



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بو عريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
قسم العلوم البيولوجية
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Phytopathologie

Thème

**Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles des plantes
(Cymbopogon citratus et Lavandula angustifolia) sur Fusarium
oxysporum f. sp. ciceri**

Présenté par :

- BEN KERROUCHE Leyla
- BELLAL Amel
- BOUADI Nadia

Devant le jury :

Président : M^{me} BELKASMI Farida M.A.A (Univ . B.B.A)
Encadrant : M^{me} MAAFI Oula M.A.A (Univ. B.B.A)
Examineur : M^r MOUTASSEM Dahou M.A.A (Univ .B.B.A)

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

NOUS remercions nos promoteurs Mme : MAAFI Oula et monsieur Dahou MOUTASSEM de ses grands aides durant la réalisation de notre travail,

ils sont orientés nos vers le succès avec ses connaissances et partageants des idées et aussi l'encouragement tout on long de nos éprouvons.

Sans oublier Tous les enseignants du département des Sciences de vie et technologie l'université Mohamed Al Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj.

Nous remercions les membres ae jury, chacun a son nom, d'accepter de juger notre travail.

Une partie de nos travail est aux laboratoires pédagogique et sans oublie Laboratoire de microbiologie,

Nous remercions tous les membres de l'équipe de ces laboratoires pour leur accueil, leur sympathie ainsi que leurs idées constructives.

Et tous nos collègues de promotion phytopathologie particulièrement Nos amis et nos camarades.

A tous personnes qu'est aidé nous de proche ou loin.

DEDICACE

Je dédie ce travail à:

Mes parents

Vous vous êtes dépensés pour moi sans En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

Avec toute ma tendresse.

A mon frère Djallel et mes sœurs. Nadra et ses enfants, Touta et ses enfant et Wahiba ,Nour

A mes grandes parents a mes tantes et ses enfants mes cousins et cousines.

Mon oncle et ses enfants.

Spécial dédicace à mes collègues de mon parcours universitaire.

A tous les membres de ma promotion.

A mes copains et copines, a mes chères amies Widiane,khaoula,Sameh,Soria,Djamila,Amel, Kanza, Leyla

A tous mes professeurs.

BOUADI Nadia

DEDICACE

Je dédie le fruit de mes progrès durant toutes ces années à tous ceux que j'aime.

A mon très cher père <Omar >.

A ma très chère mère <Messaouda>.

A ma grande mère Saïda et ma tante Zohra.

A mon grand père Nadir.

A mes tantes et ses enfants mes cousins et cousines.

A mes oncles et ses enfants.

A tous les membres de la famille <Ben Kerrouche> et <Refice>.

A mes frères : Fichem et Mouhamed

A mes adorables soeurs : Naïma - Salima et son mari - Khalissa - Widad et Djamila.

A la petite Maroua

A mes amies: Nadia - Farida - Sameh - Sara - Fayrouz - Hadjer-Yassmine -Amina - Soria - Ismahane -Zahia-Hayat.

A mes camarades de promotion: halima- Amel -Imen et Ayda. A tous les membres de ma promotion.

A tous mes professeurs.

BENKERROUCHE Leyla

DEDICACES

*Je dédie le fruit de mes progrès durant toutes ces années à
tous*

Ceux que j'aime.

A mon très cher père <>

A ma très chère mère <>

A mes frères

A mes adorables sœurs

A mes amies

BELLAL Amel

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction1

Chapitre I : *Fusarium oxysporum*

I. Description de <i>Fusarium</i>	03
I.1. Taxonomie et morphologie de <i>Fusarium</i>	03
I.2. <i>Fusarium oxysporum</i>	05
I.3. Cycle biologique de <i>Fusarium oxysporum</i>	06
I.4. Méthodes et Moyens de lutte.....	07

