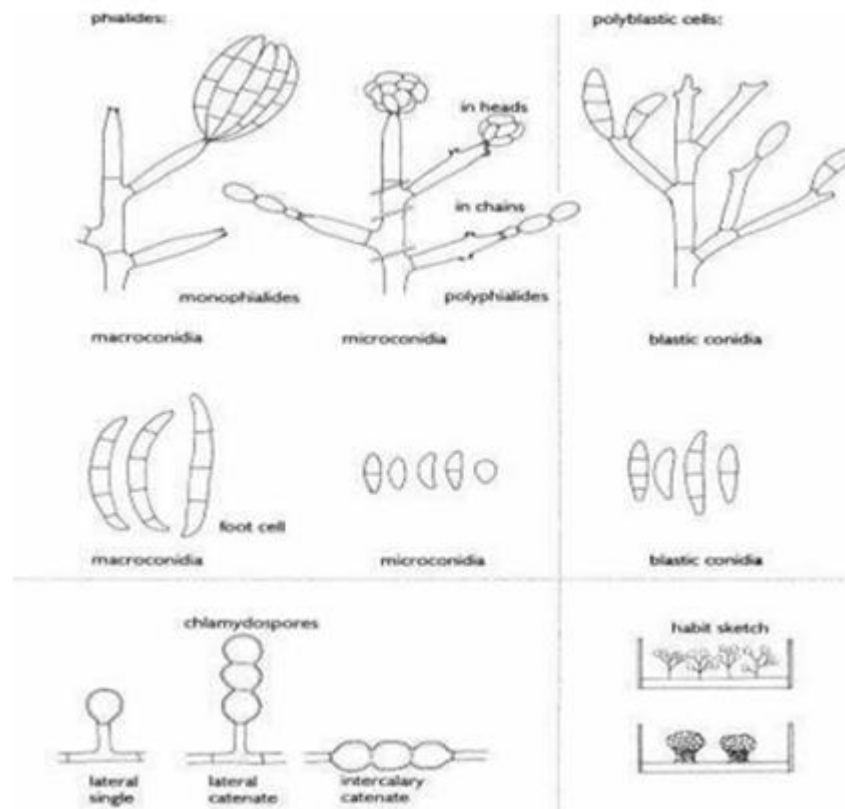


Figure 2. Terminologie pour décrire la morphologie du genre *Fusarium* (Hoog *et al.*, 2011)

Les principales espèces de *Fusarium*, compte tenu de leur fréquence dans les différents substrats, notamment les céréales, de leur potentiel toxigène et de leur pouvoir pathogène, sont : *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* et *F. verticilloides* (*F. moniliforme*).

(Tabuc, 2007). *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* sont les agents pathogènes de la maladie des pourritures racinaires qui se manifeste aussi bien sur blé dur et tendre que sur l'orge. Cette maladie apparaît particulièrement dans les zones semi-arides et durant les années à faible pluviométrie (Ezzahiri, 2008).

Chez le pois ce type de maladie peut aussi être occasionné par *F. oxysporum* et *F. solani*. (Haglund et Kraft, 2001).

1.3.2. Le genre *Penicillium*

Le genre *Penicillium* comprend entre 150 et 300 espèces, réparties en quatre sous genres appartenant à la division des Deutéromycètes. Les formes téléomorphe de certaines d'entre elle sont connues et appartiennent à l'embranchement des Ascomycètes dont les genres les plus représentatifs sont *Eupenicillium* et *Talaromyces* (Pitt et Hoking, 1997). Ce genre de moisissure est très répandu dans les régions à climat tempéré. Certaines espèces de *Penicillium* contaminent les céréales et les grains avant la récolte.

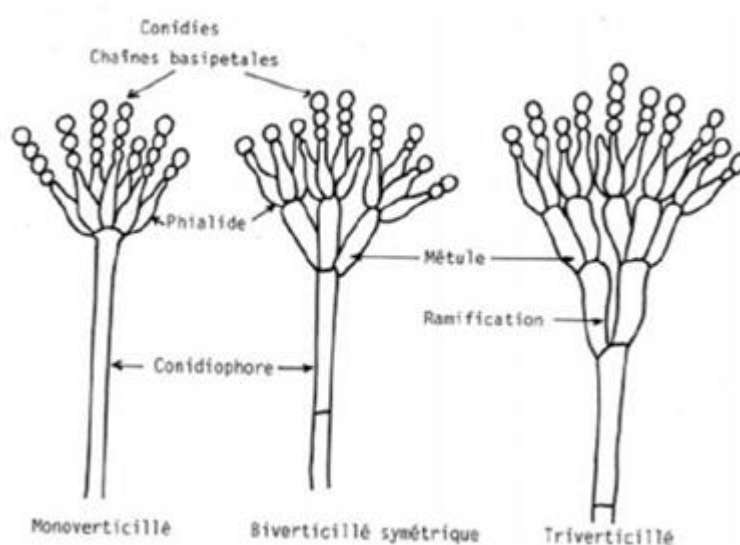


Figure 3. Principaux caractères morphologiques des pénicilliums (Tabuc, 2007)

Le genre *Penicillium* se distingue par son organisation en pinceau. Le thalle, formé de filaments mycéliens septés hyalins, porte des conidiophores lisses ou granuleux, simples ou ramifiés qui se terminent par un pénicille. Les conidiophores peuvent être isolés, groupés, en faisceaux lâche ou agrégés en corémies bien individualisés (Anani et Bentaleb, 2016).

1.3.3. Le genre *Botrytis*

Le genre *Botrytis* comprend 22 espèces dont la plupart ont un spectre d'hôte restreint comme *Botrytis fabae* sur les légumineuses, contrairement à l'espèce *Botrytis cinerea* est capable d'attaquer plus de 230 espèces de plantes sur lesquelles il peut engendrer des dégâts sérieux avant et après la récolte. Ce champignon appartient à la division de Deutéromycètes de la classe Hyphomycètes, de l'ordre de Moniliales, famille des moniliaceae. Les formes téléomorphe appartiennent à l'embranchement des Ascomycota, de la classe Ascomycètes, de l'ordre des Léotiales, famille des Sclerotiniaceae (Jarvis, 1977).

Botrytis cinerea est un champignon ubiquiste, très polyphage et opportuniste qui colonise plus facilement les tissus affaiblis. Le mycélium du champignon observé au microscope lors de son développement, montre des houppes constituées par de gros tubes se ramifiant au sommet sous forme arborescente. Lorsque le développement de la moisissure est assez avancé, on aperçoit aux extrémités des grappes très nombreuses formées de conidies ; de ces conidies se détachent des spores ovoïdes (Blancard *et al.*, 2003).

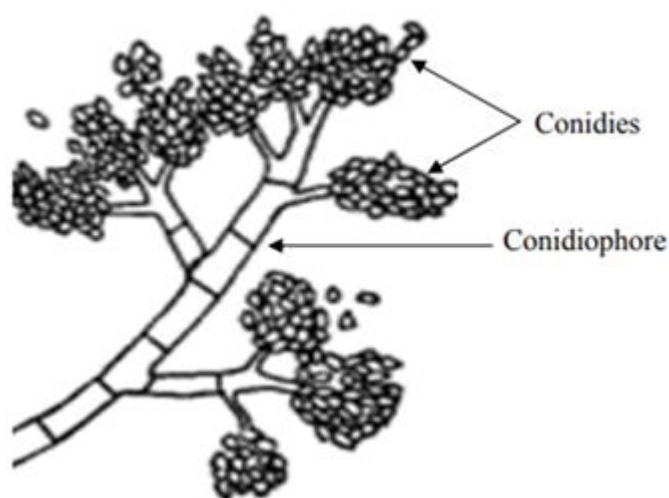


Figure 4. Principaux caractères morphologiques de *Botrytis cinerea* (Agrios, 2005).

2. Les huiles essentielles

2.1. Définition

Plusieurs définitions sont disponibles des huiles essentielles. Les huiles essentielles sont généralement des mélanges des principes volatils contenus dans les végétaux (Bruneton, 1999). Selon Afnor (2000), les huiles essentielles sont des produits obtenus à partir d'une

matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèches.

2.2. Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en générale dans des cellules glandulaires spécialisées. Elles sont, ensuite, stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles, dans des poiles sécréteurs, dans des poches sécrétrices et dans des canaux sécréteurs. Les huiles essentielles peuvent être retrouvées dans divers organes (**Oussala, 2006**): les fleurs (bergamotier, rose,..) les feuilles (citronnelle, eucalyptus,...), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma, gingembre,...), les fruits (anis, badiane,...), le bois (bois de rose, santal,...), ou les graines (muscade,...).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (**Belkou, 2005**).

2.3. Propriétés physico-chimiques

Les huiles essentielles forment un groupe très homogène (**Bruneton, 1999**). Les principales caractéristiques sont :

- Liquides à température ambiante.
- Volatiles et très rarement colorées.
- Une densité faible pour les huiles essentielles à forte teneur en monoterpènes.
- Un indice de réfraction variant essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé, cependant une teneur élevée en dérivés oxygénés produira l'effet inverse.
- Solubles dans les alcools à titre alcoométrique élevé et dans la plupart des solvants organiques mais peu solubles dans l'eau.
- Très altérables, sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser donnant lieu à la formation de produits résineux, il convient alors de les conserver à l'abri de la lumière et de l'air.

