الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de MASTER II

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Thème

Evaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles de certaines plantes médicinales algériennes

Soutenu le : 10.11.2020

Présenté par :

M^lle^ Hadji Yousra

M^lle^ Zeggai Soumia

M^lle^ Benamrouche Rabab

Devant le jury :

M^me^ KHEMILI-TALBI	**Souad**	**MCA**	**UMBB**	**Présidente**
M^me^ AKMOUSSI	**Sihem**	**MCB**	**UMBB**	**Examinateur**
M^me^ SADAOUI	**Nesrine**	**MAB**	**UMBB**	**Promotrice**

Année Universitaire : 2019/2020

Résumé

L'activité antifongique des huiles essentielles de quatre plantes médicinales Algérienne qui appartiennent à la famille des *Lamiaceae* (***Mentha pulegium, Mentha spicata, Mentha piperita*** et ***Origanum vulgare***) a été évaluée *in vitro* sur un champignon phyto pathogène parasite de tomate; le ***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***.Trois concentrations pour chaque huile essentielle ont été testées **(50, 100 et 200 µl/ml)**. Les résultats de l'activité antifongique montrent que l'origan (***O.vulgare*)** a montré un grand pouvoir inhibiteur de la croissance mycélienne du champignon (***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***) avec un pourcentage d'inhibition de 100% pour les trois concentrations suivi par l'huile essentielle de (***M.spicata***) puis l'huile essentielle de **(*M.pulegium*). *M.piperita*** a montré un pouvoir un peu plus faible par rapport autres huiles essentielles testées. Selon leurs activités sur le ***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***, ces huiles ont été classées dans l'ordre décroissant suivant : ***Origanum vulgare*>Mentha spicata>*Mentha pulegium*>*Mentha piperita.***

Mot clés : *M.pulegium, M. spicata, M.piperita* et *O.vulgare, Fusarium Oxysporumf.sp.lycopersici,* huile essentielle, activité antifongique.

Abstract

The antifungal activity of the essential oils of four Algerian medicinal plants belonging to the Lamiaceae family (***Mentha pulegium, Mentha spicata, Mentha piperita and Origanum vulgare***) was evaluated in vitro on a phytopathogenic fungus parasitic of tomato; ***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***. Three concentrations for each essential oil were tested (50, 100 and 200 µl / ml).The results of the antifungal activity show that oregano (***O. vulgare***) showed a great inhibitory power of the mycelial growth of the fungus (***Fusarium Oxysporumf.sp.lycopersici***) with a percentage of inhibition of 100% for the three concentrations. followed by essential oil of (***M.spicata***) then essential oil of (***M.pulegium***). ***M. piperita*** showed slightly lower potency compared to other essential oils tested. According to their activities on ***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***, these oils have been classified in the following descending order: ***O.vulgare*>*M. spicata*>*M.pulegium*>*M.piperita.***

Keywords: *M. pulegium, M. spicata, M. piperita and O. vulgare, Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici,* essential oil, antifungal activity.

الملخص

دراسة النشاط المضاد للفطريات للزيوت الأساسية التابعة لأربع نباتات طبية جزائرية تنتمي للفصيلة الشفوية (النعناع الأوروبي، النعناع المدبب، النعناع الفلفلي و المردقوش الشائع). بحيث تم اختبار النشاط المضاد للفطريات لهته الزيوت الأساسية بتركيزات مختلفة (200،100،50 ميكروليتر /لتر) مخبريا على الفطر المسبب لمرض ذبول الطماطم ***Fusarium Oxysporum f.sp.lycopersici***. و كانت قد أظهرت النتائج فعالية الزيوت الأساسية في الحد من نمو الفطر مخبريا، بحيث كان المردقوش الشائع الأكثر فعالية بنسبة 100 % في مختلف التركيزات المختبرة ثم يليه النعناع اللأروبي. كما قد أظهر النعناع الفلفلي قوة أقل قليلا في تثبيط نمو الفطر مقارنة مع غيره من الزيوت الأساسية المختبرة.

ا تم تصنيف الزيوت الأساسية المختبرة في ترتيب تنازلي على النحو التالي: المردقوش الشائع >النعناع المدبب> النعناع الأوروبي > النعناع الفلفلي.

الكلمات المفتاحية : النعناع الأوروبي، النعناع المدبب، النعناع الفلفلي، المردقوش الشائع، ***Fusarium Oxysourum f.sp.lycopersici***، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للفطريات.

Remerciements

La fameuse page des remerciements. On y pense beaucoup pendant la rédaction, mais il y a beaucoup de travail avant d'y arriver. C'est enfin le moment d'exprimer notre gratitude envers toutes celles et tous ceux qui ont contribué à ce travail.

*Avant toutes choses, ce mémoire n'aurait pas ce qu'il est sans l'aide d'**Allah** source de toute connaissance qui nous a données le courage, la patience, la santé, et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous remerciements vont en premier lieu à notre promotrice **Mme. SADAOUI-SMADHI Nesrine** :*

Pour nous avoir accordé sa confiance en acceptant de diriger ce travail, pour ses compétences, ses précieux conseils, sa grande simplicité et sa gentillesse à nos égards qui ont contribué au bon déroulement de ce travail. Nous tenons à vous exprimer infiniment toutes nos gratitudes pour les nombreuses heures investies dans la correction du présent manuscrit.

*Nos remerciements sont adressés à **Mme. KHEMILI-TALBI Souad** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre thème.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mme. AKMOUSSI-TOUMI Sihem** de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail. Veuillez accepter l'expression de notre profond respect.*

*Un grand merci à l'équipe du laboratoire **Mycologie, Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBT), Constantine :***

*Nos remerciements vont à **M.DEBBI Ali,** le responsable du laboratoire de Mycologie (CRBT) de nous avoir accueilli au sein de son laboratoire et qui nous a fait découvrir le monde des champignons, pour leur collaboration, leur orientation et ses conseils avisés.*

*Nous spéciale remerciements et toute nous gratitude à **Mme BOULAHBEL Houda,** l'ingénieure du laboratoire de Mycologie (CRBT) pour son aide durant la durée de stage, son efficacité, ses encouragements même après la durée de stage, ses grandes qualités humaines, vous nous avez transmis la passion de votre métier.*

*De la même meunière nous remercient **M.HAKKOM Hamed**, ingénieur au laboratoire de Mycologie (CRBT) pour leur disponibilité et ses nombreux conseils pratiques.*

C'est un immense plaisir de travailler avec vous

*Un vif remerciement au **M.LAAMOURI** de nous avoir aidé dans notre travail.*

*Nous voulons aussi remercier **Mme. MOHAND KACI Hakima,** notre enseignante et la responsable de la spécialité Biotechnologie Végétale à l'université M'hamed Bougara, Boumerdes pour ses encouragements et ses conseils éclairés.*

Nous remercions également nos camarades de la promotion master II Biotechnologie Végétal 2020 et nos enseignants.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, qui m'ont donnée sans rien en retour et qui ont toujours cru en moi.

***À mon père**, mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour ses enseignements continus à m'inculquer les vraies valeurs de la vie, et pour ses précieux conseils. J'espère que ce mémoire sera à la hauteur de vos attentes et qu'il soit l'accomplissement de tous tes efforts.*

***À ma mère**, pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanent et son soutien sas égal dans les moments les plus difficiles de ma vie...*

Là ou je suis arrivé aujourd'hui c'est à vous mes chers parents, que dieu vous garde, je vous aime.

***À mes sœurs adorés Feriel** et **Meriem,** à notre enfance vécue ensemble et à aux bons moments partagés. Merci pour votre soutien quotidien, conseils, aide, amour et les autres qualités qui font de vous les meilleures sœurs.*

***À mon petit frère Abderrahim**, merci pour les supports, l'amour, les disponibilités.*

Vous êtes la lumière de ma vie sans votre présence je pourrai jamais avancer.

***À ma tante Aicha**, qu'elle m'a considéré comme sa fille, pour sa présence, soutien et amour depuis ma naissance.*

***À mes amies Khadidja et Imane** pour les moments passés ensemble, vous êtes ma deuxième famille à Boumerdes.*

***À ma chère Amina**, pour les heures passées au téléphone à m'écouter et d'avoir su me redonner confiance dans les moments difficiles.*

***À toute ma famille**, oncles et tantes, cousins et cousines, petit et grand sans exception.*

Soumia

Dédicace

Etant Fille Unique de Ma Famille Je Dédie Ce Travail Aux êtres Les Plus Chers…

À mes très chers parents : Fouzia & Yacine

A ma mère, *Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.*

A mon père*, mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son enseignement continu à m'inculquer les vraies valeurs de la vie et pour ses précieux conseils.*

A mes chers frères : Ali et Amir

Vous avez toujours fait la preuve d'attachement, de sincérité, et de considération envers ma personne. Je voudrais pouvoir vous apporter ici la chaleur de mon affection et de mon amour. Votre aide, votre générosité extrême, votre soutien, étaient pour moi une source de courage, de conscience et de patience.

À mes Grand Parents

A Ma Grande Mère P. (Louisa) A Ma Grande Mère M. (Ouarda) A Mon Grand Père M. (Rachid)

Je ne trouve pas les lettres pour vous exprimer tout ce que je ressens envers vous. Que Dieu vous protège et vous accorde un brillant avenir avec une vie pleine de joie, de bonheur.

A toutes mes amies

A ma chère amie *, Soltani Saadia, que je remercie infiniment pour son soutien tout le long des années et moments agréables passés ensembles à l'université , par la joie ou la tristesse toujours ou, on a été épaulés l'un à l'autre et en souvenir de notre sincère et profonde amitié ..*

A mes amies *Hayat et Amel, dont j'ai eu un grand plaisir de les connaitre au niveau de la cité universitaire , et je les remercie pour leurs soutiens et leurs bonnes amitié .*

À tous les membres de ma famille, sans les nommer, car la liste est longue et le risque est grand d'en oublier un.

A tous qui aiment le bien aux autres

Puisse Dieu, le tout puissant, vous combler de santé, de bonheur et de réussite.

Yousra

Dédicace

Je dédie ce rapport du mémoire à mon grand-père et grand-mère, (que Dieu les accueils dans son vaste paradis).

À mes parents, à ma belle maman Djamila, pour son amour, toute l'énergie qu'elle a donnée et tous ces sacrifices pour nous.

Merci pour tout chère maman.

À mon papa Youcef, merci pour son amour, son soutien permanent, et ses Encouragements. Merci d'avoir toujours voulu ce qu'il y a de mieux pour moi.

À mes chères sœurs Zineb et Fatima et mes frères Mohsen et Ali mahdi

Pour l'affection qui nous lie, pour l'intérêt que vous portez à ma vie,

pour vos soutiens, vos compréhensions et vos encouragements. Je vous souhaite

une vie pleine de bonheur. Que Dieu vous protège et consolide les liens sacrés qui nous unissent.

À ma deuxième famille que j'aime trop : Sabi, Rabia, Manar, Sawsan, Lina merci de faire partie de ma vie.

À tous mes amis et camarades et surtout: Dreams, Sem, Ilo

Je vous dédie ce travail en hommage à tous les moments agréables,

Inoubliables que nous avons vécu ensemble.

À la raison de ma présence dans cette vie tu es mon espoir et mon amour

Mohamed ElMahdi, que dieu te protège pour nous …

RABAB SMOOTHE…

Liste des abreviations

AFNOR: Association Française de Normalisation.

CINV: Chemotherapy Induced Nausea and Vomiting.

DL50: La dose létale médiane.

DMSO: Diméthylsulfoxyde.

DPPH: Radical 1,1-diphényl-2-picryhydrazyle.

FOL: *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici.*

FRAP: Fluorescence Recovery After Photobleaching.

GC/MS: La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

HE: Huile essentielle.

IC50: La concentration inhibitrice médiane.

M: Menthe verte.

MP1: Menthe poivrée.

MP2: Menthe pouliot.

Ori : Origan.

PDA: Potato Dextrose Agar.

Liste des figures

Figure 01	(a): La plante de *Mentha pulegium*, (b): La fleur de *Mentha pulegium*	**04**
Figure 02	(a): La feuille de *Mentha spicata* L, (b): La fleur de*Mentha spicata L*	**06**
Figure 03	(a): La feuille de *Mentha piperita*, (b): la fleur de *Mentha piperita*	**07**
Figure 04	(a): La plante *Origanum vulgare*. (b): La fleur de l'*Origanum Vulgare*	**09**
Figure 05	Effet du FOL sur les plantes (a): Flétrissement et jaunissement des feuilles, (b) : desséchement et mort de feuilles des, (c) : brunissement de la tige.	**20**
Figure 06	*Fusarium oxysporum* vue macroscopique (CRBT)	**22**
Figure 07	Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la menthe verte.	**26**
Figure 08	Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la menthe poivrée.	**27**
Figure 09	Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la menthe pouliot.	**27**
Figure 10	Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de l'origan des deux tests préliminaires.	**28**
Figure 11	Histogramme comparatif de l'activité antifongique des huiles essentielles étudiées (M, MP1, MP2, ORI).	**29**

SOMMAIRE

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Introduction générale.…… 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralité sur les lamiacées.……... 03

I.1.1. Descriptions des plantes étudiées…….. **03**

I.1.1.1. Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*).……. **03**

Utilisation de la menthe pouliot (*Mentha pulegium*) en médecine traditionnelle.…… **05**

I.1.1.2. Menthe verte (*Mentha spicata* L)……... **05**

Utilisation de la menthe verte (*Mentha spicata* L) en médecine traditionnelle…….. **06**

I.1.1.3. Menthe poivrée (*Mentha piperita L.)*……..... **07**

Utilisation de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) en médecine traditionnelle ……. **08**

I.1.1.4. Origan (*Origanum vulgare L.*).……. **08**

Utilisation de l'Origan (*Origanum vulgare L.*) en médecine traditionnelle.…… **10**

I.1.2. Travaux antérieurs des plantes étudiées …….. **10**

I.1.2.1. La menthe pouliot (*Mentha pulegium* L)…… **11**

I.1.2.2. La menthe poivrée (*Mentha Piperita* L.)…… **11**

I.1.2.3. La menthe verte (*Mentha spicata* L.)……... **12**

I.1.2.4. Origan (*Origanum vulgare)*…… **13**

I.2. Généralités sur les huiles essentielles…… 13

1.2.1. Propriétés physico-chimiques …… **14**

1.2.2. Les différentes méthodes d'extraction ……... **14**

a. L'hydrodistillation……... **14**

b. Entrainement à la vapeur d'eau.…… **15**

c. Extraction par solvants ……. **15**

d. Extraction à froid……... **15**

e. Extraction par les corps gras……. **15**

f. Extraction par CO2 supercritique ……. **16**

I.2.3. Propriétés pharmacologiques des huiles essentielles …….. **16**

a. Activité antibactérienne …… **16**

b. Activité antifongique ……. **17**

c. Activité antivirale …… **17**

d. Activité antioxydante …….. **17**

e. Activité anti-inflammatoire ……. **18**

f. Des propriétés pharmacologiques …… **18**

I.3. Généralité sur *Fusarium Oxysporum* …….. 19

I.3.1. Position systématique ……. **20**

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Matériel…… 22

a. Souche fongiques…….. **22**

b. Les huiles essentielles testées…… **22**

c. Milieu de culture utilisé…… **22**

d. Matériel non biologique…… **22**

II.2. Méthodes……. 23

II.2.1. L'extraction des huiles essentielles…… **23**

II.2.2. Préparation de milieu de culture PDA (Potato, Dextrose, Agar)……... **23**

II.2.3. Evaluation de l'Activité antifongique des huiles essentielles sur le champignon *Fusarium Oxysporum.f.sp.lycopersici* (FOL)…… **24**

II.2.3.1. Préparation des concentrations des huiles essentielles à tester (les dilutions)…… **24**