Chapitre II : Matériels et Méthode

Problématique.....	10
II.1. Type et lieu d'étude.....	11
II.2. Matérielles et produits de laboratoire.....	11
II.3. Matériel végétale.....	11
II.3.1. caractéristique botanique de <i>Cymbopogon citratus</i>	12
II.3.1.1. Systématique.....	12
II.3.1.2. Description.....	12
II.3.1.3. Habitat.....	12
II.3.1.4. Propriétés des huiles essentielles de <i>Cymbopogon citratus</i>	13
II.3.2. caractéristique botanique de <i>Lavandula angustifolia</i>	13
II.3.2.1. Systématique.....	13
II.3.2.2. Description.....	13
II.3.2.3. Habitat.....	14
II.3.2.4. Propriétés des huiles essentielles de <i>Lavandula angustifolia</i>	14
II.4. Matériel fongique.....	14

Sommaire

II.5. Dispositif d'extraction.....	14
II.6. Activité antifongique.....	15
II.6.1. Préparation des différentes concentrations.....	15
II.6.2. Essai d'activité antifongique.....	15
II.6.3. Evaluation de la croissance mycélienne.....	16
II.6.4. Détermination de l'indice antifongique.....	16
II.6.5. Détermination des concentrations minimale inhibitrices (CMI).....	16
II.6.6. Activité antisporelante des huiles essentielles du <i>C. citratus</i> et <i>L. angustifolia</i>	16
II.6.7. Activité antigermineuse des huiles essentielles du <i>C. citratus</i> et <i>L. angustifolia</i>	16
II.7. Analyse statistique.....	16

Chapitre III : Résultat et Discussion

III.1. Résultat.....	17
III.1.1. Résultats d'activités antifongique.....	17
III.1.2. Evaluation de la croissance mycélienne.....	17
III.1.3. Résultats d'indice antifongique.....	18
III.1.4. Détermination de CMI.....	18
III.1.5. Résultat d'activité antisporelante des HE de <i>C. citratus</i> et <i>L. angustifolia</i>	19
III.1.6. Résultat d'activité antigermineuse des HE de <i>C. citratus</i> et <i>L. angustifolia</i>	19
III.2. Discussion.....	21
Conclusion.....	23
Référence	
Annexe	
Résumé	

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tab 01 : Matériel et produits de laboratoire.....	11
Tab 02 : Résultat de l'indice antifongique.....	..19

Liste des figures

Fig 01 : Morphologie du <i>Fusarium oxysporum</i> (Leslie et Summerell, 2006).....	05
Fig 02 : Symptômes de la fusariose vasculaire du pois chiche causée par <i>F.oxysporum</i> f. sp <i>ciceri</i> . Photos prises à Mascara, Algérie.(Zaimet al., 2016).....	06
Fig 03 : schéma générale de la procédure expérimentale de l'évaluation antifongique.....	10
Fig 04 : <i>Cymbopogon citratus</i> (www.wikipedia.fr).....	12
Fig 05 : <i>Lavandula angustifolia</i> (www.wikipedia.fr).....	13
Fig 06 : Montage de l'Hydro distillateur .Cliché personnel (originale, 2017).....	15
Fig 07 : Effet d'HE de <i>C.citratus</i> (A) et <i>L.angustifolia</i> (B) sur la souche testé a différents concentration C1(1%), C2(0.5%), C3(0,25%), C4(0,05%),C5(0.01%) par rapport le témoin(7eme jour).Cliché personnel (originale, 2017).....	18
Fig 08 : Le pourcentage d'inhibition de la sporulation en fonction de la concentration.....	20
Fig 09 : effet des HE de <i>C.citratus</i> a 0.01% (A) et <i>L.angustifolia</i> a 0.01% (B), 0.05% (C) sur la germination. Cliché personnel (originale, 2017).....	20
Fig 10 : Le pourcentage d'inhibition de la germination en fonction de la concentration.....	21

Liste des abréviations

C : concentration.

C° : Degré celcius.

CMI : La concentration minimale inhibitrice

D: diamètre de la zone de croissance du chaque jour.

Da: diamètre de la zone de croissance de l'essai.

Db: diamètre de la zone de croissance du témoin.

Fig: Figure.

F.O.C :Fusarium oxysporum.

f. sp : forme speciales

h: heure.

HE Huile Essentielles.

IA : Indice Antifongique.

ml: millilitre.

µl: microlitre.

min: minute.

Nbr : Nombre.

PAM : Plante Aromatique et Médicinale

PDA :Potatos Dextractos Agar (milieu de culture à base de Pomme de terre)

PDB : Milieu de culture liquide de dextrose de pomme de terre

T : Témoin.