2.4. Composition chimique

Les huiles essentielles sont avant tout des composés terpéniques. Du strict point de vue chimique, les terpènes apparaissent comme des polymères d'un carbure d'hydrogène diéthylénique, l'isoprène. Selon le nombre de résidus isoprènes que groupent les composés terpéniques, on distingue :

- Les terpènes simples, formés de deux isoprènes.
- Les sesquiterpènes, formés de trois isoprènes.
- Les di terpènes, formés de quatre isoprènes.
- Les triterpènes, formés de six isoprènes.
- Les tétraterpènes, formés de six isoprènes (**Benayad, 2008**).

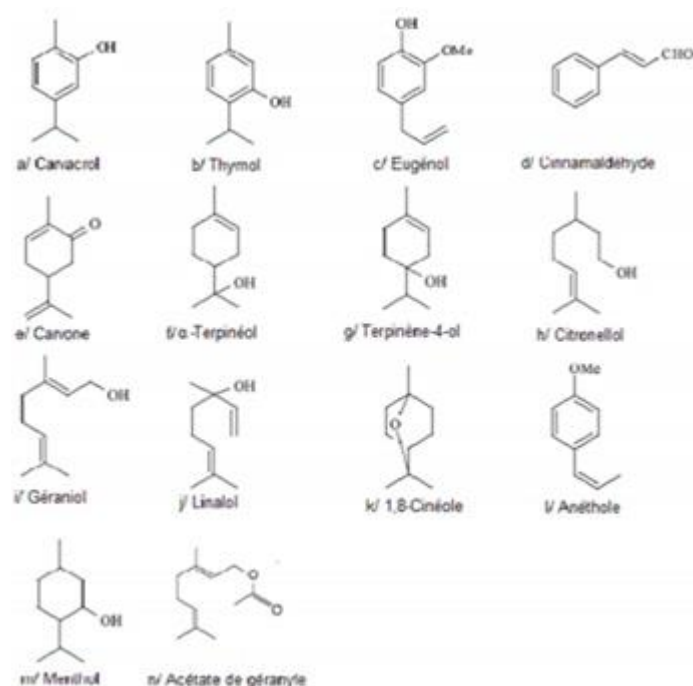


Figure 5. Quelques composés terpéniques des huiles essentielles (Kalemba et Kunicka, 2003)

2.5. Utilisations des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont aujourd'hui omniprésentes dans les savons, les crèmes, les détergents, lessives et dans l'industrie agro-alimentaire. Leur utilisation est liée à leurs larges spectres d'activités biologiques reconnues. Elles sont appréciées pour leurs propriétés odorantes et antiseptiques dans le domaine de la parfumerie, de la cosmétologie et de

l'industrie alimentaire. Leur intérêt en médecine humaine et vétérinaire est aussi grandissant. Elles sont utilisées par voie orale (diluée dans du lait, yaourt, miel.), rectale, ou par inhalation directe (**Makhloufi, 2013**).

2.6. La lutte biologique par les huiles essentielles

La lutte biologique vise à contrôler les interactions entre les agents pathogènes et les facteurs biotiques ou abiotiques de l'environnement (**Lepoivre, 1988**). Pour la lutte chimique en utilisant des pesticides, elle présente plusieurs inconvénients tels que les problèmes de pollution environnementale qui est aussi considérée comme un problème sérieux pour la santé humaine. De plus, l'utilisation de ces produits de synthèse peut entraîner le développement de souches résistantes (**Ahandagbe et al., 2014**). La recherche d'autres méthodes en prenant en considération d'autres critères que l'efficacité est devenue indispensable. La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antimicrobiennes, peut constituer une alternative aux produits chimiques. Parmi ces substances naturelles, figurent les huiles essentielles extraites des plantes aromatiques (**Maihebiau, 1994**).

2.6.1. Propriétés antibactériennes

Les huiles essentielles les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes appartiennent aux Lamiaceae: origan, thym, sauge, romarin, clou de girofle sont d'autant de plantes aromatiques à huiles essentielles riches en composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés possèdent une forte activité antibactérienne. Le carvacrol est le plus actif de tous, reconnu pour être non toxique, il est utilisé comme agent de conservation et arôme alimentaire dans les boissons, friandises et autre préparations. Le thymol et l'eugénol sont utilisés dans les produits cosmétiques et alimentaires. Ces composés ont un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium spp*, *Helicobacter pylori* (**Pauli, 2001**).

2.6.2. Propriétés antifongiques

Un grand nombre de composés volatils ont été testés contre une large gamme de champignons : Candida (*C. albicans*), Aspergillus (*A. niger*, *A. flavus* et *A. fumigatus*), *Penicillium chrysogenum* (**Kalemba et Kunicka, 2003**). Les huiles essentielles les plus

étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Lamiaceae: thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge.

Etant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies, certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques (**Voukou et al., 1988**). Il a été démontré que l'activité antifongique augmente selon le type de fonction chimique : Phénols> Alcools> Aldéhydes> Cétones> Ethers> Hydrocarbures. Parmi les aldéhydes, le cinnamaldéhyde s'est révélé le plus actifs (**Yen et Chang, 2008**).

3. Présentation du genre *Mentha*

L'étymologie du mot Menthe a beaucoup été discutée, certains auteurs disent que le nom de la plante est la francisation du latin *Mentha* et les Grecs *Mintha* ou *Minthé*, ce nom provient de celui d'une nymphe de la mythologie grecque qui était la fille du dieu des rivières (**Couplan, 2012**).

La plante était déjà connue chez les égyptiens. Au XIII^{ème} et XVII^{ème} siècles, il a été retrouvé des fragments des plantes séchées dans des tombeaux, elle était utilisée pour la conservation des momies, à cause de sa forte odeur. La menthe était utilisée avec le myrte et romarin durant la cérémonie funéraire afin de masquer l'odeur des cadavres. Le terme de *Mentha* apparaît en 1275 dans la littérature française (**Carlier-Loy, 2015**).

Les menthes forment un genre *Mentha*, appartenant à la famille des lamiacées ou labiacées réparti en huit sous-familles. Presque la moitié des lamiacées sont regroupées dans la sous-famille des *Nepetoideae*. Au sein de cette dernière, le genre *Mentha* est représenté par environ 42 espèces (**Bahadori et al., 2018**) et 13 hybrides (**Mamadalieva et al., 2017**). La menthe est une plante herbacée vivace, dicotylédone et gamopétale, susceptible de se reproduire par des rhizomes, par marcottage ou par bouturage (**Sutour, 2010**). Ci-dessous, on présente les cinq espèces les plus répandues du genre *Mentha* (Figure 4).

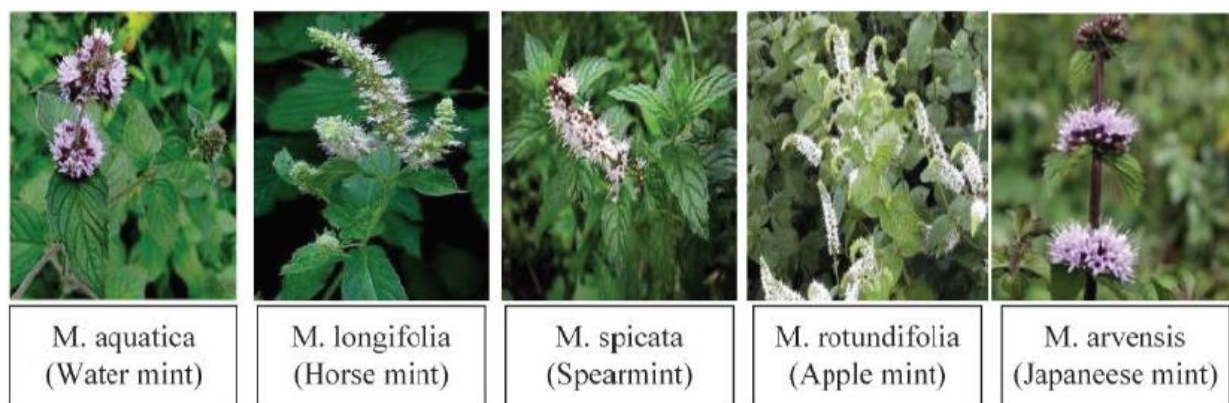


Figure 6. Cinq espèces les plus répandues du genre *Mentha* (Brahmi *et al.*, 2017).

3.1. Aspects botanique du genre *Mentha*

Le genre *Mentha* possède un appareil végétatif vivace généralement dressé (Gilly, 2005). A l'aisselle des écailles des stolons, des bourgeons donneront de tige dressée, ramifiée et carrée munie de quatre colonnes de collenchyme placé dans les ongles qu'il y a près d'un endoderme et de cristaux d'oxalate de calcium quadratique, tubulaire ou en bâtonnets dans des cellules de la moelle. Les feuilles sont généralement disposées en paires opposées et dentées, montrant également une grande diversité de couleurs, très odoriférantes (Pereira *et al.*, 2013). L'appareil reproducteur des menthes se caractérisent par une combinaison de caractères:

Les fleurs sont blanches à violettes pales (Pereira *et al.*, 2013), en épis cylindrique, à tête sphérique terminale (Quezel et Santa, 1962).