II.2.3.2. Préparation de l'inoculum……..... **25**

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

III.1. Résultats……. 26

a. La menthe verte……. **26**

b. Menthe poivrée…… **27**

c. Menthe pouliot…….. **27**

d. Origan……. **28**

III.2. Discussion……... 30

Conclusion et perspectives…….. 33

Références bibliographiques…… 34

Annexes……. 40

Introduction générale

Introduction

La fusariose Vasculaire de la tomate ou la flétrissure fusarienne est une maladie dévastatrice pour les cultures de tomate due à *Fusarium oxysporum f. sp. Iycopersici* (Fol), elle est favorisée par les changements climatiques dont les conséquences sont l'augmentation de la température et l'humidité durant de longues périodes de l'année, ces facteurs accélèrent la croissance de l'agent causal de cette maladie **(Blancard, 2009; Srinivas et al., 2019).**

Pour lutter contre cette maladie, diverses stratégies ont été adoptées, dont la lutte chimique consistant à utiliser des fongicides chimiques de synthèse. Cependant, l'utilisation de ces produits chimiques présente certains inconvénients, dont leur coût, les pollutions de l'environnement et des aliments et ses conséquences sur la vie humaine, et l'apparition de souches plus résistantes de ce agents pathogènes **(Abdel-Kader et al., 2012; Weller et al., 2002).** Actuellement, des études ont souligné la possibilité d'utiliser des ressources d'origine végétale pour contrôler la *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici.*

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance de ses propriétés. Les propriétés médicales des plantes médicinales dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques. Ces propriétés, dues souvent à la fraction d'huile essentielle (HE), peuvent être mises à profit pour traiter les infections fongiques. L'usage des huiles essentielles comme traitement ou remède ne fut jamais abandonné malgré la découverte de processus de synthèse organique et la naissance de l'industrie pharmaceutique. Elles sont considérées comme un véritable réservoir de molécules de base qui sont irremplaçables **(El Mansouri & Moutaj, 2013).**

Des efforts considérables sont orientés vers l'exploration des extraits des plantes comme sources alternatives ou complémentaires aux fongicides synthétiques. Les extraits de plantes ont l'avantage d'être non seulement disponibles à moindre coût pour les agriculteurs, mais aussi non toxiques et facilement biodégradables et donc sains pour l'environnement **(Gaston et al., 2014).**

La protection des cultures joue un rôle essentiel pour assurer la sécurité et la salubrité des aliments**.** Les scientifiques sont donc à la recherche de nouveaux produits d'origine naturelle,

présentant moins de danger pour la santé, palliant aux effets secondaires des fongicides tels les métabolites secondaires des plantes médicinales et présentant une activité antibactérienne.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales Algérienne, il vise à étudier et évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles de quatre plantes médicinales et aromatiques de la famille des Lamiaceae : *Origanum vulgare* L ,*Mentha pulegium*, *Mentha piperita*, *Mentha spicata*. Dans cette étude un seul champignon phyto pathogène a été évalué : le *Fusarium. oxysporum f. sp. lycopersici.*

Notre étude est constituée de trois parties essentielles :

Le premier chapitre est consacré pour la synthèse bibliographique regroupant des généralités sur les plantes médicinales à étudier, des généralités sur les huiles essentielles et une description générale du champignon à étudier : le *fusarium. oxysporum f. sp. lycopersici*.

Le deuxième chapitre est dédié à la présentation du matériel et des protocoles expérimentaux suivis pour évaluer l'activité antifongique des huiles essentielles en question. Ce modeste travail a été réalisé au moment du (Covid-19), seul le test préliminaire a été réalisé.

Le dernier chapitre illustre les résultats obtenus ainsi que leurs discussions et une conclusion qui résume l'ensemble des travaux effectués, les résultats et les perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralité sur les lamiacées

La famille des lamiacées (*Lamiaceae*) connue également sous le nom des Labiées, du latin Labium signifiant lèvre, en référence à la forme caractéristique de ses fleurs **(Senejoux, 2011)**, est l'une des principales familles des plantes à fleurs connues pour leurs propriétés médicinales, aromatiques ou culinaires **(Li et al., 2017)**. Cette famille comprend environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites **(Botineau, 2010).**

Les lamiacées sont le plus souvent des plantes herbacées ou légèrement ligneuses, annuelles ou vivaces aromatiques, des arbustes ou sous-arbrisseaux et rarement des arbres ou des lianes **(Martin, 2013).**

Les plantes constituant cette famille ont fait l'objet d'intenses investigations, dans le but d'isoler et de distinguer les différents types. Ces études ont permis d'isoler un grand nombre de métabolites secondaires principalement les huiles essentielles, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les iridiodes glycosylées et les terpénoides qui sont responsables de l'odeur aromatique de ces plantes **(Mamadalieva et al., 2017).**

Dans notre étude, nous nous somme intéressé à certaines plantes algériennes de la famille des Lamiacées à utilisations médicinales et culinaires qui sont : ***Mentha spicata, Mentha* × *piperita, Mentha pulegium*** (plantes du genre Mentha) et ***Origanum vulgare*** (plante du genre origanum).

I.1.1. Descriptions des plantes étudiées :

I.1.1.1. Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*)

Les Menthes, du nom latin *Mentha*, sont des herbacées vivaces, indigènes et très odorantes appartenant à la famille des Lamiacées **(Jahandiez et al., 1931).** Sur le plan des principes chimiques, la plupart des espèces de menthe doivent leur odeur et activité à leurs huiles essentielles ou essences de menthe **(Benayad, 2008).**

Mentha pulegium est appelée localement « Fliou » **(Lemordant et al., 1977)**, et également appelée pouliot, pouliot royal, herbe aux puces, chasse puce, herbe de Saint Laurent ou frétille. Le nom « Pouliot» vient du latin *pulegium,* qui dérive de pulex et qui signifie puce. Cette menthe a été utilisée pour chasser les puces et les poux depuis des temps très anciens **(Gilly, 2005).**

La menthe pouliot, initialement originaire du bassin méditerranéen, s'est répondue en Europe de l'ouest, du sud et centrale, en Amérique, aux canaries, et à l'ouest de l'Asie.

En Algérie, *Mentha pulegium* est très abondante et pousse spontanément **(Quezel & Santa, 1963)**. Elle pousse dans les zones humides et généralement marécageuses et elle est plus abondante dans les pâturages de montagnes **(Chalchat & Pasquier, 1998).**

Pour sa production à l'échelle commerciale, les États-Unis, Le Maroc et l'Espagne constituent les trois pays dominant le marché mondial **(Mkaddem et al., 2007).**

La menthe pouliot est une plante de 10 à 30 cm de hauteur, à inflorescence formée de nombreux verticillés denses, feuillés et distants **(Quezel & Santa, 1963).** Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense. Les tiges à section carrée, sont plus ou moins dressées, verdâtres ou grisâtres, très ramifiées. Les feuilles, opposées et petites, sont ovales ou oblongues presque entières (légèrement dentelées ou crénelées) et munies d'un court pétiole.

Les fleurs de cette menthe apparaissent en été, de mai à fin septembre, sont rose lilas, parfois blanches, et sont groupées à l'aisselle des feuilles en glomérules largement espacés le long de la tige. **(Quezel & Santa, 1963) (Fig.01).**

(a) **(b)**

Figure 01: (a): La plante de *Mentha pulegium*, (b): La fleur de *Mentha pulegium*

D'après **Quezel & Santa, (1963)** et **Guignard, (2004)**, la systématique de *Mentha pulegium* est la suivante :

Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Gamopétales

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : Mentha

Espèce : *Mentha pulegium (L.)*

Utilisation de la menthe pouliot (*Mentha pulegium*) en médecine traditionnelle

La menthe pouliot figure parmi les plantes les plus utilisées en médecine traditionnelle. C'est une plante dotée de propriétés antispasmodiques et toniques. À faible dose, elle stimule le système nerveux et à forte dose elle devient convulsivante. Les parties aériennes fleuries de cette plante sont traditionnellement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes, expectorantes, carminatives et antispasmodiques dans le traitement du rhume, la bronchite, la tuberculose, la sinusite, le choléra, les intoxications alimentaires, les flatulences et les coliques intestinales **(Ali-Delille, 2013; Zargari, 1990).** La menthe pouliot est utilisée en infusion pour apaiser les démangeaisons et la sensation de picotement, les inflammations cutanées, tel l'eczéma, et le rhumatisme et la goutte **(Benazzouz & Hamdane, 2012).**

Parallèlement, aux vertus citées précédemment, la menthe pouliot est couramment utilisée comme condiments culinaires.

I.1.1.2. Menthe verte (*Mentha spicata* L)

Menthe spicata L, appelée aussi menthe verte, menthe douce, menthe chewing-gum, menthe des jardins, menthe romaine, menthe sauvage. D'après les données morphologiques, cytologiques et biochimiques **(Harley & Brighton, 1977; Schürhof, 1929),** *M. spicata L*. a été décrite comme étant l'hybride fertile issu du croisement *M. suaveolens Ehrh. x M. longifolia (L.) Huds*., deux espèces diploïdes étroitement apparentées et interfertiles.

Menthe verte est cultivée 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 **(Teuscher et al., 2005)**. La plante était déjà connue des Egyptiens. Il a été retrouvé des fragments de plante séchée dans des tombeaux remontant aux XIIIe et XVIIe siècles av. J.-C., elle était utilisée pour la conservation des momies **(Bourgeois, 2009)**.

Cette menthe est vivace, à tiges dressées, fermes, à feuilles lancéolées. Les fleurs sont roses pâles ou blanches, rassemblées en glomérules disposés eux-mêmes en épis terminaux **(Morton, 1956) (Fig.02).**

La classification admise actuellement est d'après **Quezel & Santa, (1963) :**

Règne : Plantes.

Sous Règne : Cormophytes.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones

Famille : Lamiaceae

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha spicata*

(a) **(b)**

Figure 02: (a): La feuille de *Mentha spicata* L, (b): La fleur de *Mentha spicata L*

Utilisation de la menthe verte (*Mentha spicata* L) en médecine traditionnelle

La menthe verte est utilisée en médecine traditionnelle pour soigner les maux de l'estomac, les douleurs biliaires **(Baba Aissa, 1999)**. Elle est utilisée contre les diarrhées résultantes d'un refroidissement et contre les infections du foie **(Teuscher et al., 2005).**

En Tunisie, les feuilles sont appréciées pour leur capacité à soigner les gingivites et les odontalgies **(Hans, 2007).**

La menthe verte a divers effets thérapeutiques bénéfiques, tels que la prévention des nausées et des vomissements induits par la chimiothérapie (CINV), le traitement des troubles du système respiratoire et digestif, de l'hypertension, de l'anxiété et même de soulager la douleur menstruelle **(Taleb Toudert, 2015)**.

I.1.1.3. Menthe poivrée (*Mentha piperita L.)*

La menthe poivrée a été décrite pour la première fois en 1753 par Carolus Linnaeus à partir de spécimens recueillis en Angleterre; il l'a traité comme une espèce, mais il est maintenant universellement accepté d'être un hybride **(Khansari et al., 2004).** Elle résulte d'une hybridation entre la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la menthe verte (*Mentha spicata* **(İşcan et al., 2002).**

Mentha piperita L. est cultivée en Europe centrale et de Sud, Amérique du Nord et du Sud, Asie, Afrique du Nord, presque dans le monde entier. Elle se trouve à l'état sauvage dans toute l'Australie, l'Amérique du nord et en Europe **(Charles, 2012).**

La plante est une menthe vivace à tiges dressées, tétragones, rameuses au sommet. Les feuilles sont d'un vert intense. Elles sont ovales, oblongues ou lancéolées. Les fleurs sont d'un rose violacé, en glomérules plus ou moins nombreux, disposés eux-mêmes en épis terminaux, cylindriques-oblongs. Le calice est glabre ainsi que la corolle et les étamines sont saillantes **(Timbal-Lagrave & Loret, 1860) (Fig.03).**

(a) **(b)**

Figure 03: (a): La feuille de *Mentha piperita,* (b): la fleur de *Mentha piperita.*

D'après **Quezel & santa, (1963)**, la systématique de ***M.piperita*** est la suivant **:**

Règne : Plante

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : Mentha

Espèce: *Mentha piperita*

Utilisation de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) en médecine traditionnelle

Grâce aux nombreuses propriétés la menthe poivrée reste l'espèce la plus utilisée en thérapie traditionnelle. Les feuilles sont utilisée comme antiseptique, antivirale, antispasmodiques, carminatives, cholérétiques, antibactérienne et antioxydants. D'autres utilisations pour soulager les maux de tête liés à une mauvaise digestion, contre les courbatures et contre les parasites de la peau (acné dermatites, démangeaisons cutanées) sont associées aux feuilles **(Toroglu, 2011).**

Mentha piperita soulage les symptômes du rhume et de la toux et elle traite l'inflammation des voies respiratoires et de la muqueuse buccale, les douleurs rhumatismales musculaires, et névralgiques **(Hammami & Abdesselem, 2005).**

La menthe poivrée possède des propriétés diurétiques et la capacité à faire tomber la fièvre, elle est très recommandée contre l'ensemble des maladies d'origine infectieuses **(Capecka et al., 2005).**

La menthe poivrée peut servir à aromatiser les salades de fruits, les potages froids, les yaourts et les produits laitiers **(Couplan, 2012).**

I.1.1.4. Origan (*Origanum vulgare L.*)

Communément appelée en Algérie Zaâter, au Maroc Setter. Son nom vernaculaire en français est : origan, Marjolaine sauvage, Marjolaine bâtarde, Marjolaine Vivace.

Le terme origan provient du latin *origanum*, lui-même issu de grec *origanon*. Le terme français apparait au XIIIème siècle. En le décomposant étymologiquement, on trouve oros, la montagne et ganos, éclat, aspect riant, d'où la signification « qui se plait sur la montagne ».

En effet, l'origan ornait les montagnes méditerranéennes en abondance et assurait leur beauté. **(Dubois et al., 1993)** *Origanum vulgare L*. (origan) étant l'espèce la plus répandue et la plus connue de la famille des Lamiacées**,** riche en huiles essentielles et substances amères

L'espèce d'*Origanum vulgare* est largement distribuée en Euro-Asie et en Afrique du Nord. L'aire géographique s'étend jusqu'aux Açores, îles Canaries, Bretagne, Scandinavie et Chine et Taiwan **(Fisher et al., 2002).** L'origan est une herbacée vivace de 30 à 60 cm de hauteur, au feuillage et aux fleurs très odorants quand on les froisse. Elle est ainsi reconnaissable à son odeur et à sa saveur phénolée et épicée **(Arvy & Gallouin, 2015; Teuscher et al., 2005).** Les tiges dressées, souvent rougeâtres et velues, portent les feuilles ovales opposées et espacées. Les fleurs blanches ou rose sont groupées en inflorescences. La floraison se prolonge de mai à octobre **(Figueredo, 2007; Baba; Teuscher et al., 2005) (Fig.04)**.

(a) **(b)**

Figure 04: (a): La plante *Origanum vulgare*, (b): La fleur de l'*Origanum Vulgare*

D'après **Machu, (2008**), la systématique d'*Origanum vulgare* est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Labiées

Famille : Labiateae

Genre : Origanum

Espèce : *Origanum vulgare*

Utilisation de l'Origan (*Origanum vulgare L.*) en médecine traditionnelle

L'origan est employé depuis l'Antiquité, ainsi les Grecs en faisaient un très grand usage, dans le dictionnaire de Trévoux (1704-1771) au XVIIIe siècle, l'origan est décrit comme une plante appropriée pour soigner les « obstructions du poumon, la rate, la toux et l'ictère (jaunisse) ».