Te : Temps d'incubation.

SFP : Société françaises de parasitologie.

SM : Spectre de masse.

SMV : Société de médecine de des voyages.

VC : Vitesse de croissance.

Introduction

Introduction

La consommation moyenne annuelle des algériens en pois chiche est estimée à 7 kg par personne soit un besoin de 250 000 tonnes par an, alors que la production ne dépasse pas les 50 000 tonnes induisant un déficit de 200 000 tonnes à importer. L'importation ne se limite pas uniquement aux pois chiche de consommation mais également à la semence avec plus de 150 000 qx annuellement (Benabdeli, 2010).

Le pois chiche est une légumineuse annuelle, autogame, herbacée, c'est une plante haute, à port dressé, cultivée pour ses graines. Le semis du pois chiche se fait au printemps dans la région Nord Méditerranéenne (Summerfield et al., 1984).

Plus de cinquante agents pathogènes du pois-chiche ont été recensés. Les maladies du pois chiche diminuent sa valeur sélective qui entraîne toujours des pertes considérables de la production. Plus de 10 % de la production potentielle mondiale est perdue, durant la croissance de la plante en affectant sa qualité nutritionnelle et sa valeur après leur récolte qui s'élève jusqu'à 40% de la production potentielle. En fait, durant son cycle de développement, le pois-chiche est soumis aux champignons telluriques phytopathogènes comme le flétrissent (*Fusarium oxysporum* f.sp .cicer) (Labdi in Saxena et al., 1990 ; Nene et al., 1996; Sayoud et al, 1999, Upadhyaya et al., 2005). Ce champignon peut causer l'inhibition de la germination des grains, ou l'altération de la rhizogenèse des grains qui ont réussi à germer (Zehhar et al., 2005).

L'utilisation de beaucoup de produits chimiques, bien qu'ils soient efficaces, ils sont souvent nocifs à l'homme et à l'environnement. Dont l'usage est de plus en plus restreint en raison de leur grande toxicité (Bhattacharya et al., 2002).

Pour faire face à cette problématique, il devient de plus en plus indispensable de remplacer ces produits chimiques par des produits qui respectent l'environnement (Schultz et Nicholas, 2000)

Des études récentes ont montré que des huiles extraites des plantes médicinales, sont utilisées dans les domaines phytosanitaires et agroalimentaires comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes (Zambonelli, 2004).

Introduction

Nous avons organisé notre travail en trois parties :

Chapitre I : une synthèse bibliographique consiste un simple aperçu biologique sur le *Fusarium f.sp.ciceri*.

Chapitre II : représente l'étude expérimentale et les méthodes analytiques utilisées pour la réalisation de notre travail.

Chapitre III : est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leurs discussions.

Enfin, notre travail est clôturé par une conclusion, suivis des références bibliographique et des annexes.

Chapitre I :

Fusarium oxysporum

I. Description de Fusarium

Les Fusarium sont des champignons ubiquistes dans les sols, certains d'entre eux sont pathogènes et responsables des fusarioses vasculaires qui entraînent des pertes économiques considérables sur un grand nombre de légumineuse (Belabid et al., 2000). En Algérie cette maladies a été observé au centre et à l'est (Lauchli et Epestein, 1990), moins fréquente à l'ouest (Bouznad et al., 1996). Le champignon FOC s'installe sur les grains et le sol, il peut survivre sur les débris de la plante jusqu'à six ans (Haware et al., 1978). Ces organismes, en infectant les plantes provoquent des manques à la levée, altération de la croissance, des nécroses et des graines de mauvaise qualité (Pande et al, 2007, Muhammad et al, 2010). Deux symptômes se manifestent; jaunissement des feuilles et brunissement des vaisseaux vasculaires qui entraînent la mort de la plante 40 jours après l'inoculation avec le pathogène. Les plantes jeunes sont caractérisées par un flétrissement et la mort rapide, le développement lent des chloroses entraînent une défoliation complète de la plante et sa mort rapide, après 20 jours seulement (Jimenez-Gascoet al., 2004, Arvayo-Ortiz et al, 2011). Le flétrissement du pois chiche est une maladie causée par le Fusarium sp, dont le plus fréquent est Fusarium oxysporium ciceri. La moyenne de la production perdu chaque année est estimé de 10% à 90% dans les sols affectés (Jimenez-Diaz et al., 1989; Singh and Reddy, 1991). Le Fusarium.sp, affectent le rendement du pois chiche, soit en réduisant le taux des graines germées, soit en augmentant le taux des graines infectées qui sont caractérisés par de petite tailles et qui sont incapables de germer (Chaithra, 2009). Cette variabilité est due à la sévérité de la maladie et du type des symptômes (Zemouli-Benfreha et al., 2014). Ils induisent une chlorose des plantules, qui évolue par la suite en une nécrose généralisée. Une graduelle accumulation des polysaccharides a été observé, accompagné par un dépôt de callose au niveau des tissus endommagés du xylème des racines du pois chiche, ainsi qu' une dégradation de la paroi cellulaire (chitinase) ou la catalyse oxydative des phénols (polyphénol oxydase) a été observée après l'inoculation avec le Fusarium.sp (Joshi et al.,2012).