- **Le calice:** est actinomorphe ou sous-bilabial, tubulaire ou campanulé; la plante est 10-13 vasculaire.
- **La corolle:** faiblement à deux lèvres, le lobe supérieur est plus large, généralement émarginé et plus court que le tube calice.
- **Les étamines :** elle a quatre étamines et s'élève du dessous du labium vers l'extérieur (Sevindik 2018).

3.2. Distribution géographique de la menthe

La culture de cette plante se pratique principalement dans les régions humides, et subtropicales d'Europe et d'Asie, mais aussi en Afrique du Sud, en Australie et aux États-Unis

(Figure 7). Elle est aujourd'hui retrouvée partout dans le monde, d'ailleurs elle est parfois considérée très envahissante (Deschamps *et al.*, 2008 ; Cirlini *et al.*, 2016).

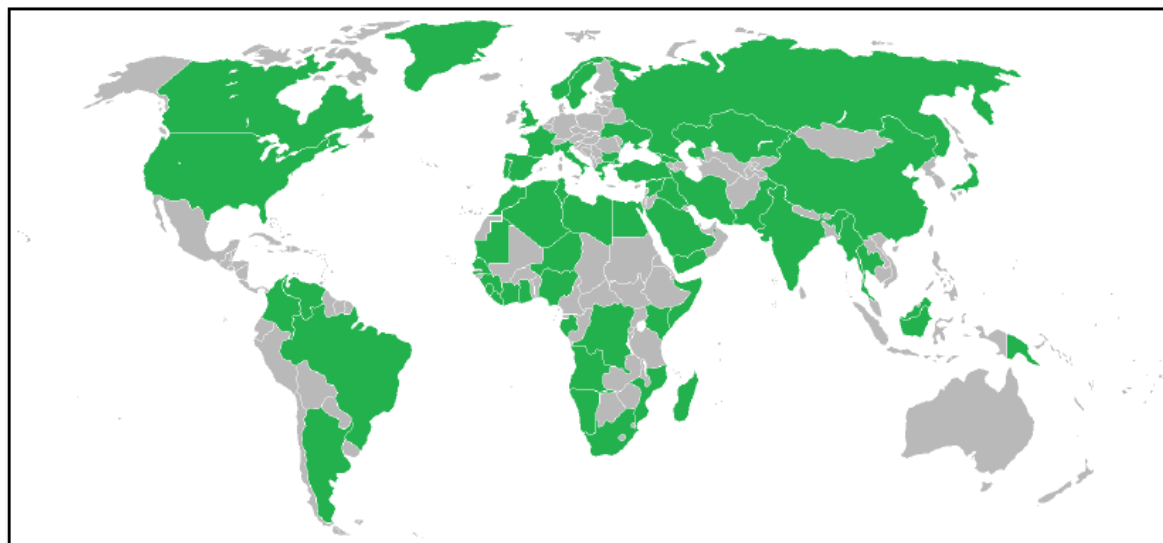


Figure 7. Aire de la répartition de la menthe par le monde (en vert) (Carlier-Loy 2015).

Cette répartition fait de la menthe, aujourd'hui, la plante probablement la plus répandue et la plus célèbre de nos plantes médicinales et aromatiques.

3.3. Domaine d'utilisation du genre *Mentha*

3.3.1. En médecine traditionnelle et dans la pratique actuelle

Les espèces du genre *Mentha* sont universellement appliquées en médecine populaire. Elles agissent comme stomachiques, toniques, stimulants digestifs, analgésiques, diurétiques, sudorifiques, carminatives, antispasmodiques, anesthésiques et antiseptiques. Sous leur influence, l'activité de l'estomac et l'énergie du cœur et des nerfs se trouvent accrues, en même temps que s'affaiblit l'irritabilité et la sensibilité à la douleur.

Dans la pratique actuelle, la Menthe s'emploie avant tout contre les troubles digestifs : maux et crampes d'estomac, mauvaises digestions, coliques, nausées, vomissements nerveux,...etc. En second lieu, elle rend d'éminents services contre la nervosité et les différentes manifestations nerveuses, insomnie, migraine, spasmes vésicaux et utérins, névroses abdominales, fièvre périodique avec symptômes nerveux,...etc. comme antiseptique et désinfectant, elle se recommande contre les auto-intoxications d'origine intestinale. Par son action sur les muqueuses, bronchiques, elle favorise l'expectoration et rend de bons services contre la toux spasmodique, l'asthme, la coqueluche et l'enrouement (Fournier, 2010).

Matériel et Méthodes

II. Matériel et méthodes

Nous exposerons, dans ce qui suit, les différentes expérimentations réalisées avec les techniques et les protocoles adoptés. Cette étude s'intéresse principalement à l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*, poussant à l'état sauvage dans la région d'El Tarf.

1. Description de la zone d'étude

La région d'El Tarf se situe le long du littoral et elle fait partie des régions les plus arrosées du Nord-Est algérien (Figure 8). Le climat est du type méditerranéen humide, caractérisé par deux saisons de six mois chacune. La pluviométrie peut atteindre les 1200 mm par an, donnant naissance à un réseau hydrique très étendu (rivières, cours d'eau, lacs, lagunes, marres, marécages, deltas...etc) pouvant accueillir plusieurs microclimats.



Figure 8. Situation géographique de la zone d'étude (Bahroun, 2007)

La végétation est étendue sur une superficie de 167 311 hectares soit environ 57% de la superficie totale de la wilaya. Cette dernière, est caractérisée par une multitude d'espèces végétales notamment : le pin maritime, le chêne liège, les oliviers sauvages, les frênes, les orchidées de provinces, ainsi que les châtaignes d'eau (**Bouzouni, 2004**).

2. Matériel végétal

Le choix de notre plante est basé sur le fait de sa grande disponibilité ainsi que sa large utilisation en médecine traditionnelle par les habitants de la région.

2.1. Position systématique

Une ambiguïté subsiste dans la littérature sur l'identification de cette plante; certains auteurs affectent des noms différents pour la même espèce *Mentha suaveolens* et *Mentha rotundifolia* (Khanuja *et al.*, 2000 ; Hendriks et Van Os, 1976). Cependant, cette dernière est considérée comme un hybride de *Mentha longifolia* et *Mentha suaveolens* (Lawrence, 2007 ; Kothe, 2007).

D'après Quezel et Santa (1963) et (Iserin *et al.*, 1997), la classification de *Mentha rotundifolia* est la suivante:

Embranchement	Spermatophytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha rotundifolia</i> .

2.2. Noms vernaculaires

Le tableau suivant énumère les différentes appellations de la plante *Mentha rotundifolia* :

Tableau 1. Noms vernaculaires de *Mentha rotundifolia*.

Nom scientifique	<i>Mentha rotundifolia</i>
Nom arabe/kabyle	Timarssat / Thimja
Synonymes	Menthe à feuilles rondes. Menthe de cheval Menthe sauvage
Nom local	مقن السيف, الضمران, المريوث, صابون العرايس, تميتمة.

Mentha rotundifolia, connue par la population locale sous le nom de « Domrane », porte différentes dénominations en Algérie à savoir « Megne essif » et « Timarssat » (Khadraoui *et*

al., 2013). Au Maroc, elle est connue sous le nom de « Timija » ou « la menthe en épi » (El Arch *et al.*, 2003). D'autres appellations lui sont attribuées telles que « Applemint » ou « Menthe odorantes » (Umemoto, 1998), « Mentastre » ou « Baume sauvage » (Kothe, 2007).

2.3. Description botanique

Mentha Rotundifolia est une espèce est une plante vivace vigoureuse de 25 à 80 cm de hauteur, facile à identifier en raison de la forme de ses feuilles rondes, épaisses et ridées (Figures 9 et 11). L'ensemble de la plante est couvert de poils denses et blanchâtres qui la rendent douce au toucher. Comme toutes les menthes, elle dégage une forte odeur caractéristique (Ferdjioui, 2014 ; Bounihi, 2016).



Figure 9. Champ de *Mentha rotundifolia* dans la région de Oum Teboul (El Kala - Willaya d'El Tarf)

La tige typique des Lamiacées, dressée est couverte d'un duvet épais (Figure 7) ; le rhizome est ramifié est à section carrée (Benabdallah, 2017).



Figure 10. Parties aériennes de *Mentha rotundifolia*

Les feuilles sessiles, ovales à presque rondes (4.5 cm de longueur et 3 cm de largeur) ; de couleur vert vif (Figure 11) et légèrement duveteuses (Ferdjioui, 2014).



Figure 11. Feuilles de *Mentha rotundifolia* (Riadi et Saidi, 2020)

Les fleurs blanches ou mauves claire de 5 mm de long, en glomérules nombreux, disposés eux-mêmes en épis terminaux allongés (Figure 12), grêles cylindriques, compactes (Ferdjioui, 2014 ; Benabadallah, 2016 ; Benayad, 2008).



Figure 12. Fleurs de *Mentha rotundifolia* (Ferdjioui, 2014)

3. Extraction des huiles essentielles

La récolte de *Mentha rotundifolia* est réalisée durant le mois de Février. Les parties aériennes de la plante sont récupérées et nettoyées de la terre et des autres herbes contaminants ; puis séchées à l'air libre.