D'autres vertus sont associée à l'origan ainsi, il sert à **g**uérir d'autres maladies telles que : le rhumatismes, toux, rhume et troubles digestifs **(Orhan et al., 2010) ;** la coqueluche, la fièvre et la bronchite **(Bekhechi et al., 2008)**, aussi des effets apéritifs, stomachiques, expectorants, parasiticides et antalgiques **(Saimi, 2014)**, pour le traitement des symptômes de maux de gorge (par infusion ou inhalation).

Additivement, on lui associe le traitement de la tuberculose, des troubles circulatoires **(Hmamouchi, 1997).**

L'origan est très utilisé dans la cuisine portugaise et la cuisine italienne. Il est très apprécié dans les sauces tomates et se marie très bien avec le basilic, le thym, etc.

I.1.2. Travaux antérieurs des plantes étudiées

A nos jours plusieurs études ont été réalisées sur les menthes et l'origan pour connaitre la composition chimiques et les propriétés physico-chimiques de l'essence extraite.

Bien entendu pour une même plante, la composition chimique et l'utilisation de ses huiles essentielles sont très différentes. De plus, la provenance, l'espèce exacte et la variété permettent de distinguer des qualités différentes au sein d'une même espèce. La composition chimique des huiles essentielles varie considérablement selon la partie distillée. Une même plante élabore des huiles essentielles de composition différente en fonction de son origine (pays, climat, altitude, sol…) **(Jacques & Paltz, 1999).**

I.1.2.1. La menthe pouliot (*Mentha pulegium* L)

L'analyse chimique par GC/MS de l'huile essentielle de la menthe pouliot de la région de Reguiba, El-Oued) de sud-est d'Algérie a montré que cette huile essentielle est constituée principalement de Pulegone (46.31%) suivi par Piperitenone (23.3%), Menthone (6.2%) et Limonene (4.7%). Dans la même étude, il a été montré que l'huile essentielle de *M. pulegium L* a une activité antioxydante et l'IC50 était de 157 µl/ml **(Ouakouak et al., 2015)** dans lequel l'IC50 représente la demi (50%) concentration inhibitrice d'une substance.

L'étude réalisée par **(Abdelli et al., 2016)** sur la composition chimique de l'huile essentielle de *M. pulegium* L a montré que pulegone (70,66%) et néo-menthol (11,21%) étaient les principaux composés. l'huile essentielle a montré une bonne activité antimicrobienne contre 11 bactéries (3 Gram+ et 8 Gram-) et deux levures. Dans cette étude, l'activité insecticide contre le ravageur alimentaire *Sitophilus granarius* (L.) a été testée. L'huile essentielle de *M. pulegium* L a montré une efficacité élevée (100% de mortalité) et une dose létale de (DL50 = 9,11 ± 2,53 l / ml).

Une autre étude récente réalisée par **(Baali et al., 2019)** a montré que l'huile essentielle de *M.pulegium* L a une bonne activité antimicrobienne sur les souches : *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*. Par contre une activité antioxydante modérée a été observée.

L'évaluation du pouvoir antioxydant a révélé des valeurs d'IC50 allant de 2,61 à 91,25 mg / ml par la méthode du DPPH, tandis que les valeurs par la méthode de FRAP variaient de 0,97 à 8,17 µmol d'équivalents Trolox (TX) / g d'échantillon. Il a été démontré qu'en présence de 1 mg / mL d'HE, les taux d'inhibition de la tyrosinase variaient de 11,35% à 39,65% et les taux d'inhibition de l'AChE variaient de 40,57% à 73,60% et les pourcentages d'inhibition du BuChE variaient de 6,47% à 72,03 **(Cheraif et al., 2020).**

I.1.2.2. La menthe poivrée (*Mentha Piperita* L.)

La Menthe Poivrée (*Mentha Piperita* L.) est en effet une source de plusieurs composés bioactifs **(François, 2012).** La réalisation des extraits avec différentes parties de la menthe poivrée ont montré la diversité et la richesse en plusieurs constituants tel que : flavonoïdes (lutéolme, menthoside), tocophérols, azulènes, l'acide rosmarinique, des terpènes, des caroténoïdes, des tanins et huile essentielle **(Charles, 2012).**

(Goud et al., 2015) ont réalisé une étude sur la composition chimique, l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Mentha Piperita* L du sud Algerien. Dans cette étude, il a été montré que principaux composés de cette huile essentielle étaient Carvone (51.04%), Limonene (36.37%) and β-Pinene (1.66%).

Les résultats ont montré également un grand potentiel d'activité antimicrobienne contre des souches bactériennes à très haut degré de sensibilité. De plus, l'huile essentielle a été testée pour son activité antioxydante en utilisant la méthode de (DPPH) et la méthode de (FRAP). Le résultat a montré un niveau considérable d'activités antioxydante de l'huile essentielle étudiée avec les deux méthodes utilisées (IC50 = 32,94 µg/ mL et 48,76 µg/ mL) respectivement.

L'étude la plus récente qui a été réalisée sur l'huile essentielle de *M. Piperita* L est celle de **(Kehili et al., 2020)**. Trois activités biologiques ont été évaluées : l'activité anti-inflammatoire, l'activité anti-cicatrisante et l'activité anti-nociceptif in *vitro et in vivo.* Les résultats de cette étude confirment les propriétés anti-inflammatoires, cicatrisantes et analgésiques de l'huile essentielle de *M. Piperita L.*

I.1.2.3. La menthe verte (*Mentha spicata* L.)

L'étude réalisée par **(Boukhebti et al., 2011)** sur l'huile essentielle de *Mentha spicata* L. de la région Amoucha, wilaya of Sétif (Nord-est d'Algérie) a montré que cette dernière est constituée principalement de la carvone (59,40 %), les autres composants présents dans des teneurs appréciables étaient: limonène (6,12%), 1,8-cinéol, germacrène-D (04,66%), β-caryophyllène (2,969%), β-bourbonène (2,796%), α-terpinéol (1,986) %), Terpinéne-4-ol (1,120%). De plus, l'étude de l'activité antibactérienne a montré que l'huile essentielle de *M. spicata* L. a un faible effet inhibiteur sur les souches testées.

L'huile essentielle de *M. spicata L.* a été révélée comme un inhibiteur de la croissance de la souche *Candida albicans* avec un diamètre d'inhibition allant de 14,3 ± 1,5 à 44,3 ± 1,1 mm dans l'étude effectuée par **(Brahmi et al., 2016)**. L'activité antioxydante a été également étudiée et une activité modérée a été révélée. Dans la même étude, l'activité insecticide et répulsive à 2 µL / mL de l'huile essentielle de *M. spicata L.* a montré des effets modérés sur le *Rhyzopertha dominica* F., le principal ravageur de blé **(Brahmi et al., 2016)**.

I.1.2.4. Origan (*Origanum vulgare)*

Plusieurs études ont été réalisées sur la composition chimique et l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*, nous citons quelques études les plus récentes :

(Amrouni et al., 2014) ont étudié la composition chimique de l'huile essentielle d*'Origanum vulgare* issu de Guelma (Djebel Houara). Ils ont identifié le carvacrol comme composant principal avec un taux de 33,85% suivi de thymol (23,64%), et de para-cymene (20,85%). L'huile essentielle d d*'Origanum vulgare* issu de Guelma inhibe la prolifération de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*.

Une étude phytochimique a été réalisé en 2015 par **(Bendifallah et al., 2015)** sur *l'Origanum vulgare* de la région de Boumerdes a montré la présence des tanins, des anthocyanes, des saponosides et des flavonoïdes**.**

L'analyse chimique de l'HE d'*O.vulgare* dans la région de Nechmaya (Guelma), a permis d'obtenir des teneurs élevées en para-cymene (25,615%), thymol (23,129%) et carvacrol (20,321%) **(Bouhaddouda et al., 2016).**

(Boughendjioua & Seridi, 2017) ont étudié la composition chimique et l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de l*'Origanum vulgare* poussant à l'état sauvage à Skikda (Nord-est d'Algérie). L'analyse chimique par GC/MS a montré que l'huile essentielle est constituée principalement de p-Cymene (24.01 %), Thyme (23.49 %) et Carvacrol (21,31 %). Les souches bactériennes testées (*B. amyloliquefaciens FZB42, B. amyloliquefaciens S499, B. subtilis ATCC 21332, B. licheniformis ATCC 14580, B. pumilus)* ont montré une forte sensibilité à l'huile essentielle d'*O.vulgare.*

I.2. Généralités sur les huiles essentielles

Le terme huiles essentielles (HE) dérive de « quinta essentia », un nom donné par le médecin suisse Paracelsus aux extraits de plantes obtenues par distillation, il signifie la fragrance et la quintessence de la plante **(Hart et al., 2008).**

Selon (AFNOR, 2000), les huiles essentielles sont des produits obtenus à partir d'une matière première végétale, soit par entrainement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation à sec.

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de substances organiques aromatiques liquides qu'on trouve naturellement dans diverse partie des végétaux. Elles sont concentrées, volatiles, non huileuses et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur.

Ces essences végétales sont largement distribuées dans le règne végétal et n'existent que chez les végétaux supérieurs. Elles se trouvent dans tous les organes de la plante : racines, fruits, graines, fleurs, feuilles, écorces, bois… etc **(Bernard et al., 1988).**

I.2.1. 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.

1.2.2. Les différentes méthodes d'extraction

a. L'hydrodistillation

Cette méthode consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à l'ébullition, la chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules volatiles contenues dans les cellules végétales **(Bruneton, 1999).** L'H.E forme avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Puis, les vapeurs sont condensées au moyen d'un réfrigérant. Dans un autre récipient de collecte, l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité. L'H.E étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysat **(Lucchesi, 2005).**

b. Entrainement à la vapeur d'eau

Dans ce type de distillation, le matériel végétal ne macère pas directement dans l'eau. Il est placé sur une grille perforée à travers de laquelle passe la vapeur d'eau. La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques : le matériel végétal ne baignant pas directement dans l'eau bouillante **(Franchomme et al., 1990).**

c. Extraction par solvants

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation.

Le principe consiste à séparer l'H.E de la plante à l'aide d'un solvant dans lequel l'H.E se solubilise. Le solvant sera par la suite éliminé afin d'isoler complètement l'H.E désirée **(Grosjean, 1993).**

d. Extraction à froid

Le principe de la méthode est très simple: les zestes des agrumes sont dilacérés et le contenu des poches sécrétrices qui ont été rompues est récupéré par procédé physique. Le procédé classique consiste à exercer, sous un courant d'eau, une action abrasive sur la surface du fruit. Après élimination des déchets solides, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau **(Bruneton, 1993).**

e. Extraction par les corps gras

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

le corps gras et la digestion qui se pratique à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras **(Lawrence, 1995)**.

f. Extraction par CO_2 supercritique

L'originalité de cette technique d'extraction réside dans le type de solvant employé: le CO2 supercritique. Au-delà du point critique (P = 73,8 bars et T = 31,1 °C), le CO2 possède des propriétés intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz ce qui lui confère un bon pouvoir d'extraction, qui plus est, facilement modulable en jouant sur les conditions de température et de pression **(Pellerin, 1991).** Ce procédé consiste à faire éclater les poches à essences des végétaux et ainsi entraîner les substances aromatiques en faisant passer un courant de CO2 à haute pression dans la masse végétale **(Franchomme et al., 2001).**

I.2.3. Propriétés pharmacologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent un large spectre d'activités biologiques. Ces dernières sont en relation avec sa composition chimique les effets synergiques entre ses composants **(Lahlou, 2004).**

a. Activité antibactérienne

Les huiles essentielles riches en composés phénoliques (thymol, carvacrol, l'eugénol) possèdent une forte activité antibactérienne contre large spectre des bactéries, y compris sur les bactéries résistantes aux multi résistantes aux antibiotiques. Ces propriétés sont utiles pour les infections chez les humains **(Lawrence, 1995).**

On distingue deux catégories d'effets des huiles essentielles sur les bactéries :

1. **Effet bactéricide (bactéricidie) : exerçant une activité létale.**

La modification de la perméabilité des membranes est accompagnée par la perte d'osmose chimique ensuite la mort des bactéries.

2. **Effet bactériostatique (bactériostase) : entrainant une inhibition de la croissance.**

- Inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne.
- Inhibition de la synthèse protéique.
- Inhibition de la synthèse des acides nucléiques (ADN, ARN).

Les huiles essentielles agissent en altérant la structure et la fonctionnalité de la membrane plasmique des bactéries. Les germes les plus sensibles par ordre décroissent sont les champignons et les levures, puis les bactéries Gram+ et enfin les bactéries Gram – (présence de la paroi).

b. Activité antifongique

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Lamiaceés : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... Ces huiles essentielles pourraient être employées comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires **(Lis-Balchin, 2002)**.

L'activité fongistatique des composés aromatiques est généralement liée à la présence de certaines fonctions chimiques. L'activité antifongique décroît selon le type de fonction chimique : Phénols› Alcools› Aldéhydes› Cétones› Ethers› Hydrocarbures **(Vokou et al., 1988).**

c. Activité antivirale

Il semble plus complexe de déterminer les mécanismes d'action d'antivirale des HEs puisque les virus ont besoin d'une cellule hôte pour se multiplie mais de nombreuses familles chimiques ont montré des activités antivirales *in vitro* telle que les phénols monoterpéniques ou aromatiques et les alcools monoterpéniques.

(Kubiça et al., 2014) ont également suggéré que l'HE d'*Ocinum basilicum* (basilic) ainsi que différentes molécules retrouvées dans les HE (camphre, thymol et 1,8-cinéole) pouvaient avoir une activité antivirale à l'encontre du virus de la diarrhée bovine.

d. Activité antioxydante

Le stress oxydatif ou l'hyperproduction des radicaux libres est à la base la cause de plusieurs maladies appelées neuro dégénératives, comme la maladie d'Alzheimer, Parkinson et le vieillissement cérébral, maladies cardiovasculaire tel que l'athérosclérose, diabète et cancer.

Les antioxydants sont des composés capables d'entrer en compétition et réagir avec les radicaux libres et les rendent inoffensifs, ce qui retard ou empêche l'oxydation des substances biologiques. Ce sont des éléments protecteurs qui agissent comme « capteur de radicaux libres ».

Les huiles essentielles de cannelle, thym, origan clou de girofle, basilic, persil et muscade possèdent de puissants composés antioxydants et certaines huiles essentielles sont plus efficaces que quelques antioxydants synthétiques **(Hussain et al., 2010).**

Le thymol et le carvacrol sont les composés les plus actifs. Leur activité est en relation avec leur structure phénolique car les composés de ce type ont des propriétés oxydo-réductrices et jouent ainsi un rôle important en neutralisant les radicaux libres et en décomposant les peroxydes **(Braga et al., 2006).** L'activité antioxydante est également attribuée à certains alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques: le linalool, le 1,8-cinéoIe, le géranial/néral, le citronellal, l'isomenthone, la menthone et quelques monoterpènes: αterpinène et γ-terpinène **(Edris, 2007).**

e. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire des huiles essentielles est due à leurs capacités à se lier avec les radicaux libres, ou bien aux interactions des signaux de la cascade biochimique incluant les cytokines, les facteurs de transcription, et les gènes d'expression pro-inflammatoire **(Miguel, 2010).**

Actuellement, les huiles essentielles sont utilisées au milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires telles que les rhumatismes, les allergies ou l'arthrite **(Maruyama et al., 2005)**. Plusieurs études ont en mis évidence l'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *Melaleuca Alternifolia* et de son composé principal, l'α-terpinéol **(Caldefie-Chézet et al., 2006; Hart et al., 2000)**. Les composés actifs agissent en empêchant la libération d'histamine ou en réduisant la production de médiateurs de l'inflammation.

f. Des propriétés pharmacologiques

La nature chimique des constituants d'huile essentielle confère un champ d'activité très large, ces substances sont d'un grand intérêt pour le domaine médical et pharmaceutique.