I.1.Taxonomie et morphologie de Fusarium

Le genre Fusariuma été découvert par Link en 1809. Il est délimité dans son sens actuel par appel et Wollenweber (1910) et correspond à la forme de reproduction asexuée. Il appartient au phylum des Deutéromycètes (champignons imparfaits), car la reproduction sexuée chez la plupart des espèces n'a pas été observée. Il appartient à la sous-classe des hyphomycètes à conidiophores réunis en sporochie et à la famille des tuberculariacées, il fait partie de la section Elegans (Nelson et al., 1983).

Le *Fusarium* se multiplie par voie végétative ou par l'intermédiaire de spores asexuées. Cette forme imparfaite (anamorphe) est caractérisée par un mycélium septé et ramifié (Belabid, 2003). Le *Fusarium* produit trois types de spores asexuées des **microconidies** unicellulaires ou bicellulaires arrondies ou ellipsoïdales, des **macroconidies** pluricellulaires en forme de croissant et des **chlamydozspores** arrondies d'une ou deux cellules, entourées d'une paroi épaisse plus ou moins pigmentée, en position terminale ou intercalaire des hyphes mycéliens, représentant ainsi les spores de résistance du champignon (Nelson et al., 1983 ; Booth, 1971 ; Llorenset al., 2006). La présence ou l'absence de macro et microconidies, de chlamydozspores ainsi que la couleur et la forme de *Fusarium* sont les caractères de classification utilisés couramment pour l'identification des espèces du genre *Fusarium* (Nasraoui, 2000). Sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar), les espèces appartenant au genre *Fusarium* peuvent varier d'apparence. Généralement, au début de la croissance, le mycélium aérien est blanc et peut ensuite changer vers une grande variété de couleurs (du violet jusqu'au pourpre foncé) selon l'isolat. En revanche, si les sporodochiums (amas de conidiophores provenant d'un stroma ou masse d'hyphes) sont abondants, la culture apparaîtra avec une couleur crème ou orange (Smith et al., 1988).

La forme parfaite (téléomorphe) observée pour certaines espèces de *Fusarium* se rattache au Phylum d'Ascomycète, de l'ordre Sphaérialia et de la famille des Hypocreacées et notamment des genres *Gibberella* et *Nectria* (Seifert, 2001). Elle est proposée d'être plutôt proche du groupe téléomorphique *Gibberella* et *Nectria* (Di Pietro et al., 2003, Michielse et Rep, 2009). La production de métabolites secondaires et notamment de toxines (mycotoxines et phytotoxines) est courante chez les *Fusarium*, et le profil de ces composés peut être utilisé pour la classification des espèces (Thrane, 2001).