L'extraction de l'huiles essentielle est effectuée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (Figure 13).

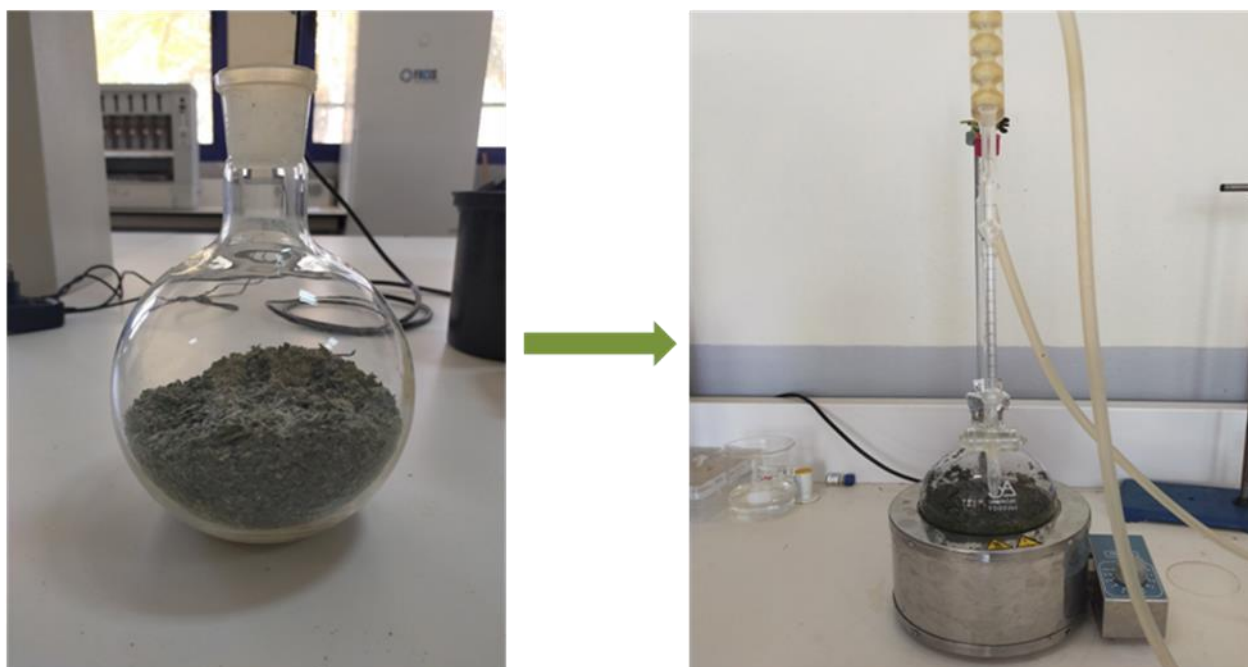


Figure 13. Extraction de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* par hydrodistillation

Dans le ballon de l'hydrodistillateur, contenant 650 ml d'eau, un échantillon de 50 g est soumis à l'entraînement à la vapeur d'eau durant 3 heures à une température de 100 °C. Les vapeurs chargées d'huile, traversent un réfrigérant, se condensent et se séparent en deux phases liquides ; une phase aqueuse (eau aromatique) et une phase organique constituée par l'huile essentielle. A la fin de l'hydrodistillation, l'huile essentielle de couleur jaune est récupérée dans un récipient hermétique. Elle est conservée, par la suite, à 4°C à l'abri de la lumière jusqu'à son usage (**Chanthaphon et al., 2008 ; Ayoughi et al., 2011**).

4. Isolement et identification du champignon phytopathogène

La souche fongique a été isolée à partir de racines d'agrumes infectées. Les échantillons nous ont été fournis par l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Kous. Ils sont issus d'une prospection faite au niveau de la région Est du pays. Le protocole expérimental adopté et utilisé met en évidence 3 étapes clés.

4.1. Préparation et mise en culture des échantillons

Les échantillons sont lavés soigneusement à l'eau courante et brossés afin d'éliminer la terre. Avec un instrument coupant (type scalpel), préalablement passé à la flamme du bec Bunsen puis refroidi, des fragments de racines sont prélevés dans une zone où l'agent pathogène est supposé être plus actif (limite de nécrose, de coloration...). Les fragments sont ensuite désinfectés par leur incorporation dans une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO) à 2 % pendant 10 minutes, puis rincés abondamment à l'eau distillée stérile et enfin séchés à l'aide de papier filtre stérile (**Zehhar et al., 2006**).

Une fois séchés, les échantillons sont déposés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu gélosé spécifique: le milieu PDA (Potato Dextrose Agar). Ils sont répartis à raison de 4 à 5 fragments par boîte (Figure 14). Les boîtes sont incubées dans une étuve bactériologique à une température de 22°C pendant 7 à 10 jours (**Rémi, 1997**).

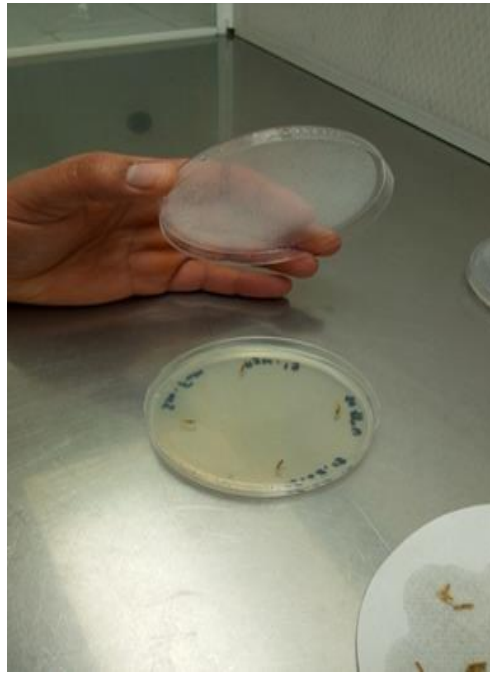


Figure 14. Mise en culture des fragments de racines d'agrumes

4.2. Purification des isolats fongiques

Elle est réalisée par un repiquage successif en découpant de petits fragments sur la bordure des colonies développées (mycélium). Les fragments découpés sont déposés directement sur le milieu de culture PDA à raison d'un implant par boîte (Figure 15).

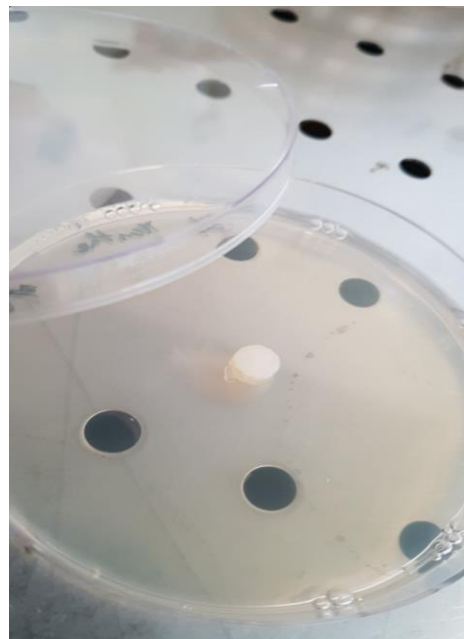


Figure 15. Purification des isolats fongiques

4.3. Identification des souches fongiques

L'identification et la détermination des genres et des espèces se fait sur la base de certains caractères morphologiques et culturels (vitesse de croissance, aspect des colonies, la couleur et la texture du thalle, la pigmentation) et l'observation microscopiques des macroconidies et des microconidies (forme et taille). L'identification est basée sur les clés de détermination des moisissures recommandées par **Botton *et al.* (1990)**, **Messiaen *et al.* (1991)** et **Rémi (1997)**.

5. Evaluation de l'activité antifongique

Les expériences sont réalisées en testant 5 concentrations : 4, 8, 12, 16 et 20 µl/ml. L'objectif de cette expérience est d'apprécier une activité inhibitrice sur la croissance mycélienne. Pour cela, l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* est incorporée aseptiquement dans le milieu de culture maintenu en surfusion (40 à 45°C). Le mélange est ensuite coulé dans les boîtes de Pétri. Des disques mycéliens de 6 mm ont été découpés sur des cultures jeunes et sont ensuite déposés au centre des boîtes de Pétri. En parallèle, un témoin est réalisé de la même façon ou la même quantité de fongicide est remplacée par de l'eau distillée stérile. Les boîtes sont ensuite incubées à 25°C. Après 7 jours d'incubation, le diamètre moyen des colonies est estimé à partir de 2 diamètres perpendiculaires.

Le Pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne sera calculé selon la formule de **Pandey *et al.* (1982)**.

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = [D_0 - D_{H.E}] / D_0 \times 100$$

Où D_0 est le diamètre moyen des colonies témoins et $D_{H.E}$ est le diamètre moyen des colonies en présence de l'huile essentielle.

5.1. Détermination de la CI 50

Elle correspond à la concentration de l'huile essentielle qui inhibe la croissance mycélienne de 50 %. La CI50 est calculée graphiquement par régression linéaire.