L'industrie pharmaceutique utilise les huiles essentielles sous un nombre grandissant de formes (complexes à vaporiser, pastilles, gélules, sirops, dentifrices, etc …). Ces préparations contenant des huiles essentielles répondent à la règlementation des médicaments à base de plante.

I.3. Généralité sur *Fusarium Oxysporum*

Le genre *Fusarium* est connu pour son rôle important en phytopathologie, il regroupe un grand nombre d'espèces **(Messiaen, 1981).** Les champignons appartenant au genre *Fusarium* sont les plus fréquents et les plus dommageables pour les cultures **(Messiaen et al., 1991; Nelson et al., 1983).**

Les espèces de ***Fusarium Oxysporum*** se caractérisent par une large gamme de plante hôtes. Elles envahissent le système vasculaire de ces plantes et représentent une spécificité parasitaire c'est-à-dire que l'espèce ne peut attaquer qu'un hôte déterminé **(Ozenda, 1990).**

Le ***Fusarium Oxysporum*** est retrouvé dans tous les types de sols, c'est un champignon filamenteux qui appartient à la famille des tuberculiacées (classe des hyphomycetes) **(Hussain et al., 2010).** Ce champignon survit dans le sol en forme de chlamydospores dormantes et immobiles jusqu'à la stimulation de la germination par des substrats organiques ou par des exsudats racinaires. Suite à la germination, il y a formation d'un mycélium et si les conditions sont favorables, le thalle produit des conidies **(Agrios, 2005).**

Il est capable de provoquer des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées, d'intérêt économique. Certaines souches sont dites pathogènes et causent des fusarioses (trachéomycose, nécrose, fonte de semis) sur des plantes hôtes **(Armstrong et al., 1981).** D'autres souches sont dites non pathogènes car leur pathogénicité n'a encore été observée chez aucune espèce végétale.

Le ***Fusarium Oxysporum*** regroupe une diversité de formes plus ou moins spécialisées. Cette forme spéciale présente une virulence particulière pour telle ou telle plante **(Dommergues & Mangenot, 1970).** Les formes spécialisées s'attaquent à la plus part des plantes mono et dictylédones **(El Modafar, 1993).**

Certaines formes spéciales ne présentent pas de problèmes agronomiques, c'est le cas de la forme *lycopersici.* Pour cette forme, la plupart des variétés de tomate cultivées sont résistante.

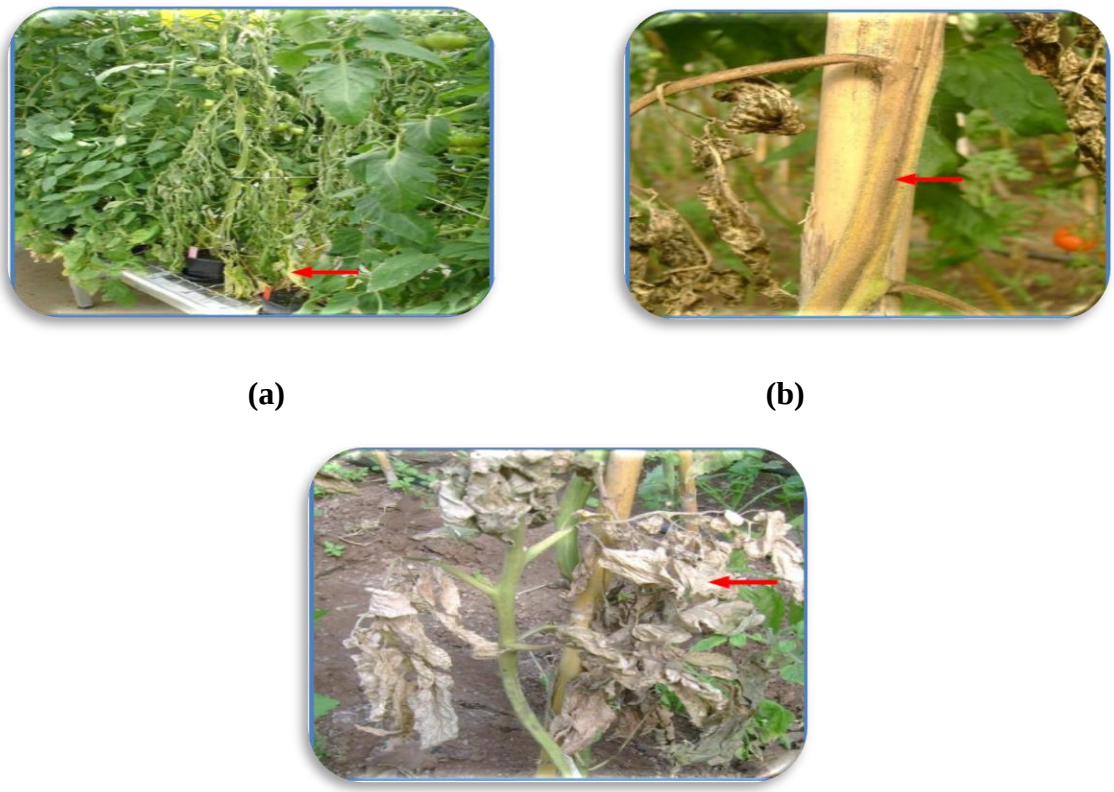
De nombreux pays, notamment en Afrique du nord comme l'Algérie, la culture de la tomate prend la première place maraîchère et représente un des légume- fruits les plus populaires et les plus recherchés d'où son importance économique.

Par contre, il existe toujours des problèmes causés par *Fusarium Oxysporum f.sp lycopersici* abrégée (FOL) qui provoque la flétrissure fusarienne sur la culture de la tomate dans de nombreux pays du bassin méditerranéen, celle-ci est connue depuis bien longtemps comme

une maladie principale des grandes cultures soit en premier stade de leur germination soit plus tard **(Messiaen et al., 1991).** Cette maladie (Fusariose vasculaire) se déclare subitement et provoque un flétrissement brutal chez les plantes atteintes.

FOL est capable d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante, puis sa mort **(DUVAL, 1991).**

Le champignon monte par les tissus ligneux et émet des toxines qui provoquant le jaunissement, la flétrissure, le brunissement des vaisseaux et enfin la mort de la plante hôte **(Fig.04) (Blancard, 2009; Messiaen, 1981) (Fig.05).**



(a) **(b)**

(c)

Figure 05: Effet du FOL sur les plantes (a): Flétrissement et jaunissement des feuilles, (b) desséchement et mort de feuilles des, (c) : brunissement de la tige (Si Ahmed, 2010).

I.3.1. Position systématique

Fusarium oxysporum est considéré comme Ascomycète proche du groupe télémorphique Gibberella que Nectria **((Pietro et al., 2003)** et ayant plusieurs forma spéciales.

Règne : *Fungi*.

Division : *Ascomycota.*

Classe : *Hymenoascomycètes.*

Ordre : *Hypocreales.*

Famille : *Nectriaceae.*

Genre : *Fusarium.*

Espèce : *Fusarium Oxysporum.*

Forme spécialisée : *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici.*

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Matériel

a. Souche fongiques

Une seule espèce de champignon responsable des pourritures grises et flétrissement a été utilisée dans les expérimentations pour les dégâts considérables qu'elle cause aux cultures sous serre de la tomate, c'est la souche ***Fusarium Oxysporum.f.sp.lycopersici*** **(Fig.06)**. Cette dernière mise à notre disposition par le laboratoire de **Mycologie, Centre National de Recherche en Biotechnologie, Constantine (CRBT).** La souche est régulièrement entretenue par repiquage sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar).

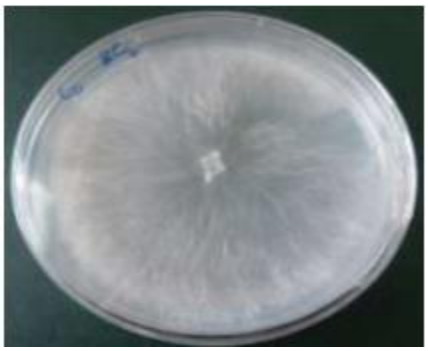


Figure 06 : ***Fusarium oxysporum*** **vue macroscopique**

b. Les huiles essentielles testées

Nous avons sélectionné quatre huiles essentielles de quatre plantes médicinales qui appartiennent à la famille des lamiacées (*Lamiaceae*) **(Annexe 01)**:

- Huile essentielle de la menthe verte (***Mentha spicata*** **L).**
- Huile essentielle de la menthe poivrée **(*Mentha x piperita L.)***
- Huile essentielle de la menthe Pouliot **(*Mentha pulegium*)**
- Huile essentielle de l'origan **(*Origanum vulgare L.*).**

c. Milieu de culture utilisé

Pour toutes les expériences réalisées (tests préliminaires), un seul milieu de culture a été utilisé c'est le milieu **PDA (Potato Dextrose Agar).**

d. Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé pour réaliser cette étude est constitué de verrerie, d'équipements, d'appareils.

II.2. Méthodes

II.2.1. L'extraction des huiles essentielles

L'Extraction des huiles essentielles de quatre plantes médicinales sélectionnées a été réalisée en collaboration avec le professeur LAMOURI. L'extraction a été effectuée par la méthode d'entrainement à la vapeur d'eau. Les parties aériennes (feuille, tiges, fleures) des plantes ont été utilisées pour l'obtention des huiles essentielles.

Cette méthode consiste à récupérer l'huile essentielle contenue dans les cellules végétales au moyen de la vapeur d'eau. La matière première aromatique naturelle est mise dans un alambic dans lequel est injectée de la vapeur d'eau formée par une chaudière ou un générateur. La vapeur chargée d'huile essentielle est condensée par refroidissement dans un condenseur avant d'être récupérée dans un essencier. L'hydrolat et l'huile essentielle, de densités différentes, se séparent naturellement dans l'essencier.

II.2.2. Préparation de milieu de culture PDA (Potato, Dextrose, Agar)

Le milieu de culture PDA a été préparé dans des erlenmeyer de 100 ml **(Annexe 02)**, pour le préparer il faut :

- ✓ 20g de pomme de terre.
- ✓ 2g de dextrose.
- ✓ 2g d'agar.
- ✓ L'eau distillée.

Préparation :

1. Lavez, peser, éplucher et découper 20g de pomme de terre en petits morceaux. Les faire bouillir pendant environ 15 à 20 minutes dans 100 ml d'eau distillée jusqu'à ce qu'elles ramollissent. Récupérer le bouillon dans des erlenmeyer de 100ml après filtration, et ajouter de l'eau au bouillon pour obtenir exactement 100ml.
2. Ajouter à la préparation 2g du dextrose et dans l'erlenmeyer, rajouter un agitateur magnétique et déposer le tout sur un agitateur magnétique chauffant afin d'assurer une bonne homogénéisation.

3. Ensuite, ajouter 2g d'agar, en veillant à l'exactitude des quantités, faute de quoi le mélange deviendrait trop mou ou trop dur. Chauffer doucement jusqu'à ce que l'agar ait fondu.
4. A l'aide d'une baguette magnétique retirer l'agitateur, Fermer les erlenmeyer à l'aide d'un bouchon de coton et le recouvrir par une double couche d'aluminium.
5. Stériliser le milieu de culture à l'autoclave à une température de 121°C pendant 20 min.

II.2.3. Evaluation de l'Activité antifongique des huiles essentielles sur le champignon *Fusarium Oxysporum.f.sp.lycopersici* (FOL)

L'activité antifongique des quatre huiles essentielles a été évaluée selon la méthode de **(Song et al., 2004).**

Dans cette étude, nous avons effectué uniquement un test préliminaire pour les quatre huiles essentielles en raison des conditions sanitaires (Covid-19) **(Annexe 03).** Nous n'avons pas pu déterminer les concentrations minimales inhibitrices pour chaque huile essentielle.

L'objectif de ce test préliminaire est de tester 3 différentes concentrations déterminées au hasard avec des intervalles plus au moins grand dans le but de trouver les concentrations à tester qui sont proches de la concentration qui inhibe 50% de la prolifération fongique.

II.2.3.1. Préparation des concentrations des huiles essentielles à tester (les dilutions)

Pour les huiles essentielles de quatre différentes espèces de plante étudiées, trois concentrations ont été testées (**50, 100, 200 µl /ml),** pour chaque concentration, 4 répétitions ont été effectuées. Concernant l'huile essentielle d'origan, cinq autres concentrations ont été testées **(40, 20, 10, 5, 2.5 µl /ml).**

Pour cela, trois erlenmeyers de 100 ml contenant le milieu de culture PDA ont été préparés (chaque concentration nécessite 100 ml du milieu de culture PDA). Les dilutions des huiles essentielles ont été réalisées par le DMSO. Par exemple : pour préparer une concentration de 50 µl /ml, prenez 50 µl de l'huile essentielle et ajustez par le DMSO pour avoir un volume final de 1ml, c'est-à-dire, rajouter 950ul de DMSO.

Un volume de 1 ml de la solution DMSO contenant la concentration de l'huile essentielle à tester a été ajouté à 100ml du milieu PDA.

Pour chaque concentration 4 boites de Petri (25 ml de PDA par boite) ont été préparés dans les conditions aseptiques.

II.2.3.2. Préparation de l'inoculum

L'isolat de *Fusarium Oxysporum.f.spe.lycopercis* (FOL) est cultivé sur le milieu PDA sept jours à l'obscurité et à 25°C afin de favoriser la croissance mycélienne. Un disque de 5 mm de diamètre a été prélevé sur la culture fongique de **FOL** a été déposé de manière aseptique au centre de la boite pétri contenant le milieu de culture PDA et la concentration de l'huile essentielle à tester **(Annexe 04).**

Le témoin positif (+) contient uniquement le DMSO dans le milieu de culture. Par contre, le témoin négatif (-) contient le milieu PDA sans aucun produit **(Annexe 05).**

Après 6 jours d'inoculation à 25 °C dans une étuve ; la croissance mycélienne de **FOL** est mesurée à l'échelle millimétrique et les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition de la croissance de **FOL** pour chaque huile essentielle.

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a été calculé pour comparer l'efficacité des huiles essentielles en utilisant la formule suivante.

$$\mathbf{I = (C - T)/C \ X \ 100}$$

Ou :

I : le taux d'inhibition du champignon testé.

C : le diamètre moyen de la croissance de champignon sur le milieu témoin (-).

T : diamètre moyen de la croissance du champignon en présence de l'huile essentielle.

Le diamètre de disque déposé à l'origine est de 5 mm. La croissance est mesurée à partir du diamètre initial du champignon déposé 5mm.

Un diamètre de zéro indique qu'aucune croissance n'est perceptible (100% d'inhibition).

Chapitre III : Résultats et Discussion

III.1. Résultats

L'activité antifongique des huiles essentielles (menthe verte, menthe poivrée, menthe pouliot et l'origan) a été évaluée in vitro vis-à-vis de *F. Oxysporum.f.sp.lycopersici*, elle est exprimée par le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (% I).