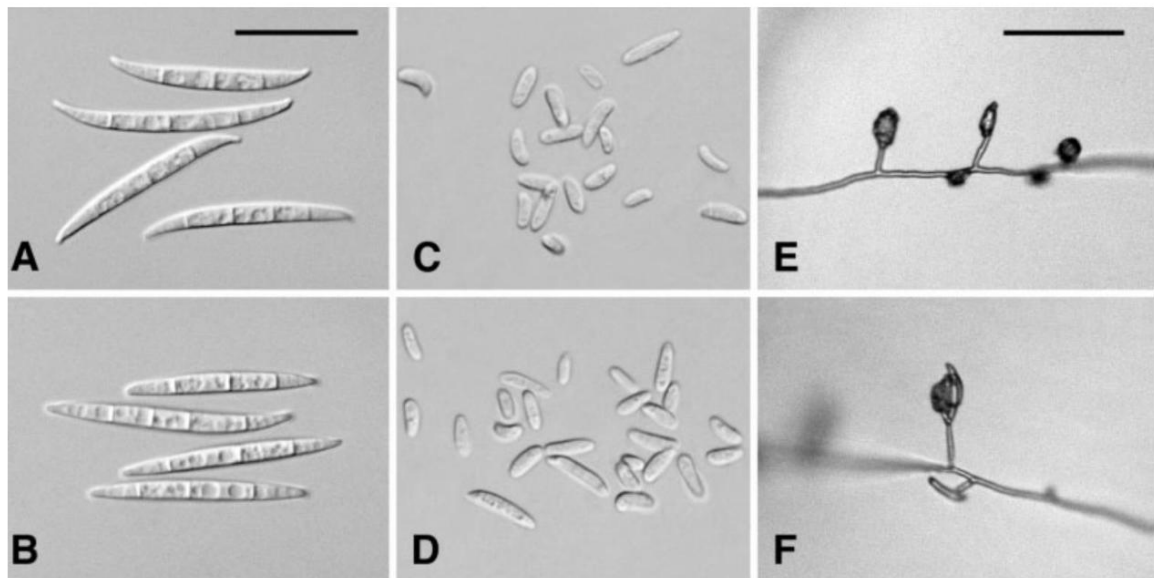


Figure 1 : Morphologie du *Fusarium oxysporum* (Leslie et Summerell, 2006)

A – B: Macroconidies ; **C – D:** Microconidies ; **E – F:** Conidiophores et microconidies

- Barres d'échelle : **A – D** = 25 µm ; **E – F** = 50 µm.

I.2. *Fusarium oxysporum*

Les espèces de *Fusarium* provoquent des maladies qui entraînent des pertes économiquement importantes comme le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et du collet chez des plantes cultivées aux champs et en serres (Fravel et al., 2003). Le genre *Fusarium* doit être considéré comme un faisceau d'espèces très diversifiées du point de vue morphologique, chacune de ces espèces est représentée dans la nature par une majorité de souches saprophytes ou de parasites regroupant des formes plus ou moins spécialisées et douées d'une véritable virulence. Il regroupe de nombreuses espèces phytopathogènes susceptibles d'attaquer un grand nombre de plantes.

Fusarium oxysporum (Schlecht). Snyder et Hansen (Snyder et Hansen, 1940) est l'espèce la plus répandue. Elle comporte des formes phytopathogènes les plus fréquentes et les plus importantes de la microflore fongique des sols cultivés (Baayen et al., 2000). *F.oxysporum* est un complexe d'espèces ubiquistes comprenant de nombreuses formes spéciales (f. sp.) responsables de diverses maladies, la principale étant le flétrissement vasculaire caractérisé par un flétrissement des plantes dû à l'envahissement des vaisseaux du xylème par le pathogène (Dean et al., 2012). Les noms attribués aux différentes formes spéciales sont directement dérivés de l'hôte sur lequel le champignon a été isolé. L'espèce

F.oxysporum peut infecter un grand nombre de plantes, souvent de façon très spécifique. Plus de 120 formes spéciales et races ont été ainsi identifiées, basées sur leur

spécificité d'hôtes (O'Donnell et al., 2015), parmi lesquelles les formes spéciales *albedinis*, *lycopersici* et *ciceris* qui sont responsables, respectivement, de la fusariose vasculaire du palmier dattier, de la tomate et du pois chiche (Benzohraet al., 2015; El Komyet al., 2015; Jimenez-Díaz et al., 2015).