5.2. Détermination de la nature de la fongitoxicité

Elle est basée sur le transfert d'un fragment mycélien de la boîte de Pétri où l'inhibition par huile essentielle est maximale, dans un nouveau milieu PDA dépourvu d'huile essentielle. Cette dernière est considérée comme fongistatique si la croissance de la souche fongique reprend à nouveau et est fongicide ou létal s'il n'y a pas de croissance.

Résultats

III. Résultats

1. Caractéristiques de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*

Les critères d'appréciations d'une huile essentielle sont ses propriétés organoleptiques telles que le goût, la couleur et l'odeur. Ces propriétés ne donnent qu'une information très limitée sur cette essence. La qualité d'une essence est définie par des normes fixées. Ces normes ont été établies par plusieurs organisations connues à l'échelle mondiale en précisant les conditions opératoires des analyses et en mettant au point des monographies pour la caractérisation des huiles essentielles les plus courantes.

Après extraction, nous avons déterminé les caractères organoleptiques de notre huile essentielle et comparé avec ceux des normes **AFNOR (2000)**.

Tableau 2. Caractéristiques de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*

Caractéristiques	Normes AFNOR	Résultat obtenu
Aspect	Liquide mobile et limpide	Liquide
Couleur	Jaune pale	Jaune pale
Odeur	Epicée et pénétrante	Epicée et pénétrante

2. Evaluation de l'activité antifongique

2.1. Identification de l'agent pathogène

L'isolement est réalisé à partir de racines d'agrumes infectées. Après la phase d'incubation, les isolats fongiques ont été prélevés et purifiés.

En se basant sur les clés de détermination des genres à savoir les caractères cultureux et la morphologie microscopique (la taille, la forme et l'arrangement des conidies sur le conidiophore), établies par **Botton et al. (1990)**, **Messiaen et al. (1991)** et **Rémi et al. (1997)**, il s'est avéré que l'isolat fongique appartient au genre *Fusarium*.

Sur milieu PDA, la croissance des souches est rapide allant de 5 à 7 jours et se traduit par la production d'un mycélium dense et aérien (cotonneux). Le mycélium aérien est blanchâtre et au recto et est et est d'une couleur jaune à fauve au verso (Figure 17).

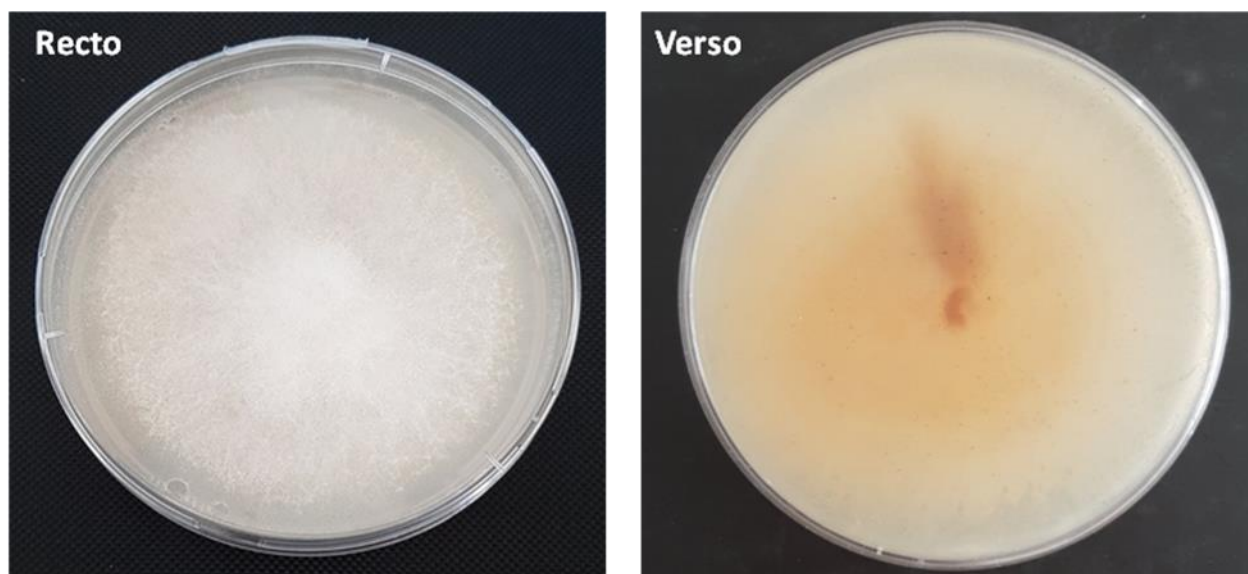


Figure 16. Aspect des colonies de la souche fongique sur le milieu de culture PDA après 7 jours d'incubation à 25°C

L'identification de l'espèce est basée sur l'observation des préparations microscopiques (la présence, la taille et l'arrangement des microconidies et des macroconidies).

La production de spores est plus ou moins abondante. Les spores sont divisées en 2 cloisons et présentent une petite taille (Figure 18).



Figure 17. Aspect des spores de la souche fongique sous microscope optique (Gr $\times 10 \times 40$)

La comparaison de ces caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques avec les clés d'identification recommandées par **Botton *et al.* (1990)**, **Messiaen *et al.* (1991)** et **Rémi (1997)**, permet d'assigner l'isolat fongique provenant des racines d'agrumes à l'espèce *Fusarium solani*.

2.2. Effet de l'huile essentielle sur la croissance mycélienne

Nos résultats montrent une diminution progressive du diamètre des colonies (Figure 19). La colonie de *Fusarium solani* exposé à la plus forte concentration de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* (20 $\mu\text{l/ml}$) présente un diamètre de 3.1 cm comparée au diamètre de la colonie témoin, qui est de l'ordre de 8.7 cm.

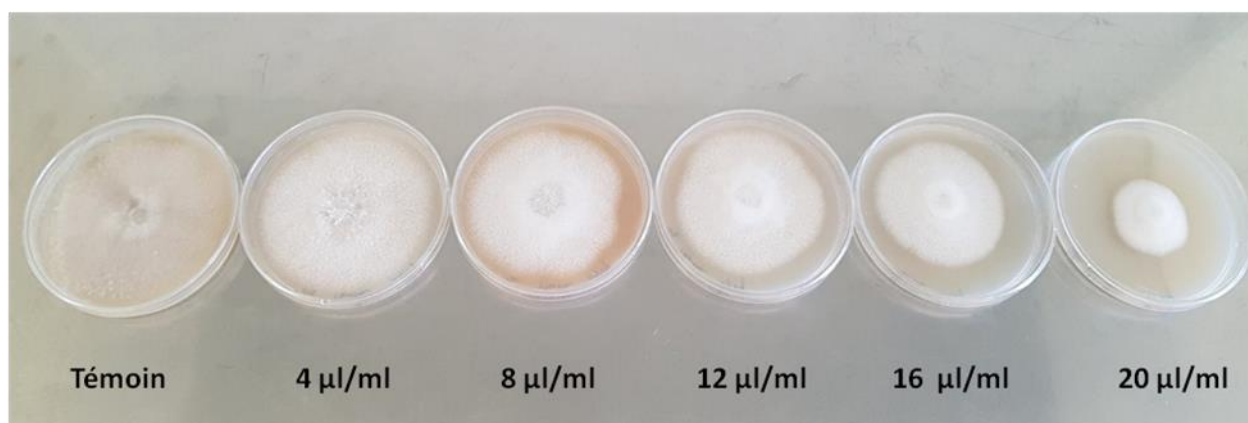


Figure 18. Evolution de la taille des colonies de la souche fongique exposée aux concentrations croissantes de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*

2.3. Détermination du pourcentage d'inhibition

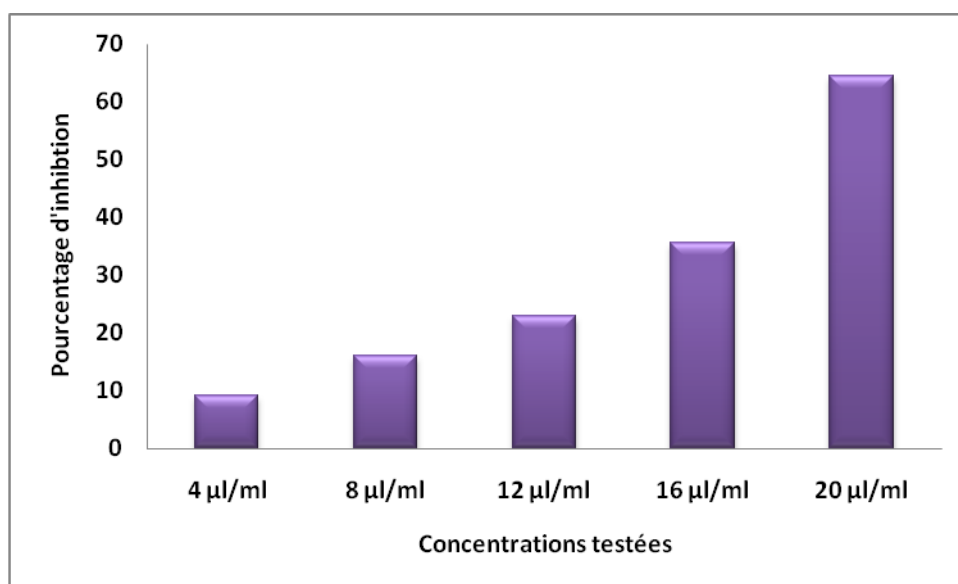


Figure 19. Pourcentages d'inhibition de la souche fongique exposée aux concentrations croissantes de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*

L'effet inhibiteur est dose-dépendant et proportionnel aux concentrations testées (Figure 20). En effet, un taux de 64.36% est enregistré pour la souche fongique exposée à la plus forte concentration de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* (20 µl/ml) et ce après 7 jours de traitements.