Les résultats obtenus sont des résultats d'un test préliminaire comme expliqué auparavant, à chaque concentration testée, le pourcentage d'inhibition a été calculé **(Annexe 07)**. Les résultats sont présentés sous forme des histogrammes.

a. La menthe verte

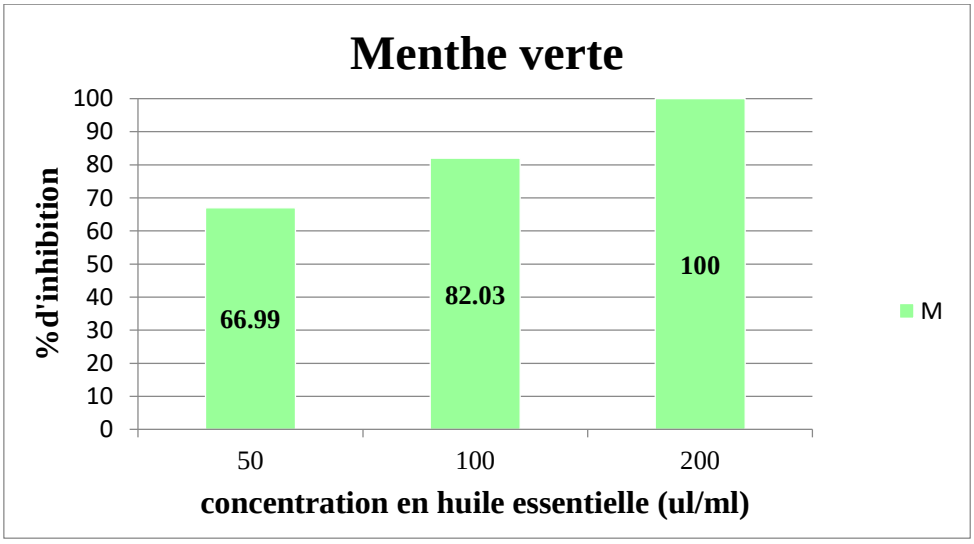


Figure 07 : Les pourcentages d'inhibitions de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la menthe verte

Le test préliminaire de l'activité antifongique réalisé contre le champignon phytopathogène *F. Oxysporum.f.sp.lycopersici* a montré qu'à une concentration de 50µl/ml, l'huile essentielle de la menthe verte inhibe 66,99% de la prolifération mycélienne du champignon testé. Au-delà de cette concentration, l'huile essentielle inhibe fortement, voire à 100% la prolifération du champignon *F. Oxysporum.f.sp.lycopersici* **(Annexe 09).**

Ce résultat montre que la concentration minimale inhibitrice de ce champignon par l'huile essentielle de la menthe verte est inférieure à 50µl/ml.

b. Menthe poivrée

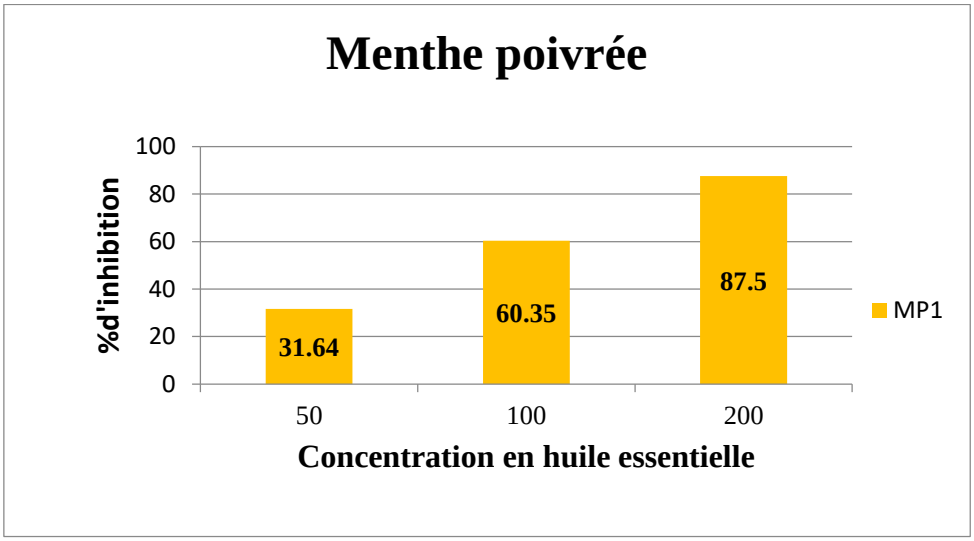


Figure 08 : Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la menthe poivrée

Après une incubation de 6 jours, l'huile essentielle de la menthe poivrée a inhibé la croissance du champignon *F. Oxysporum.f.sp.lycopersici.* À 100 µl/ml, nous avons obtenu une inhibition de la croissance mycélienne de 60.35% et une inhibition de 31,64% à 50 µl/ml. Ce test préliminaire nous a montré que la concentration de l'huile essentielle de la menthe poivrée qui pourra inhibé 50% de la prolifération mycélienne se situe entre (50 µl/ml et 100 µl/ml) **(Annexe 10).**

c. Menthe pouliot

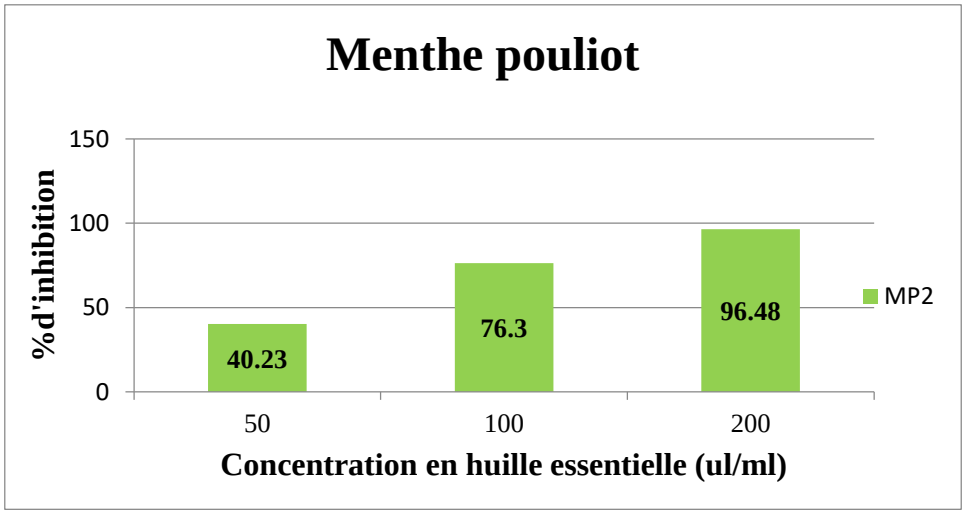


Figure 09 : Les pourcentages d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de la Menthe pouliot

L'étude de l'activité antifongique contre le champignon (**FOL**) de l'huile essentielle de la plante menthe pouliot a montré que à une concentration de 200µl/ml, l'huile essentielle a inhibé presque la totalité de la croissance mycélienne (96,48%), à 50µl/ml, la croissance du champignon (FOL) est inhibée à 40,23%. Cela signifie que l'IC50 de cette huile essentielle est situé entre la concentration 50µl/ml et la concentration 100 µl/ml dont l'inhibition est de 76,30% **(Annexe 11).**

d. Origan

- **Test 01 + Test 02 :**

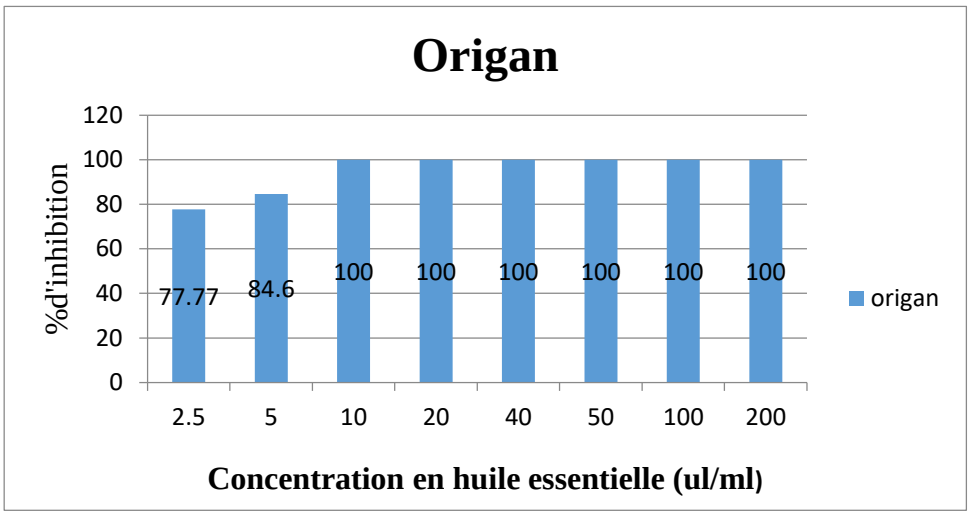


Figure 10 : Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne par l'huile essentielle de l'origan des deux tests préliminaires

Dans le cas de l'huile essentielle de l'origan, nous avons effectué deux tests préliminaires:

Pour le premier test, trois concentrations ont été testées (50, 100, 200 µl/ml), 100 % d'inhibition de la croissance mycélienne a été obtenu sur les trois concentrations **(Annexe 08).**

D'autres concentrations inférieures à 50 µl/ml ont été testées, des pourcentages d'inhibition inférieure à 100% ont été obtenus avec les concentrations de 2,5 µl/ml et 5 µl/ml, les valeurs d'inhibition étaient: 77,77 et 84,6%, respectivement **(Annexe 13).**

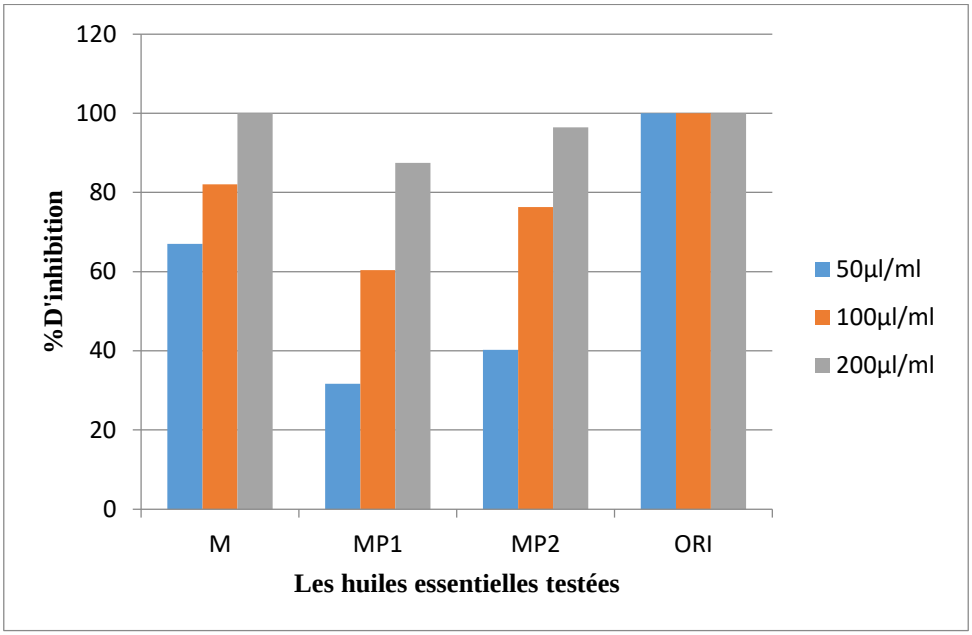


Figure 11 : Histogramme comparatif de l'activité antifongique des huiles essentielles étudiées (M, MP1, MP2, ORI)

En comparant les résultats de l'activité antifongiques des quatre huiles essentielles étudiées, la meilleure activité a été obtenue avec l'huile essentielle de l'origan à des concentrations très faibles suivi par l'huile essentielle de la menthe verte (M) et la menthe pouliot (MP2). L'huile essentielle de la menthe poivrée (MP1) a montré l'activité la plus faible par rapport aux autres huiles essentielle.

III.2. Discussion

Les résultats de notre présente étude ont mis en évidence une forte activité fongique des huiles essentielles testées (*Mentha pulegium, Mentha spicata, Mentha piperita, Origanum vulgare*) contre la souche fongique phytopathogène, le *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* . Ces plantes étudiées sont d'origine Algérienne, connues pour leur usage thérapeutique en médecine traditionnelle.

Selon les résultats obtenus on note que, l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* exhibe un fort pouvoir antifongique sur la souche FOL avec un taux d'inhibition (I= 100%) dans les trois concentrations (50, 100 et 200 µl/ml). Cette même valeur du pourcentage d'inhibition est enregistrée pour l'HE de la menthe verte à une concentration de 200 µl/ml. Nous remarquons que le *Fusarium oxysporum* est extrêmement sensible avec un diamètre de la zone d'inhibition de 0 mm. Cela traduit par la détérioration de la paroi et la membrane cytoplasmique de la cellule fongique ce qui permet le passage de l'huile essentielle et fragilisé la structure cellulaire.

Le taux d'inhibition maximal est observé chez l'origan par lequel la croissance des champignons a été complètement inhibée. Par la même, les trois menthes ont montré un effet efficace vis-à-vis du FOL à des concentrations de (200 µl/ml pour la menthe pouliot, 200 µl/ml pour la menthe poivrée et 100 µl/ml pour la menthe verte) mais avec des pourcentages d'inhibition de 96,48%, 87.50% et 82.03% respectivement. À une concentration de 50 µl/ml les deux huiles essentielles « la menthe pouliot et la menthe poivrée » ont réduit légèrement la croissance de la souche fongique, le taux d'inhibition était inférieur à 50 % (I=40.23%, I=31,64% respectivement). On remarque que l'huile essentielle de la menthe verte est plus efficace que l'huile essentielle de la menthe poivrée. Le FOL a été moins sensible aux extraits avec un maximum d'inhibition de 76.30%, 66.99% et 60.35% pour *M. pulegium* (100 µl/ml), *M. spicata* (50 µl/ml) et *M. piperita* (100 µl/ml) respectivement. L'étude de **(El bakkali, 2016)** est similaire à notre étude, il a testé l'effet de *Mentha pulegium* sur des souches de *Fusarium colmorum* et *Fusarium graminearum*, il a trouvé des taux d'inhibition allant de 38% pour la dose d'HE la plus faible jusqu'à 77% à la concentration la plus élevée. De plus, il a été constaté que 500 µl /l d'huile de menthe et sa vapeur volatile à 25 ° C pourraient inhiber de manière significative la germination des conidies et l'apparition de maladies *in vivo* **(Xueuan et al., 2018).**

La concentration des huiles essentielles influence l'activité inhibitrice, plus la concentration de l'extrait augmente plus les diamètres d'inhibitions sont importants, et cela a été constaté

par **(Emiroğlu et al., 2010).** Un des facteurs intervenant sur l'intensité de l'action antifongique de l'HE est la dose appliquée : ceci a été généralement observé *in vitro* **(Castillejos et al., 2006; Do Amaral et al., 2005; Evans & Martin, 2000)**

L'inhibition de la croissance des filaments pour la souche testée est due à l'empêchement de la germination des conidies par les composés volatils des huiles essentielles utilisés. 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. 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).**

Il a été rapporté dans la littérature que l'activité inhibitrice d'une huile essentielle résulte d'une interaction complexe entre ses différents constituants. En effet, ceux-ci peuvent produire des effets additifs, synergiques ou antagonistes, même pour ceux qui sont présents à de faibles concentrations **(Xianfei et al., 2007).**

L'huile essentielle d'*O.vulgare* a été relativement plus active que celles des autres plantes étudiées contre la souche fongique testée (FOL). En effet, les composés majoritaires : le thymol et le carvacrol, sont souvent responsables de l'activité antifongique de cet extrait **(Giordani et al., 2008)**. Des études antérieures ont démontré la capacité de l'huile essentielle des différentes espèces d'origan à retarder et inhiber la croissance de diverses souches fongiques d'origine alimentaire **(Paster et al., 1995; Rahbar et al., 2012).** Une autre étude a montré que cette dernière exerce une activité inhibitrice importante vis-à-vis des champignons *Alternaria Aterna, Penicellium roqueforti, Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Aspergillus parasiticus, Fusarium semitectum, Fusarium oxysporum, et Mucor racemosus* **(Korukluoglu et al., 2009).**

Les travaux réalisés par **(Bouchra et al., 2003)** et **(Hajlaoui et al., 2009)** ont également montré l'effet antifongique de la menthe pouliot vis-à-vis plusieurs espèces fongiques (*Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Fusarium culmorum, Fusarium oxysporum et Trichoderma sp*).