Figure 2 : Symptômes de la fusariose vasculaire du pois chiche causée par *F. oxysporum* f. sp. *ciceri*. Photos prises à Mascara, Algérie (Zaimet al., 2016).

I.3. Cycle biologique de *Fusarium*

Le *Fusarium* responsable d'importants dégâts durant tout le cycle vital de la plante hôte est transmis essentiellement par les semences récoltées de plantes infectées, mais peut aussi provenir du sol. Le *Fusarium* est un parasite tellurique doué d'une vie saprophytique où il croît sur des débris de plantes ou survit en forme de chlamydospores, il est capable de survivre pendant plusieurs années dans les conditions les plus défavorables (Haware et al., 1978 ; Beckman, 1987). Les *F. oxysporum* peuvent même coloniser des zones profondes du sol ; c'est le cas de la forme spéciale *ciceri* (Haware et al., 1986). Selon Blancard (1988), le *F. Oxysporum* f. sp. *Lycopersi* ci persiste dans le sol jusqu'à une profondeur de 80 centimètres et peut recoloniser le sol à partir des couches inférieures.

L'infection des plantes se fait au moyen des chlamydospores qui restent dormantes jusqu'à la stimulation de leur germination par des substrats organiques ou des exsudats

racinaires. Suite à la germination, il y a formation d'un mycélium. Si les conditions sont favorables, le thalle produit des conidies (Beckman et Roberts, 1995; Agrios, 2005).

En présence d'une plante hôte, le mycélium envahit tout d'abord les racines suite à la pénétration de l'épiderme dans la zone d'élongation ou par des blessures (Agrios, 1988 ; Beckman et Roberts, 1995). Le tube germinatif qui s'introduit à travers l'épiderme du système racinaire envahit les vaisseaux conducteurs, dans les quels les micros conidies sont transportées de façon passive par le flux du xylème et peuvent ainsi infecter des parties aériennes.

La plante présente un stress hydrique qui provient soit des vaisseaux qui se bouchent (un blocage du transport d'eau et d'éléments nutritifs) sous l'action combinée du mycélium, des micro conidies et de substances mucilagineuses produites par la plante en réponse à l'attaque du champignon, soit de toxines produites par le champignon, comme l'acide fusarique, soit de ces causes combinées (Toyoda et al., 1988 ; Klein et Correll, 2001). Par conséquent, des symptômes de flétrissement apparaissent sur les plantes affectées par *F.oxysporum* et les feuilles montrent une flaccidité suivie d'une coloration vert-terne et d'un dessèchement. Les symptômes peuvent se manifester aussi sous forme d'un jaunissement progressif de bas en haut avec une nécrose des folioles. Les racines des plantes affectées gardent une apparence saine et leurs tiges montrent une coloration brune des tissus internes quand elles sont sectionnées verticalement.

I.4.Méthodes et Moyens de lutte

Le contrôle de la fusariose est difficile en raison de la nature du pathogène transmis par le sol et la semence ainsi sa capacité de persister de longues périodes, même en l'absence de la plante hôte sous forme de chlamydospores (Frederix et Den Brader, 1989). Il est évident que le traitement des semences est indispensable pour éviter l'introduction du *Fusarium* dans des aires de cultures saines et son installation dans le sol.

Les pratiques culturales à savoir la destruction des débris de récolte des plantes fusariées, la jachère de longue durée, la rotation culturale avec des cultures non- hôtes, peuvent agir sur la densité de l'inoculum présent dans le sol (Edel et al., 1995 ; Scott et al., 2012). Néanmoins, la rotation des cultures est impraticable sur le plan économique où l'agriculture intensive est hautement spécialisée (Miguel et al., 2004). De plus, il est connu que des formes spéciales comme melonis, ciceris et lentis peuvent coloniser d'autres plantes sans provoquer de symptômes apparents, ce qui rend impossible l'éradication de la maladie par la pratique des cultures en rotation (Belabid, 2003).