2.4. Détermination de la CI50

La CI50 enregistrée dans cette étude est de l'ordre de 19 µl/ml. Elle montre une sensibilité de *Fusarium solani* à l'action de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*.

2.5. Détermination de la nature de la fongitoxité

Les résultats obtenus ont montré que la croissance mycélienne est relancée après la période d'incubation suggérant ainsi un effet fongistatique de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* vis-à-vis du phytopathogène *Fusarium solani*.

Discussion générale

Discussion générale

De nombreuses études récentes concernant des plantes du genre *Mentha*, sous forme d'extraits ou d'huiles, ont montré le potentiel antimicrobien de diverses espèces trouvées dans de nombreuses régions du monde. Le but de ce travail est de démontrer l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia*, contre un bio-ravageur responsable de la fusariose, *Fusarium solani*.

Dans cette étude, l'efficacité antifongique de l'huile essentielle a été prouvée. Les concentrations testées ont permis d'apprécier un effet inhibiteur dose-dépendant et proportionnel aux concentrations testées. Le diamètre des colonies passe de 8.7 cm chez les témoins à 3.1 cm chez les souches traitées par la plus forte concentration (20 µl/ml). De plus, l'exposition du phytopathogène à cette même concentration de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* génère un pourcentage d'inhibition de l'ordre de 64.36%.

À la limite de nos connaissances, aucune étude n'a traité l'utilisation de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* pour le contrôle *Fusarium solani*. En revanche, l'efficacité d'autres espèces du genre *Mentha* a été testée sur d'autres phytopathogènes. En effet **Hmiri et al., (2011)** et **Yakhlef (2020)** ont démontré l'effets inhibiteur des extraits de *Mentha pulegium* sur des souches fongiques de *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* et *Fusarium culmorum*, responsables de nombreuses maladies en post-récolte des fruits et le flétrissement du blé.

Nos résultats corroborent, ceux d'autres recherches qui ont clairement démontré le pouvoir antifongique notable des huiles essentielles de menthe et qui présentait une fongitoxité très importante sur plusieurs espèces fongiques (**Lahlou et al., 2005 ; Ouraïni et al., 2007, Hajlaoui et al., 2009**).

L'inhibition de la croissance des filaments de la souche testés est due l'empêchement de la germination des conidies par les composés volatils de l'huile de la lavande. La germination des conidies est la première étape essentielle dans la séquence d'opérations menant à l'établissement d'un tube germinatif et d'un hyphe, par la suite. Le processus commence par l'hydratation suivie de l'action des enzymes lytiques telles que le chitinase et α et β - glucanases. Ceci décompose la paroi cellulaire des conidies épaissie pour permettre

l'apparition du tube digestif initial. Une fois que cet événement a lieu, il y a un équilibre entre les systèmes lytiques et synthétiques d'enzymes nécessaires pour la prolongation normale des hyphes. Un déséquilibre dans l'un ou l'autre système d'enzymes mène à l'inhibition et/ou à l'empêchement de croissance (McEwan, 1994).

Les activités antimicrobiennes des huiles essentielles sont difficiles à attribuer à un composé spécifique à cause de leur complexité et variabilité. En général, l'activité antimicrobienne est principalement expliquée par la présence de mono et sesquiterpènes avec des cycles aromatiques et des groupes hydroxyles phénoliques capables de former des liaisons d'hydrogène avec les sites actifs des enzymes cibles (Rojas *et al.*, 2007). Selon Hassane *et al.* (2011), les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles de plusieurs plantes aromatiques et médicinales sont attribuées à leur profil chimique et surtout aux alcools terpéniques ; notre huile est riche en ces composés tels que 1,8-Cineole, 1-Nonen-3-ol, 1-Borneol, 4- Terpineol, 1-Octen-3-ol.

L'effet antifongique de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* pourrait être attribué à sa composition chimique riche en monoterpènes oxygénés. Ces composés sont connus pour leur capacité à inhiber la croissance mycélienne. Dans leur étude, Marei et Abdelgalei (2018) ont évalué les effets inhibiteurs de six monoterpènes sur la croissance mycélienne de huit espèces fongiques phytopathogènes. Tous les monoterpènes testés ont provoqué une inhibition de la croissance mycélienne. Cependant, l'effet antifongique dépendait du composé spécifique et de l'espèce fongique testée.

Dans une autre étude réalisée sur deux espèces de menthe cultivées (*Mentha longifolia* et *Mentha pulegium*), les huiles essentielles des deux plantes, dont la composition chimique est très abondante en monoterpènes oxygénés (> 50 % de la composition totale des deux huiles), ont montré une forte activité antimicrobienne contre les 16 micro-organismes testés. D'autre part, l'activité antifongique de l'huile essentielle pourrait être due à la présence d'oxyde de caryophyllène (sesquiterpène oxygéné). Ce composé majeur est connu pour son utilisation comme conservateur dans les aliments, les médicaments et les cosmétiques. Abi-Ayad *et al.*, 2011, dans leur étude menée pour évaluer la sensibilité de certaines souches de moisissures aux huiles essentielles de *Pinus halepensis*, dont l'oxyde de caryophyllène est le constituant principal (52 %) ; ont observé une activité antifongique contre les souches de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* et *Rhizopus stolonifera*

Les mécanismes par lesquels les huiles essentielles peuvent inhiber les micro-organismes impliquent différents modes d'action et en partie peut-être en raison de leur caractère hydrophobe. En conséquence, elles sont imbriquées dans la bicouche lipidique de la membrane cellulaire, les rendant plus perméable, ce qui conduit à la fuite du contenu des cellules vitales, la dépréciation des systèmes enzymatiques bactériens peut aussi être un mécanisme d'action potentiel (**Edris, 2007**). De même, pour les champignons un nombre d'effets et d'hypothèses ont été rapportés : il s'agit notamment de l'inhibition de la sporulation, la germination, l'allongement des hyphes et la perturbation des parois et des membranes cellulaires (**Cavanagh et al., 2007**).

En général, les principaux composants reflètent assez bien les caractéristiques biophysiques et biologiques des huiles essentielles dont elles ont été isolées. L'amplitude de leurs effets étant uniquement fonction de leur concentration lorsqu'elles ont été testées seules ou comprises dans huiles essentielles (**Hajlaoui et al., 2009**). Cependant, il est possible que d'autres molécules mineures modulent l'activité des composants principaux.

Sachant que l'activité antifongique n'est pas générale pour tous les types de moisissures, certains d'entre eux peuvent consommer les terpènes en tant que source de carbone, les dégrader ou les transformer, ce qui peut expliquer l'inefficacité de certaines de ces molécules (**Heyen et Harder, 1995**). De plus certaines espèces fongiques se montrent plus résistantes que d'autres. **Millon et al., (2002)** attribue ceci, au fait que ces souches développent des mécanismes de résistance aux molécules antifongique présentes dans l'extrait des huiles essentielles. Parmi ces mécanismes la capacité à switcher ou à changer de phénotype " Switch phénotypique ".

La synthèse de tous ces résultats, suggère que l'activité antimicrobienne de *Mentha rotundifolia* vis-à-vis de *Fusarium solani* est due, d'un côté, à la présence chez cette plante des principales familles des composés chimiques susceptibles de conférer les propriétés antimicrobiennes à une plante qui sont notamment les dérivés phénoliques et les flavonoïdes. Et d'un autre côté, à l'effet antimicrobien du menthol qui pourrait avoir entraîné, au moins partiellement une perturbation de la fraction lipidique de la membrane plasmique du microorganisme entraînant des altérations de la perméabilité de la membrane et une fuite des matériaux intracellulaires. (**Mickiené et al. 2011**).

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Le développement de biocides naturels efficaces aiderait à réduire l'impact négatif des composés synthétiques, tels que la contamination des aliments par les résidus de pesticides, la résistance aux ravageurs et la pollution de l'environnement. À cet égard, les composés naturels peuvent être utilisés comme alternatives sûres pour la gestion des maladies des plantes cultivées causées par des champignons phytopathogènes et la lutte antiparasitaire après récolte. L'utilisation des huiles essentielles ouvre une voie prometteuse dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs.

Dans l'optique de valider l'utilisation des espèces végétales du genre *Mentha* et de chercher des alternatives aux substances chimiques de synthèse, notre travail s'est articulé autour de l'évaluation des propriétés antifongiques d'une plante appartenant au genre *Mentha* en se basant essentiellement sur son abondance dans l'Est de l'Algérie.