D'autres études ont démontré le pouvoir antifongique des huile essentielles : *M. spicata* **(Benomari et al., 2018),** *O. vulgare* **(Abbaszadeh et al., 2014),** *M.pulegium* **(Abdelli et al., 2016),** *M. poivrée* **(Mimica-Dukić et al., 2003).**

Les variations de l'activité antifongique observées entre les HE évaluées sont liées à plusieurs paramètres dont la nature et la concentration de l'HE, la méthode d'évaluation utilisée ainsi que de la souche microbienne utilisée. De nombreux facteurs écologiques tels que la température, l'humidité relative, l'insolation et la nature du sol peuvent influencer la composition chimique des huiles essentielles **(Oliveira et al., 2005).**

D'une manière comparative, les huiles essentielles des quatre plantes étudiées ont toutes un effet inhibiteur sur la croissance de la souche testée (*Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici).* Il semblerait possible que la nature antifongique des huiles essentielles étudiées pourrait être attribuée à la présence de composés phénoliques tels que le para-cymène, le thymol, le carvacrol et le gamma-terpinène pour *O.vulgare* et pipéritone pour *M. pulegium* **(Didry et al., 1993; Kırımer et al., 1995; Knowles et al., 2005),** le carvone, le linalol, le dihydrocarvone et le limonéne pour la *M. spicata* et le menthol, le menthone pour la *M. piperita* **(Chowdhury et al., 2007)**.

Conclusion

Parmi les lourdes contraintes qui pèsent sur l'agriculture affectant sa productivité on distingue les maladies provoquées par les bactéries, champignons et virus ; regroupés sous le terme de *phytopathologie*, d'où la nécessité d'un le développement de méthodes de lutte efficace, pour venir en appoint dans cette lutte et par conséquent limiter les dégâts occasionnés et par ricochet minimiser les pertes qui ils occasionnent.

Les pays du bassin méditerranéen plus particulièrement l'Algérie, où la culture de la tomate occupe une place économique très importante, sont confrontés à une recrudescence de fusariose vasculaire de la tomate causée par *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici.*

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'activité antifongique des huiles essentielles de quatre plantes médicinales Algériennes sous le nom de «*Mentha pulegium, Mentha spicata, Mentha piperita, Origanum vulgare», vis-à-vis le Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici.*

L'activité antifongique a été exprimée par le diamètre d'inhibition. Les résultats obtenus ont montré une inhibition très forte pour l'huile essentielle de l'origan vis- à-vis du champignon étudié, même pour les autres huiles essentielles, elles possèdent des pouvoirs antifongiques contre le FOL avec des zones d'inhibition intéressantes.

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés biologiques qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et l'agriculture.

Toutefois, ces résultats restent préliminaires et afin de les approfondir, d'autres approches et études sont souhaitables à réaliser, il serait intéressant de :

- Évaluer l'activité antifongique d'une manière approfondie.
- D'établir des synergies de différents composés de diverses plantes en plus et d'évaluer d'autres activités de ces huiles essentielles telles que l'activité anti- inflammatoire, antimicrobienne, anticancéreuses, antiparasitaires et insecticides.
- Évaluer l'activité antifongique *in vivo*.

Références bibliographiques

Abbaszadeh, S., Sharifzadeh, A., Shokri, H., Khosravi, A., & Abbaszadeh, A. (2014). Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. *Journal de mycologie medicale, 24*(2), e51-e56.

Abdel-Kader, M., El-Mougy, N. S., & Aly, M. (2012). Different approaches of bio-control agents for controlling root rot incidence of some vegetables under greenhouse conditions. *International Journal of Agriculture and Forestry, 2*(1), 115-127.

Abdelli, M., Moghrani, H., Aboun, A., & Maachi, R. (2016). Algerian Mentha pulegium L. leaves essential oil: chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products, 94*, 197-205.

AFNOR. (2000). Recueil de Normes Françaises, Huiles Essentielles, Tome 1: Echantillonage et méthodes d'analyse.

Agrios, G. (2005). Plant pathology fifth edition. *Ed Elsevier Academia Press. San Diego Calf. USA.*

Ali-Delille, L. (2013). *Les plantes médicinales d'Algérie*: Berti éditions.

Amrouni, S., Touati, M., Hadef, Y., & Djahoudi, A. (2014). Effet de l'huile essentielle d'Origanum vulgare et de Thymus ciliatus sur Pseudomonas aeruginosa VIM-2 carbapénèmase. *Phytothérapie, 12*(5), 309-313.

Armstrong, G., GM, A., & JK, A. (1981). Formae speciales and races of Fusarium oxysporum causing wilt diseases.

Arvy, M.-P., & Gallouin, F. (2015). *Épices, aromates et condiments*: Belin.

Baali, F., Boumerfeg, S., Napoli, E., Boudjelal, A., Righi, N., Deghima, A., . . . Ruberto, G. (2019). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from Two Wild Algerian Medicinal Plants: Mentha pulegium L. and Lavandula stoechas L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22*(3), 821-837.

Baba Aissa, F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. *Librairie moderne, Algérie*.

Baba, S. *M (2005) Recharge et paleorecharge du systeme aquifere du sahara septentrional.* Thèse, université El Manar, 271p Google Scholar.

Bekhechi, C., Atik-Bekkara, F., & Abdelouahid, D. (2008). Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'Origanum glandulosum d'Algérie. *Phytothérapie, 6*(3), 153-159.

Benayad, N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. *Rapport d'étude*, 61.

Benazzouz, A., & Hamdane, A. (2012). *Etude et analyse des plantes médicinales Algérienne: Mentha pulegium, Mentha rotundifoliaet Mentha spicata L.* UMMTO.

Bendifallah, L., Tchoulak, Y., Djouabi, M., Oukili, M., & Ghezraoui, R. (2015). Phytochemical Study and Antimicrobial Activity of Origanum vulgare L.(Lamiaceae) in Boumerdes Mountainous Region (Algeria). *Journal of Medical and Bioengineering Vol, 4*(6).

Benomari, F. Z., Andreu, V., Kotarba, J., Dib, M. E. A., Bertrand, C., Muselli, A., . . . Djabou, N. (2018). Essential oils from Algerian species of Mentha as new bio-control agents against phytopathogen strains. *Environmental Science and Pollution Research, 25*(30), 29889-29900.

Bernard, T., Perineau, F., Bravo, R., Delmas, M., & Gaset, A. (1988). Extraction des huiles essentielles: chimie et technologie. *Informations chimie (Paris)*(298), 179-184.

Bilal Goud, M., Ladjel, S., Eddine Ben, S., Zighmi, S., & Hamada, D. (2015). Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of the Essential Oil Extracted from the Mentha piperita of Southern Algeria. *Research Journal of Phytochemistry, 9*(2), 79-87. doi: 10.3923/rjphyto.2015.79.87

Blancard, D. (2009). *Les maladies de la tomate: identifier, connaître, maîtriser*: Quae.

Botineau, M. (2010). *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*: Tec & doc.

Bouchra, C., Achouri, M., Hassani, L. I., & Hmamouchi, M. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against Botrytis cinerea Pers: Fr. *J Ethnopharmacol, 89*(1), 165-169.

Boughendjioua, H., & Seridi, R. (2017). Antimicrobial efficacy of the essential oil of Origanum vulgare from Algeria. *Journal of Pharmacy and Pharmacology Research.(1)*, 019-027.

Bouhaddouda, N., Aouadi, S., & Labiod, R. (2016). Evaluation of chemical composition and biological activities of essential oil and methanolic extract of Origanum vulgare L. ssp. glandulosum (DESF.) Ietswaart from Algeria. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research, 8*, 104-112.

Boukhebti, H., Chaker, A. N., Belhadj, H., Sahli, F., Ramdhani, M., Laouer, H., & Harzallah, D. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of Mentha pulegium L. and Mentha spicata L. essential oils. *Der Pharmacia Lettre, 3*(4), 267-275.

Braga, P. C., Dal Sasso, M., Culici, M., Galastri, L., Marceca, M. T., & Guffanti, E. E. (2006). Antioxidant potential of thymol determined by chemiluminescence inhibition in human neutrophils and cell-free systems. *Pharmacology, 76*(2), 61-68.

Brahmi, F., Adjaoud, A., Marongiu, B., Falconieri, D., Yalaoui-Guellal, D., Madani, K., & Chibane, M. (2016). Chemical and biological profiles of essential oils from Mentha spicata L. leaf from Bejaia in Algeria. *Journal of Essential Oil Research, 28*(3), 211-220.

Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales.

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3émeEd Tec et Doc: Paris.

Caldefie-Chézet, F., Fusillier, C., Jarde, T., Laroye, H., Damez, M., Vasson, M. P., & Guillot, J. (2006). Potential anti-inflammatory effects of Melaleuca alternifolia essential oil on human peripheral blood leukocytes. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 20*(5), 364-370.

Capecka, E., Mareczek, A., & Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food chemistry, 93*(2), 223-226.

Castillejos, L., Calsamiglia, S., & Ferret, A. (2006). Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *Journal of dairy science, 89*(7), 2649-2658.

Chalchat, J., & Pasquier, B. (1998). Morphological and chemical studies of Origanum clones: Origanum vulgare L. ssp. vulgare. *Journal of Essential Oil Research, 10*(2), 119-125.

Charles, D. J. (2012). *Antioxidant properties of spices, herbs and other sources*: Springer Science & Business Media.

Cheraif, K., Bakchiche, B., Gherib, A., Bardaweel, S. K., Çol Ayvaz, M., Flamini, G., . . . Ghareeb, M. A. (2020). Chemical Composition, Antioxidant, Anti-Tyrosinase, Anti-Cholinesterase and Cytotoxic Activities of Essential Oils of Six Algerian Plants. *Molecules, 25*(7), 1710.

Chowdhury, J. U., Nandi, N. C., Uddin, M., & Rahman, M. (2007). Chemical constituents of essential oils from two types of spearmint (Mentha spicata L. and M. cardiaca L.) introduced in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 42*(1), 79-82.

Couplan, F. (2012). *Les plantes et leurs noms: Histoires insolites*: Editions Quae.
Didry, N. p., Dubreuil, L., & Pinkas, M. (1993). Antibacterial activity of thymol, carvacrol and cinnamaldehyde alone or in combination. *Die Pharmazie, 48*(4), 301-304.
Do Amaral, A., Dal Soglio, F., De Carli, M., & Neto, J. B. (2005). Pathogenic fungi causing symptoms similar to Phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil. *Plant disease, 89*(1), 44-49.
Dommergues, Y., & Mangenot, F. (1970). Ecologie microbienne du sol: Masson.
Dubois, J., Mitterand, H., & Dauzat, A. (1993). Dictionnaire étymologique et historique du français.
Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 21*(4), 308-323.
El Mansouri, K., & MOUTAJ, R. (2013). Recherche et évaluation de l'activité antifongique des extraits de plantes médicinales.
El Modafar, C. (1993). *Aspects histologiques et biochimiques des interactions hôte-parasite(Platanus spp.-Ceratocystis fimbriata f. sp. platani). Réactions associées à la défense de l'hôte.*
Emiroğlu, Z. K., Yemiş, G. P., Coşkun, B. K., & Candoğan, K. (2010). Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat science, 86*(2), 283-288.
Evans, J. D., & Martin, S. A. (2000). Effects of thymol on ruminal microorganisms. *Current Microbiology, 41*(5), 336-340.
Figueredo, G. (2007). *Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne.*
Fisher, M., Koenig, G., White, T., & Taylor, J. (2002). Molecular and phenotypic description of Coccidioides posadasii sp. nov., previously recognized as the non-California population of Coccidioides immitis. *Mycologia, 94*(1), 73-84.
Franchomme, P., Jollois, R., & Penoel, D. (2001). L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. *Édition Roger Jollois*.
Franchomme, P., Jollois, R., & Pénoël, D. (1990). Matiere Medicale Aromatique Fondamentale L'aromatherapie Exactement. *Roger Jollois éditeur, Limoges, France*, 44-48.
Gaston, T., Pitagor, M., Appolinaire, L., Aoudou, Y., Joseph, D., & Ajong, F. (2014). Évaluation des activités antifongiques des extraits de plantes contre Phytophthora colocasiae, agent causal du mildiou du taro (Colocasia esculenta (L.) Schott). *Journal of Applied Biosciences, 81*, 7221-7232.
Gilly, G. (2005). Les plantes aromatiques et les huiles essentielles à grasse.
Giordani, R., Hadef, Y., & Kaloustian, J. (2008). Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants. *Fitoterapia, 79*(3), 199-203.
Grosjean, N. (1993). *L'aromathérapie: santé et bien-être par les huiles essentielles*: Albin Michel.
Guignard, J.-L. (2004). Botanique systématique moléculaire.
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 and Biotechnology, 25*(12), 2227-2238.
Hammami, S., & Abdesselem, M. (2005). *Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla.* Thèse Ing Université Blida, Algérie.
Hans, W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales. *Terre édition*, 6-7.

Harley, R., & Brighton, C. (1977). Chromosome numbers in the genus Mentha L. *Botanical Journal of the Linnean Society, 74*(1), 71-96.

Hart, K., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S., McEwan, N., & Newbold, C. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology, 147*(1-3), 8-35.

Hart, P., Brand, C., Carson, C., Riley, T., Prager, R., & Finlay-Jones, J. (2000). Terpinen-4-ol, the main component of the essential oil of Melaleuca alternifolia (tea tree oil), suppresses inflammatory mediator production by activated human monocytes. *Inflammation Research, 49*(11), 619-626.

Hmamouchi, M. (1997). Plantes alimentaires, aromatiques, condimentaires, médicinales et toxiques au Maroc. *Identification of wild food and non-food plants of the Mediterranean region. Chania: CIHEAM-IAMC*, 89-108.

Hussain, A. I., Anwar, F., Chatha, S. A. S., Jabbar, A., Mahboob, S., & Nigam, P. S. (2010). Rosmarinus officinalis essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology, 41*(4), 1070-1078.

İşcan, G., Kirımer, N., Kürkcüoğlu, M. n., Başer, H. C., & DEMIrci, F. (2002). Antimicrobial screening of Mentha piperita essential oils. *J Agric Food Chem, 50*(14), 3943-3946.

Jacques, C., & Paltz, G. (1999). Le fascinant des huiles essentielles. *Lavoisier*.

Jahandiez, E., Maire, R., & Emberger, L. (1931). *Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes)* (Vol. 2): Imprimerie Minerva.

Kehili, S., Boukhatem, M. N., Belkadi, A., Ferhat, M. A., & Setzer, W. N. (2020). Peppermint (Mentha piperita L.) essential oil as a potent anti-inflammatory, wound healing and anti-nociceptive drug. *European Journal of Biological Research, 10*(2), 132-149.

Khansari, M., Moghtader, M. R., & Yavari, M. (2004). *The Persian garden: Echoes of paradise*: mage publishers.

Kırımer, N., Baser, K., & Tümen, G. (1995). Carvacrol-rich plants in Turkey.

Knowles, J., Roller, S., Murray, D., & Naidu, A. (2005). Antimicrobial action of carvacrol at different stages of dual-species biofilm development by Staphylococcus aureus and Salmonella enterica serovar Typhimurium. *Applied and Environmental Microbiology, 71*(2), 797-803.

Korukluoglu, M., Gurbuz, O., Sahan, Y., Yigit, A., Kacar, O., & Rouseff, R. (2009). Chemical characterization and antifungal activity of Origanum onites L. essential oils and extracts. *Journal of food safety, 29*(1), 144-161.