La plante aromatique *Mentha rotundifolia* poussant à l'état spontané dans la région d'El Tarf a été récoltée en Février 2021. L'huile essentielle contenue dans les parties aériennes a été extraite par hydrodistillation. L'activité antifongique de cette huile a été évaluée par la technique de dilution en milieu solide sur un champignon phytopathogène *Fusarium solani* responsable de la fusariose chez les agrumes. La confrontation de *Fusarium solani* aux concentrations croissantes de l'huile essentielle a révélé que *Mentha rotundifolia* exerce un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne de l'espèce fongique, affichant un taux d'inhibition de l'ordre de 64,36% pour la plus forte concentration et une CI50 de 19 µl/ml.

En somme, l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* nécessite encore des études complémentaires pour déterminer si elle peut avoir une valeur dans le contrôle des phytopathologies et si le traitement est utilisable à l'échelle industrielle.

Pour les visions futures, il convient de :

- Valoriser les résultats obtenus par des essais sur le terrain.
- Recenser et localiser l'espèce *Mentha rotundifolia* afin d'élaborer une carte de répartition à travers la wilaya d'El Tarf.
- Fractionner des différents constituants de l'huiles essentielles afin de connaître la ou les molécules à l'origine des effets antimicrobiens et l'éventuelle synergie entre elles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

Abi-Ayad M., Abi-Ayad F.Z., Lazzouni H.A., Rebiahi S.A., Ziani-Cherif C., Bessiere 2011. Chemical composition and antifungal activity of Aleppo pine essential oil. Journal of Medicinal Plants Research 5 (22): 5433 - 5436.

Afnor. 2000. Huiles essentielles, échantillonnage et méthodes d'analyse monographies relatives aux huiles essentielles (tome 2).

Agrios G.N. 2005. Plant Pathology. 5th Edition. Elsevier Academic Press. USA, UK.

Ahandagbe S.G.A., Ahoton L., Agbaka A., et Bokonon-Ganta, A. H. 2014. Etude de quelques paramètres biologiques de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) candidat potentiel pour la lutte biologique contre *Bactrocera dorsalis* (Drew Tsuruta et White) au Bénin. EPAC/UAC.

Anani B et Bentaleb S. 2016. Production des protéases extracellulaire des moisissures du sol: effets du pH et de la température. Mémoire du master. Université de Constantine. Algérie.

Avenot H., Morgan D.P. and Michailides T.J. 2008. Resistance to pyraclostrobin, boscalid and multiple resistance to pristine (pyraclostrobin + boscalid) fungicide in *Alternaria alternata* causing Alternaria late blight of pistachios in California. Plant Pathology. 57(1): 135-140.

Ayoughi, F., Barzegar, M., Sahari, M.A. and Naghdibadi, M. 2011. Chemical compositions of essential oils of *Artemisia dracuncululus* L. and evaluation of their antioxidative effect. Journal of agricultural science and technology 13: 79-88.

-B-

Bahadori M. B., Zengin G., Bahadori S., Dinparast L., Movahhedine N. 2018. Phenolic composition and functional properties of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha* (Stapf) Briq.). International Journal of Food Properties. 21 (1): 198 - 208.

Bar-Hen A., Mariadassou M., Poursat M.A., Vandenkoornhuyse P. 2008. Influence function for robust phylogenetic reconstructions. Molecular Biology and Evolution. 25:869 - 873.

Belkou H., Beyoud f. et Taleb Bahmed Z. 2005. Approche de la composition biochimique de la menthe verte (*Mentha spicata* L) dans la région de Ouargla. Mémoire de DES. Université Ouargla. Algérie.

Benabdellah A. 2017. Etude écophysiological, développement et importance des plantes médicinales du genre *Mentha* dans le Parc National d'El-Kala (Nord-Est Algérie). Thèse de Doctorat. Université de Constantine. Algérie.

Benayad N. 2008. Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Université Mohammed V - Agdal, Maroc.

Benhamou N., Chet I. 1996. Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* (86) : 405 - 416.

Bindschedler S., Cailleau G., and Verrecchia E. 2016. Role of fungi in the biomineralization of Calcite. *Minerals*. 6: 1 - 19.

Blancard D., Lot H et Maisonneuve B. 2003. Maladies des salades : identifier, connaître, maîtriser. Institut national de la recherche agronomique 147, rue de l'université 75338 Paris cedex 07. France.

Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P. 1990. Moississures utiles et nuisible importance industrielle. 2ème édition .maosson collection biotechnologies. p.34 - 42.

Bounihi A. 2016. Criblage phytochimique, étude toxicologique et valorisation pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées). Thèse de Doctorat. Université de Rabat. Maroc.

Brahmi F., Hadj-Ahmed S., Zarrouk A., Bezine M., Nury T., Madani K., Chibane M., Vejux A., Andreoletti P., Boulekbache-Makhlouf L., Lizard G. 2017. Evidence of biological activity of *Mentha* species extracts on apoptotic and autophagic targets on murine RAW264.7 and human U937 monocytic cells. *Pharmaceutical Biology*. 55 (1): 286-293.

Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales (4eme Ed.) Tech et doc/Lavoisier, Paris.

-C-

Carlier-Loy P. 2015. *Mentha spicata*: Description et utilisations en thérapeutique et en agriculture comme antigerminatif sur la pomme de terre. Thèse de doctorat. Université de Picardie. France.

Cavanagh H M.A. 2007. Antifungal activity of the volatile phase of essential oils: a brief review. *Natural product communications* 2(12): 1297 - 1302.

Champion. R. 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. Éditions Quae.

Chanthaphon, S., Chanthachum, S. and Hongpattarakere, T. 2008. Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical Citrus spp. against foodrelated microorganisms. Songklanakarin Journal of Science Technology. 30(1): 125-131.

-D-

Deacon J.W. 2006. Fungal Biology. 4ème edition. Institut of cell and Molecular Biology. Université of Edinburgh.

-E-

Edris A. E. 2007. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A Review. Phytotherapy research. DOI: 10.1002/ptr.

El Arch M., Satrani B., Farah A., Bennani L., Boriky D., Fechtal M., Blaghen M. and Talbi M. 2003. Composition chimique et activités antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* du Maroc. Acta Botanica Gallica. 50(3): 267-274.

Ezzahiri B. 2001. Les maladies du Blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte (Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA) N°77.

-F-

Ferdjioui S. 2014. Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia*. Mémoire de Magister. Université de Sétif. Algérie.

-G-

Gilly G. 2005. Les plantes aromatiques et huiles essentielles à grasse : Botanique-Culture-Chimie-Production et marché. Harmattan (ed.). P418.

Guarro J., Gené J., Stchigel A.M. 1999. Developments in Fungal Taxonomy. Clinical Microbiology Reviews. 12: 454 - 500.

-H-

Haglund W.A., Kraft J.M. 2001. Fusarium wilt. In" Compendium of Pea Diseases Pests", (Eds. Kraft, J.M., Pfleger, F.L.) American Phytopathological Society Press, St. Paul, USA, 13.

Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., Bakhrouf, A., 2009. Biological activities of the essential oils and methanol extract of tow cultivated mint

species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine. World Journal of Microbiology & Biotechnology. 25: 2227 - 2238.

Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., Bakhrouf, A. 2009. Biological activities of the essential oils and methanol extract of tow cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine World Journal of Microbiology & Biotechnology. 25: 2227 - 2238.

Hawksworth D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycological Research. 95: 641 - 655.

Hawksworth D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research. 105: 1422 - 1432.

Hawksworth D.L., Rossman A.Y. 1997. Where are all the undescribed fungi? Phytopathology. 87: 888 - 891.

Hendriks H. and Van Os F.H.L. 1976. Essential oil of two chemotypes of *Mentha suaveolens* during ontogenesis. Phytochemistry. 15: 1127 - 1130.

Heyen U. and Harder J. 1995. Geranic acid formation, an initial reaction of Gram-bacteria. Journal of Applied Microbiology. 25:259 - 270.

Hibbet D.S., Donoghue M.J. 2001. Analysis of character correlations among wood decay mechanisms, mating systems, and substrate ranges in homobasidiomycetes. Systematic Biology. 50: 215 - 242.

Hmiri, S., Amrani, N., & Rahouti, M. 2011. Détermination in vitro de l'activité antifongique des vapeurs d'eugénol et d'huiles essentielles de *Mentha pulegium* L. et de *Tanacetum annuum* L. vis-à-vis de trois champignons responsables de la pourriture des pommes en post-récolte. Acta Botanica Gallica, 158(4): 609 - 616.

Hoog S, Guarro J, Gené J, Figueras M. 2011. Atlas of Clinical Fungi.

-I-

Iserin P., Masson M., Restellini J.P. 1997. « Encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparation, soin », Larousse-Bordas.

-J-

James T.Y., Kauff F., Schoch C.L., Matheny P.B., Hofstetter V., ... et al. 2006. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. Nature. 443: 818 - 822.

Jarvis W.R. 1977. Botryotina and Botrytis species: taxonomy, physiology, and pathology. A guide to the literature. Research Branch. Department of Agriculture. Canada.

-K-

Kalembe D., Kunicka A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry. 10 : 813-829.

Khadraoui, A., Khelifa, A., Hamitouche, H., Mehdaoui, R. 2014. Inhibitive effect by extract of *Mentha rotundifolia* leaves on the corrosion of steel in 1 M HCl solution. Research on Chemical Intermediates. 40(3): 961 - 972.