Kubiça, T. F., Alves, S. H., Weiblen, R., & Lovato, L. T. (2014). In vitro inhibition of the bovine viral diarrhoea virus by the essential oil of Ocimum basilicum (basil) and monoterpenes. *Brazilian Journal of Microbiology, 45*(1), 209-214.

Lahlou, M. (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 18*(6), 435-448.

Lawrence, B. M. (1995). The isolation of aromatic materials from natural plant products. *A manual on the essential oil industry*, 57-154.

Lemordant, D., Boukef, K., & Bensalem, M. (1977). Plantes utiles et toxiques de Tunisie. *Fitoterapia, 48*(5), 191-214.

Li, P., Qi, Z.-C., Liu, L.-X., Ohi-Toma, T., Lee, J., Hsieh, T.-H., . . . Qiu, Y.-X. (2017). Molecular phylogenetics and biogeography of the mint tribe Elsholtzieae (Nepetoideae, Lamiaceae), with an emphasis on its diversification in East Asia. *Scientific reports, 7*(1), 1-12.

Lis-Balchin, M. (2002). 14 Essential oils from different Pelargonium species and cultivars: their chemical composition (using GC, GC/MS) and appearance of trichomes (under EM). *Geranium and pelargonium: history of nomenclature, usage and cultivation*, 147.

Mamadalieva, N. Z., Akramov, D. K., 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. *Medicines, 4*(1), 8.

Martin, P. (2013). *Les familles des plantes à fleurs d'Europe: botanique systématique et utilitaire*: Presses universitaires de Namur.

Maruyama, N., Sekimoto, Y., Ishibashi, H., Inouye, S., Oshima, H., Yamaguchi, H., & Abe, S. (2005). Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil. *Journal of Inflammation, 2*(1), 1-11.

McEwan, M. (1994). *The antifungal effects of plant essential oils and their production by transformed shoot culture.* University of Strathclyde.

Messiaen, C. (1981). Les variétés résistantes, méthode de lutte contre les maladies et ennemies des plantes, CM Messiaen.

Messiaen, C., Blancard, D., Rouxel, F., & Lafon, R. (1991). Les Maladies des plantes maraîchères: Du labo au terrain. *Editions Quae*.

Miguel, M. G. (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal, 25*(5), 291-312.

Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2003). Antimicrobial and antioxidant activities of three Mentha species essential oils. *Planta medica, 69*(05), 413-419.

Mkaddem, M., Boussaid, M., & Fadhel, N. B. (2007). Variability of volatiles in Tunisian Mentha pulegium L.(Lamiaceae). *Journal of Essential Oil Research, 19*(3), 211-214.

Morton, J. (1956). The chromosome numbers of British Menthae. *Watsonia, 3*, 244-252.

Nelson, P. E., Toussoun, T. A., & Marasas, W. (1983). Fusarium species: an illustrated manual for identification.

Oliveira, M. J., Campos, I. F., Oliveira, C. B., Santos, M. R., Souza, P. S., Santos, S. C., . . . Ferri, P. H. (2005). Influence of growth phase on the essential oil composition of Hyptis suaveolens. *Biochemical Systematics and Ecology, 33*(3), 275-285.

Orhan, I. E., Belhattab, R., Şenol, F., Gülpinar, A., Hoşbaş, S., & Kartal, M. (2010). Profiling of cholinesterase inhibitory and antioxidant activities of Artemisia absinthium, A. herba-alba, A. fragrans, Marrubium vulgare, M. astranicum, Origanum vulgare subsp. glandulossum and essential oil analysis of two Artemisia species. *Industrial Crops and Products, 32*(3), 566-571.

Ouakouak, H., Chohra, M., & Denane, M. (2015). Chemical composition, antioxidant activities of the essential oil of Mentha pulegium L, South East of Algeria. *International Letters of Natural Sciences, 39*.

Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U., & Juven, B. (1995). Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. *Journal of food protection, 58*(1), 81-85.

Pellerin, P. (1991). Supercritical fluid extraction of natural raw materials for the flavor and perfume industry. *Perfumer & flavorist, 16*(4), 37-39.

Pietro, A. D., Madrid, M. P., Caracuel, Z., Delgado-Jarana, J., & Roncero, M. I. G. (2003). Fusarium oxysporum: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. *Molecular plant pathology, 4*(5), 315-325.

Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et Méridionales, Tome II. Edition CNRS, Paris.

Rahbar, N., Shafaghat, A., & Salimi, F. (2012). Antimicrobial activity and constituents of the hexane extracts from leaf and stem of Origanum vulgare L. ssp. Viride (Boiss.) Hayek. growing wild in Northwest Iran. *Journal of Medicinal Plants Research, 6*(13), 2681-2685.

Schürhoff, P. N. (1929). Zytologische und genetische Untersuchungen an Mentha und ihre Bedeutung für die Pharmakognosie. *Archiv der Pharmazie*, *267*(7), 515-526.

Senejoux, F. o. (2011). *Etudes phytochimique et pharmacologique de Ziziphora clinopodioides (Lamiaceae), Nitraria sibirica (Nitrariaceae) et Echinops integrifolius (Asteraceae), plantes anti-hypertensives de la Pharmacopée ouïghoure.* Université de Franche-Comté.

Song, W., Zhou, L., Yang, C., Cao, X., Zhang, L., & Liu, X. (2004). Tomato Fusarium wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system. *Crop protection*, *23*(3), 243-247.

Srinivas, C., Devi, D. N., Murthy, K. N., Mohan, C. D., Lakshmeesha, T., Singh, B., . . . Alqarawi, A. A. (2019). Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity–A review. *Saudi journal of biological sciences*, *26*(7), 1315-1324.

Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*: Tec & Doc.

Timbal-Lagrave, M. E., & Loret, H. (1860). L'herbier De Marchand Et Lapeyrouse (Premiére Partie). *Bulletin de la Société Botanique de France*, *7*(1), 17-22.

Toroglu, S. (2011). In-vitro antimicrobial activity and synergistic/antagonistic effect of interactions between antibiotics and some spice essential oils. *Journal of Environmental Biology*, *32*(1), 23.

Vokou, D., Kokkini, S., & Bessiere, J. (1988). Origanum onites (Lamiaceae) in Greece: distribution, volatile oil yield, and composition. *Economic Botany*, *42*(3), 407-412.

Weller, D. M., Raaijmakers, J. M., Gardener, B. B. M., & Thomashow, L. S. (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual review of phytopathology*, *40*(1), 309-348.

Xianfei, X., Xiaoqiang, C., Shunying, Z., & Guolin, Z. (2007). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of Chaenomeles speciosa from China. *Food chemistry*, *100*(4), 1312-1315.

Xueuan, R., Dandan, S., Zhuo, L., & Qingjun, K. (2018). Effect of mint oil against Botrytis cinerea on table grapes and its possible mechanism of action. *European Journal of Plant Pathology*, *151*(2), 321-328.

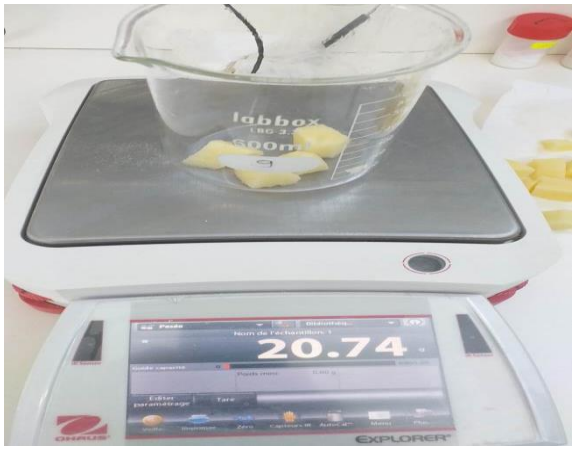
Zargari, A. (1990). Herbal medicines. *Publication of Tehran University, Tehran*, *83*.

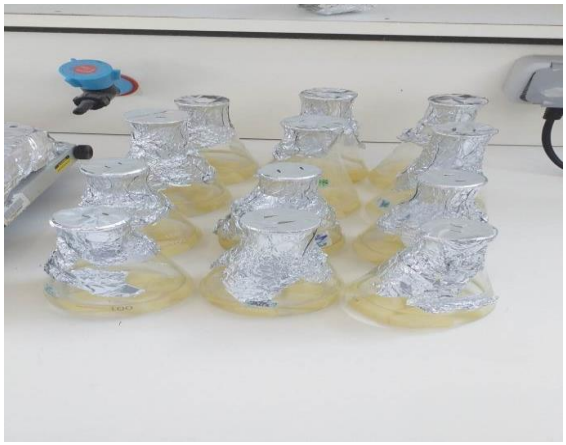
Annexes

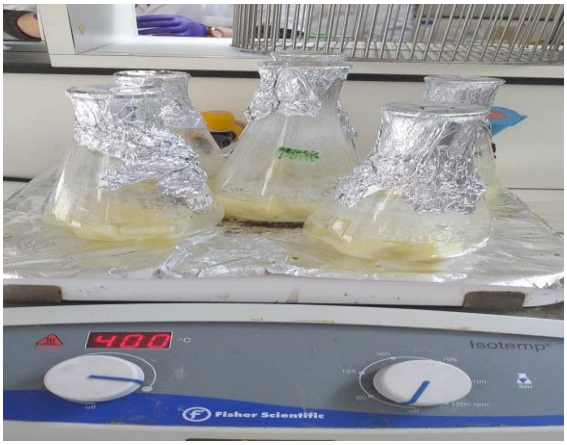
Annexe 01 :

Figure 01 : Les 4 huiles essentielles utilisées

Annexe 02 :







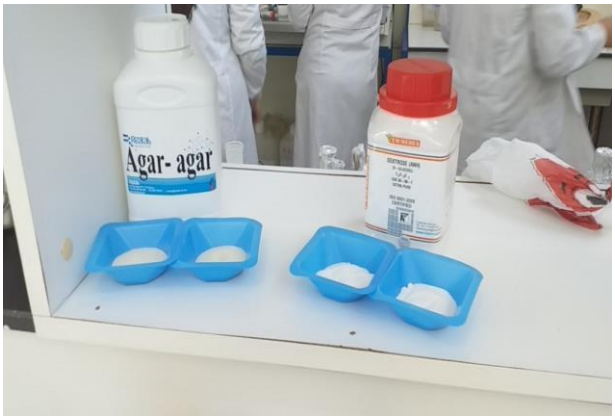


Figure 02 : Les étapes de la préparation de milieu de culture PDA

Annexe 03 :

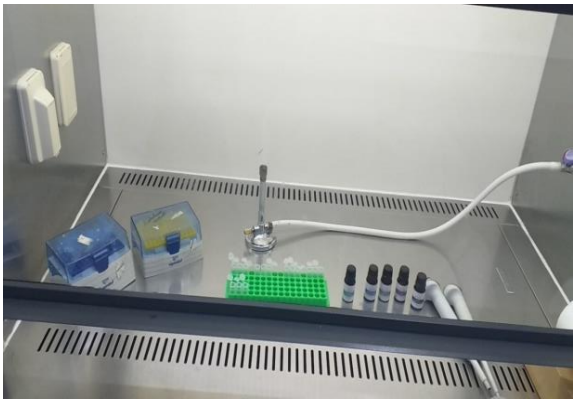


Figure 03 : Préparation de test préliminaire sous la hotte à flux laminaire

Annexe 04 :

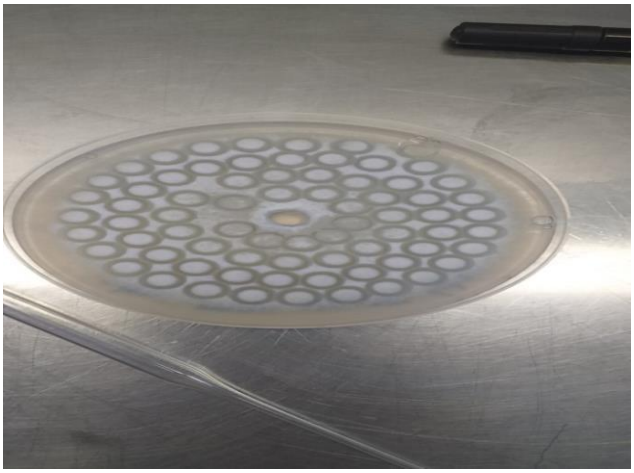
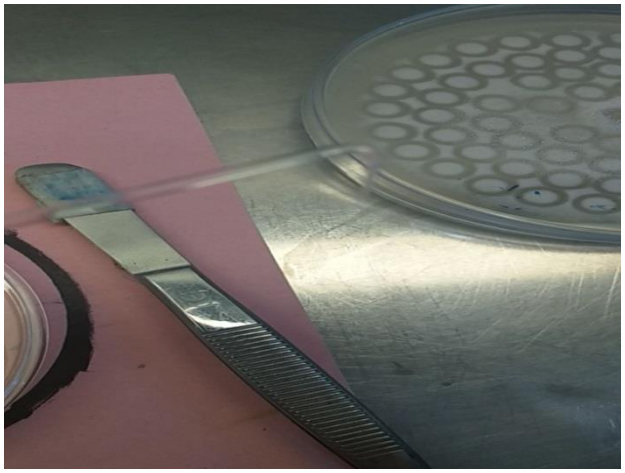
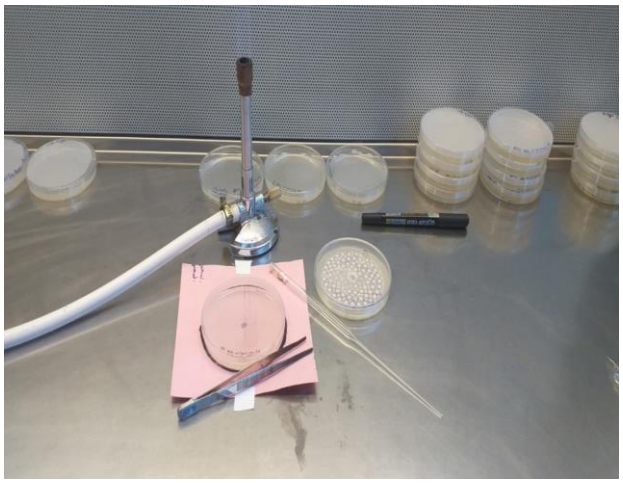
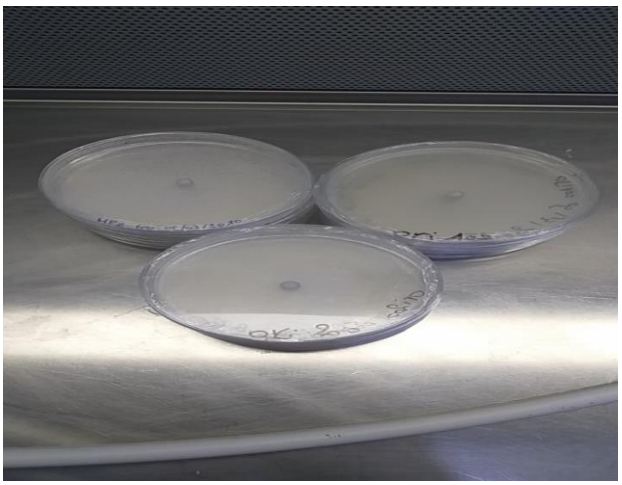
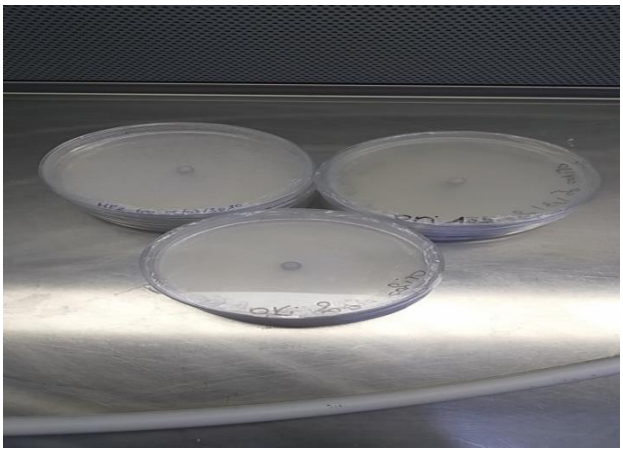
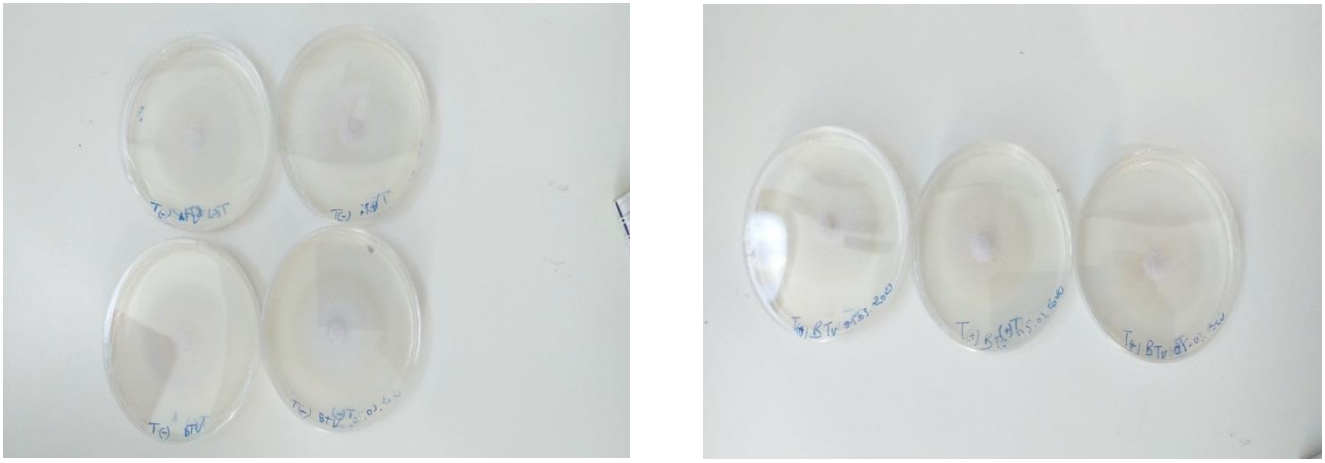