Khanuja S. P. S., Shasany A. K., Srivastava A. and Kumar S. 2000. Assessment of genetic relationships in *Mentha* species. Euphytica. 111: 121-125.

Krieger R.I. 2001. Handbook of pesticide toxicology. 2nd ed. San Diego. CA. Academic Press.

Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Egham U.K. and Stophes, J.A. 2001. Ainsworth and Bysby's Dictionnary of fungi, 9 th edn .CABI. Bioscience.UK. Center and central Bureau Voie. Utrech. The Net.

Kothe H.W. 2007. 1000 plantes aromatiques et médicinales. Ed terres.

-L-

Lahlou N., Mounchid K., Aboussaouira T., Habti N., Belghazi L., Fellat-Zarrouk K., Tantaoui-Elaraki A., Rachidai A., Ismaili-Alaoui M.M., 2005. Study of the cytotoxicity of *Mentha pulegium* essential oil: varying biological tests. Les Cahiers de la recherche. Serie A 6 : 7 - 16.

Lawrence B. M. 2007. Mint: The genus *Mentha*. Medicinal and aromatic plants- industrial profiles. CRC Press/Taylor & Francis: Boca Raton, FL.

Lecellier A. 2013. Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de Doctorat. Université de Reims. France.

Lepoivre p., Semal J. 1988. La lutte boilologique en phytopathologie végétale. Traité de pathologie végétale. Ed Presse agronomique de Gembloux, Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation N°25. Biologie médicale. Paris édition: 465- 487.

-M-

Maihebiau P. 1994. La nouvelle aromathérapie, biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs. Lausanne 635p.

Mamadalieva N. Z., Akramov D., Ovidi E., Tiezzi A., Nahar L., Azimova S. S., Sarker S. D. 2017. Aromatic medicinal plants of the *Lamiaceae* family from Uzbekistan: ethnopharmacology, essential oils composition, and biological activities. Academic Editor. 4(1): 8.

Marei G.I.Kh., Abdelgalei S.A.M., 2018. Antifungal potential and biochemical effects of monoterpenes and phenylpropenes on plant pathogenic fungi. Plant Protection Science 54 : 9 - 16.

McEwan M. 1994. The antifungal effects of plant essential oils and their production by transformed shoot culture. Dr thesis, Strathclyde Institute of Biomedical Sciences, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland.

Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F. and Lafon R. 1991. Les maladies des plantes maraîchères. INRAA, Paris.

Mickienė R., Ragažinskienė O., Bakutis B. 2011. Antimicrobial activity of *Mentha arvensis* L. and *Zingiber officinale* R. essential oils. Biologija. 57(2): 92-97.

Milon L., Piarroux R., Monod M., Meillet D. 2002. Physiopathologie de la candidose oropharyngée au cours de l'infection par le VIH. Médecine et Maladies Infectieuses. 32 (12): 696 - 703.

Morton J.B., Benny G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon. 37: 471 - 491.

Mueller G.M. and Schmit J.P. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? Biodiversity and Conservation. 16: 1 -5.

-N-

Nelson P.E., Toussoun T.A., Marasas W.F.O. 1983. Fusarium species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania state Univ. Editor.

Nguyen Minh Tri M. 2007. Identification des espèces de moisissures, potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisée dans cinq provinces de la région

centrale du Vietnam- Etude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxines. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. France.

-O-

Ouraini D., Agoumi A., Alaoui M.I., Alaoui K., Cherrah Y., Alaoui M.A., Belabbas M. A., 2007. Activité antifongique de l'acide oléique et des huiles essentielles de *Thymus satureioides* L. et de *Mentha pulegium* L., comparé aux antifongiques dans les dermatoses mycosiques. *Phytothérapie* 1:6 - 14.

-P-

Pandey D.K., Tripathi N.N., Tripathi R.D. and Dixit, S.N. 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *Hyptis suaveolens*/Fungitoxische und phytotoxische Eigenschaften des ätherischen Öls von *Hyptis suaveolens*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. The Journal of Plant Diseases and Protection.* 89 : 344 - 349.

Pauli A. 2001. Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy.* 11: 126-133.

Pereira O. R., Cardoso S. M. 2013. Overview on *Mentha* and *Thymus* polyphenols. *Current Analytical Chemistry.* 9: 382-396.

-Q-

Quezel P. and Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du centre national de la recherche scientifique: Paris (France). Pp 34, 132.

-R-

Rojas J., Velasco J., Rojas L. B., Díaz T., Carmonac J. and Morales A. 2007. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Baccharis latifolia* pers. and *B. prunifolia* H. B. &K. (Asteraceae). *Natural Product Communications.* 2(12): 1245 -1248.

-S-

Schüßer A., Schwarzott D., Walker C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research.* 105: 1413 - 1421.

Sylvain D. 1996. Dégradation de la caféine par *Aspergillus sp* et *Penicillium sp*. Etude physiologique et biochimique. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier. France.

-T-

Tabuc, C. 2007. Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat. l'Institut national polytechnique de Toulouse et l'université de Bucarest. France.

Tanabe Y., O'Donnell K., Saikawa M., Sugiyama J. 2000. Molecular phylogeny of parasitic Zygomycota (Dimargaritales, Zoopagales) based on nuclear small subunit ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 16: 253 - 262.

Taylor J.W., Spatafora J., O'Donnell K., Lutzoni F., James T., Hibbett D.S., Geiser D., Bruns T.D., Blackwell M. 2004. The Fungi. In *Assembling the Tree of Life* (Joel Cracraft, Michael J. Donoghue eds). Oxford University Press.

-U-

Umamoto K. 1998. Two New Stereoisomers of 1, 2- Epoxymenthyl acetate from self-pollinated plant oils of *Mentha rotundifolia*. *Natural Product Letters*. 11: 161 - 165.

Unnikrishnan V. and Nath B.S. 2002. Hazardous chemicals in foods. *Indian Journal Dairy of Biosciences*. 11 : 155-158.

-V-

Vandenkoornhuyse P., Husband R., Daniell T.J., Watson I.J., Duck J.M., Fitter A.H., Young J.P.W. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. *Molecular Ecology*. 11: 1555 - 1564.

Voukou D., Kokkini S. and Bressiere J.M. 1988. *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece Distribution, volatile oil yield, and composition. *Economy Botanic*. 42:407 - 412.

-Y-

Yakhlef, G., Hambaba, L., Pinto, D. C., & Silva, A. M. 2020. Chemical composition and insecticidal, repellent and antifungal activities of essential oil of *Mentha rotundifolia* (L.) from Algeria. *Industrial Crops and Products*, 158, 112988.

Yen T.B., Chang S.T., 2008. Synergistic effects of cinnamaldehyde in combination with eugenol against wood decay fungi. *Bioresource of Technology*. 99: 232 - 236.

Résumé

Résumé

La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles ayant un effet pesticide peut être une alternative aux produits chimiques de synthèse ; parmi ces substances naturelles se trouvent les extraits de plantes aromatiques en particulier les huiles essentielles.

L'objectif de cette étude la valorisation d'une plante aromatique poussant à l'état spontané dans la région d'El Tarf, à savoir *Mentha rotundifolia*, à travers l'extraction de l'huile essentielle et l'étude de son activité antifongique.

Les résultats obtenus illustrent l'effet inhibiteur de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* sur la croissance mycélienne de la souche phytopathogène *Fusarium solani*, avec taux d'inhibition de 64.36% pour la plus forte concentration de l'huile essentielle et une CI50 de l'ordre de 19 µl/ml.

Mots clés : *Mentha rotundifolia*, huile essentielle, activité antifongique.

Abstract

Biological control through the use of natural substances with a pesticidal effect can be an alternative to synthetic chemicals ; among these natural substances are the extracts of aromatic plants, in particular essential oils.

The objective of this study is to enhance the value of an aromatic plant that grows spontaneously in the region of El Tarf, namely *Mentha rotundifolia*, through the extraction of essential oil and the study of its antifungal activity.

The results obtained illustrate the inhibitory effect of the essential oil of *Mentha rotundifolia* on the mycelial growth of the phytopathogenic strain *Fusarium solani*, with 64.36% inhibition rate for the highest concentration of essential oil and an IC50 of around 19 µl / ml.

Keywords: *Mentha rotundifolia*, essential oil, antifungal activity.

ملخص

يمكن أن تكون مكافحة البيولوجية من خلال استخدام المواد الطبيعية التي لها تأثير مبيد للآفات بديلاً للمواد الكيميائية الاصطناعية؛ من بين هذه المواد الطبيعية مستخلصات النباتات العطرية، وخاصة الزيوت العطرية

الهدف من هذه الدراسة هو تشجيع نبات عطري ينمو بشكل عفوي في منطقة الطارف، وهو النعناع المستدير، من خلال استخراج الزيت العطري ودراسة نشاطه المضاد للفطريات

توضح النتائج التي تم الحصول عليها التأثير المثبط للزيت العطري من النعناع على النمو الفطري للسلالة الممرضة للنبات *Fusarium solani*، بمعدل تثبيط 64.36% لأعلى تركيز للزيت العطري و IC50 تعادل 19 ميكرو لتر / مل

الكلمات المفتاحية: النعناع المستدير، الزيت العطري، مضاد للفطريات