Figure 04: Repiquage des champignons

Annexe 05 :



(a) **(b)**

Figure 05 : (a) : Témoin négatif ; (b) : Témoin positif

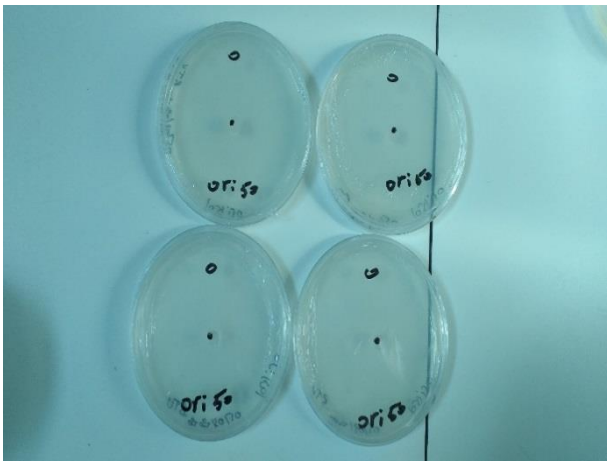
Annexe 06 :

Figure 06 : Témoin positif contaminé

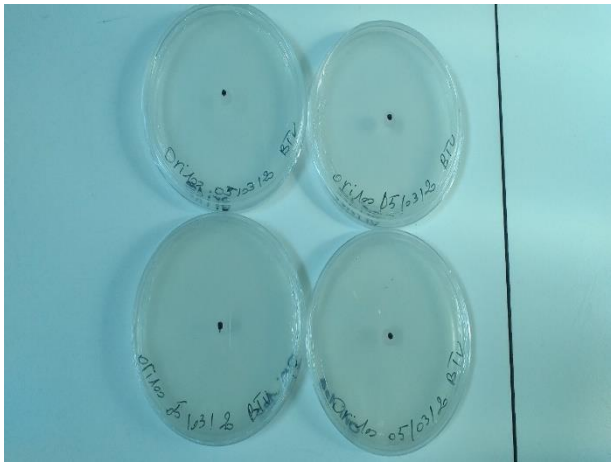
Annexe 07 : Le pourcentage d'inhibition des 4 plantes

[ ]	M. verte	MP1	MP2	Ori
50 µl/ml	I= 66.99%	I= 31.64%	I= 40.23%	I= 100%
100 µl/ml	I= 82.03%	I= 60.35%	I= 76.30%	I= 100%
200 µl/ml	I= 100%	I= 87.50%	I= 96.48%	I= 100%

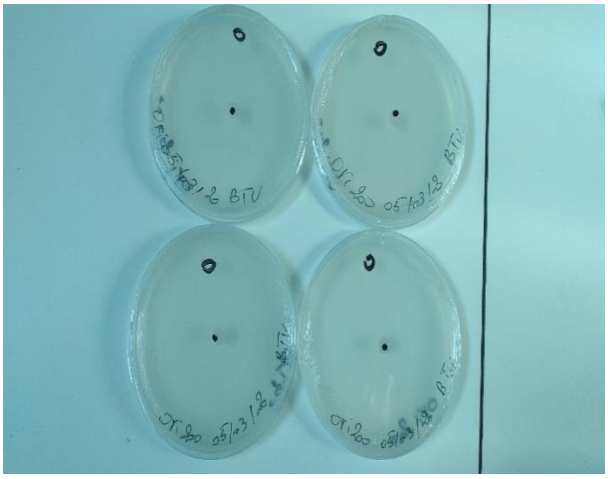
Annexe 08 :



Ori (50 µl/ml)



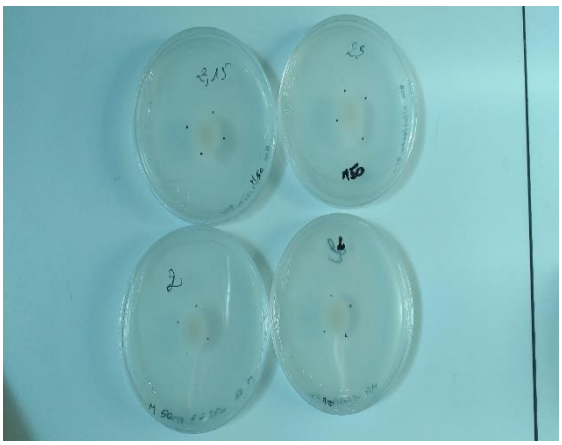
Ori (100 µl/ml)



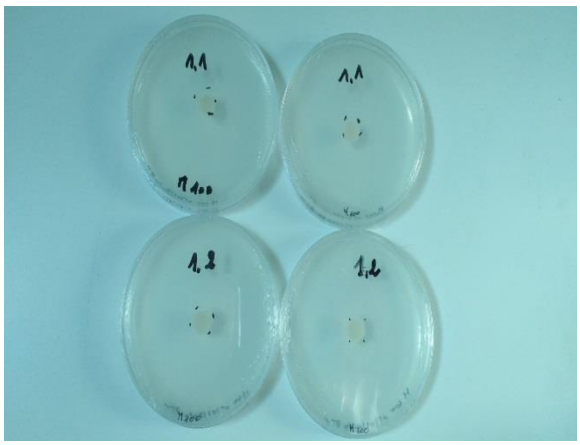
Ori (200 µl/ml)

Figure 08 : Les résultats de l'origan

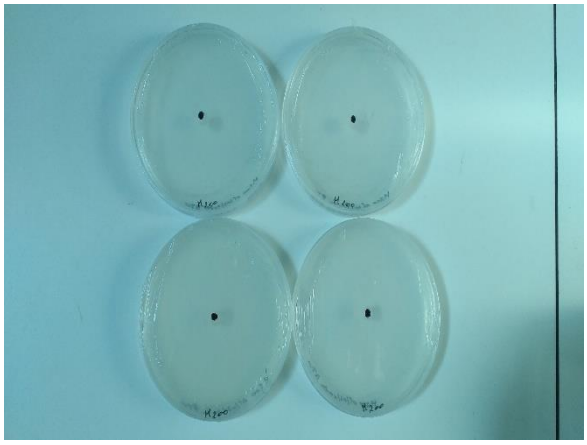
Annexe 09 :



M (5O µl/ml)



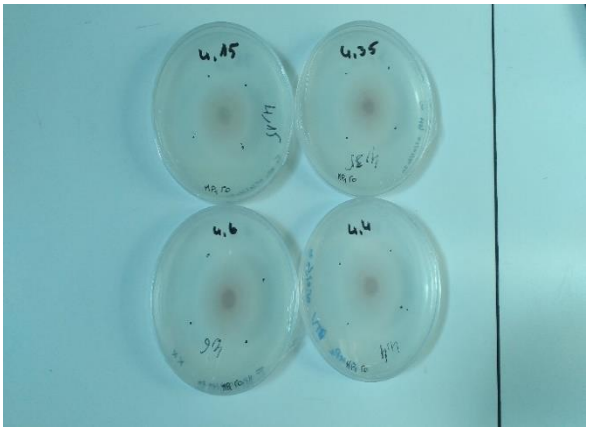
M (100 µl/ml)



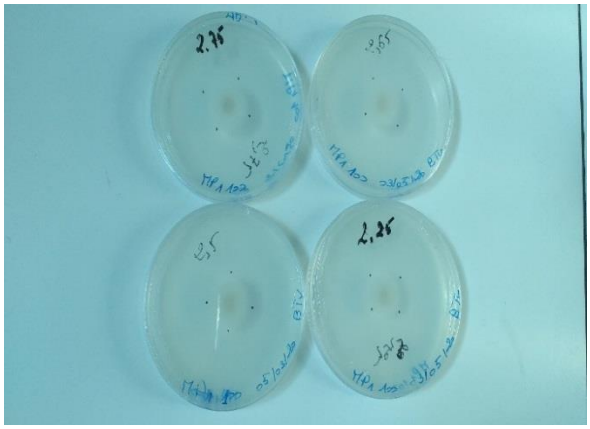
M (200 µl/ml)

Figure 09 : Les résultats de la menthe verte

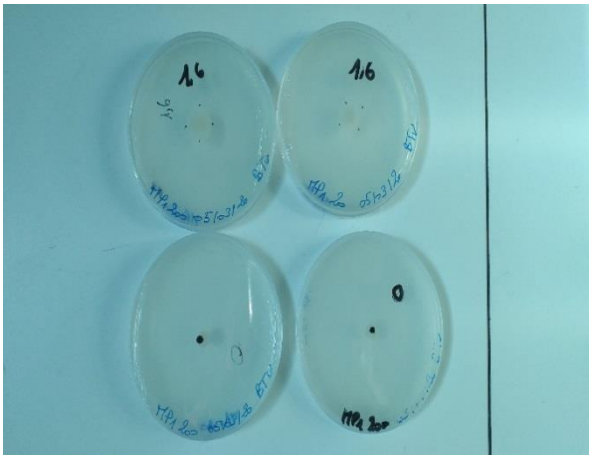
Annexe 10 :



MP1 (50 µl/ml)



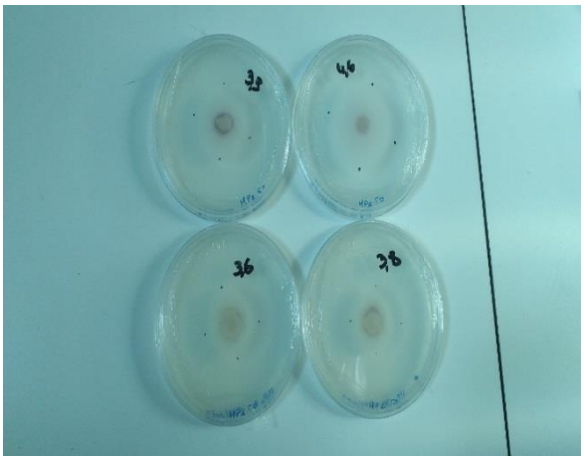
MP1 (100 µl/ml)



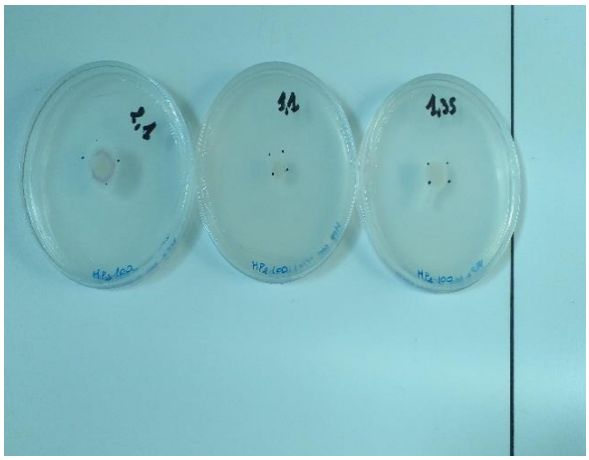
MP1 (200 µl/ml)

Figure 10 : Les résultats de la menthe poivrée

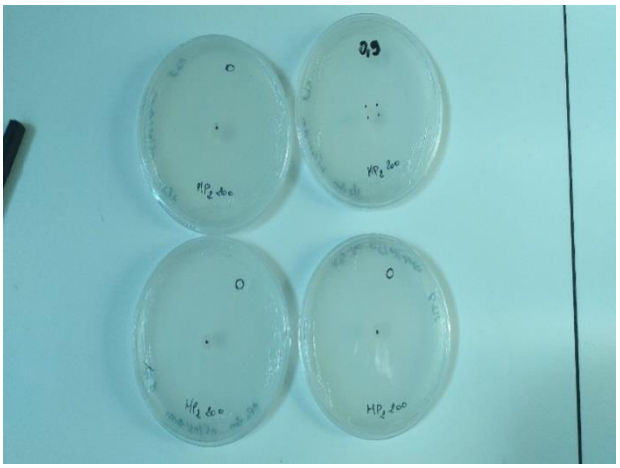
Annexe 11 :



MP2 (50 µl/ml)



MP2 (100 µl/ml)



MP2 (200 µl/ml)

Figure 11 : les résultats de la menthe pouliot

Annexe 12 :

Figure 12 : Une boite pétri contaminé de la menthe pouliot à concentration 100 µl/ml

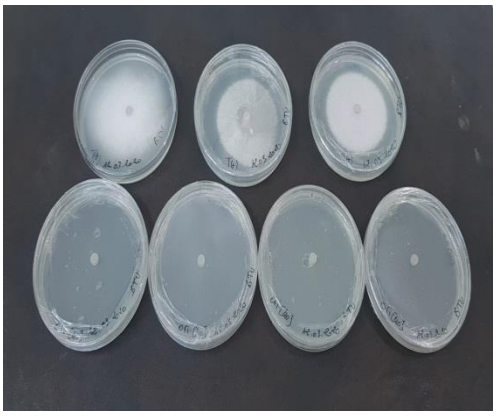
Annexe 13 :

Résultat de l'origan a (2.5 µl/ml)

Résultat de l'origan (5 µl/ml)

Résultat de l'origan (10 µl/ml)

Résultat de l'origan (20 µl/ml)



Résultat de l'origan (40 µl/ml)

Figure 13: les résultats de 2éme test de l'origan