Comme pour de nombreuses maladies, la méthode la plus efficace pour le contrôle des maladies provoquées par *Fusarium* est l'utilisation des cultivars résistants s'ils sont disponibles (Fravel et al., 2003). Des gènes de résistance vis – à – vis des *Fusarium* existent chez beaucoup d'espèces végétales et ont été introduits par sélection dans des variétés cultivées. Ainsi, chez la tomate, le melon, le haricot et le pois chiche des gènes dominants de résistance ont été identifiés (Huang et Lindhout, 1997; Hawkins et al., 2001; Schneider et al., 2001; Halila et al., 2008; Diener et Ausubel, 2005). Cependant, l'efficacité de variétés résistantes dans le contrôle d'une maladie peut être sérieusement limitée par la variabilité de la pathogénicité, y compris l'apparition de nouvelles races pathogènes et pathotypes par des mutations ou des parasexualités aléatoires et spontanées (Sidhu et Webster, 1979 ; Beckman, 1987; Cai et al., 2003).

La fumigation du sol est efficace dans l'élimination de l'inoculum déjà présent dans le sol ; mais comme c'est toujours à recommencer, il ne s'agit pas d'une solution à long terme (Miguel et al., 2004 ; Fravel et al., 2003; Scott et al., 2012).

De nombreux fongicides sont disponibles pour lutter contre les champignons pathogènes. Certains fongicides systémiques peuvent contrôler partiellement les maladies dû aux *Fusarium* (Bolton, 1984; Song et al., 2004 ; Amini et Sidovich, 2010). L'augmentation de l'utilisation des fongicides provoque plusieurs effets négatifs comme le développement de la résistance des agents pathogènes. Ces fongicides ont aussi un effet néfaste sur l'environnement (Gerhardson, 2002).

Toutes ces méthodes et moyens ne sont pas suffisantes pour protéger totalement les cultures contre les infections et en outre, la plupart d'entre elles sont défavorables à une bonne productivité (Bulit et al., 1967). Pour ces raisons ci-dessus, d'autres alternatives pour la gestion des *Fusarium* phytopathogènes sont nécessaires.

En conséquence, les stratégies du contrôle biologique des fusarioses ont acquis un intérêt particulier. On sait depuis longtemps que l'incidence de la fusariose peut varier sur des sols différents infestés de *Fusarium*. Ce phénomène de « sols suppressifs » a été trouvé corrélé parfois aux caractéristiques pédologiques mais surtout à sa population microbienne (Alabouvette et al., 2006). Des études qui portent sur ce phénomène et les microorganismes impliqués sont nombreuses (Alabouvette et al., 1984 ; Alabouvette, 1986, Kaur et al., 2010).

La présence de la souche non pathogène de *F. oxysporum*47 (Fo47) dans le sol était capable de protéger plusieurs espèces végétales comme le lin, melon et tomate contre ses respectives formes spéciales de *F.oxysporum*: lini, melonis et lycopersici (Aimé et al., 2008).

La lutte biologique avec des *Trichoderma* spp. antagonistes contre les agents phytopathogènes telluriques est une alternative potentielle à la lutte chimique (Harman et al., 2004). Des espèces de *Trichoderma* ont démontrés leurs efficacités dans le contrôle des maladies de la pourriture racinaires de nombreuses plantes cultivées (Verma et al., 2007).

Aussi, *T. harzianum* été décrit comme capable de contrôler les pathologies induites par *F. oxysporum* sur le bananier (Thangavelu et al., 2004). El-Mohamedy et Abd El-Baky (2008) ont évalué l'efficacité de l'enrobage des graines par des agents de contrôle biologique (*T. harzianum*, *Bacillus subtilis* et *P. fluorescens*) et qui par conséquent a réduit l'incidence de la maladie.

Des espèces du genre *Pseudomonas* ont été décrites pour limiter le développement de la pourriture racinaire de la tomate causée par *Fusarium solani* (Simons et al., 1996; Dekkers et al., 2000; Bolwerk et al., 2003).

La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* isolée de la rhizosphère du pois chiche est capable de protéger les plants de pois chiches contre le flétrissement vasculaire causé par FOC ; l'inoculation avec *Pseudomonas aeruginosa* a diminué significativement l'incidence de la maladie chez des génotypes du pois chiche sensibles ou modérément résistants (Landa et al., 1997).

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Problématique

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence un éventuel effet antifongique des huiles essentielles extraites à partir des espèces *Lavandula angustifolia* et *Cymbopogon citratus*.

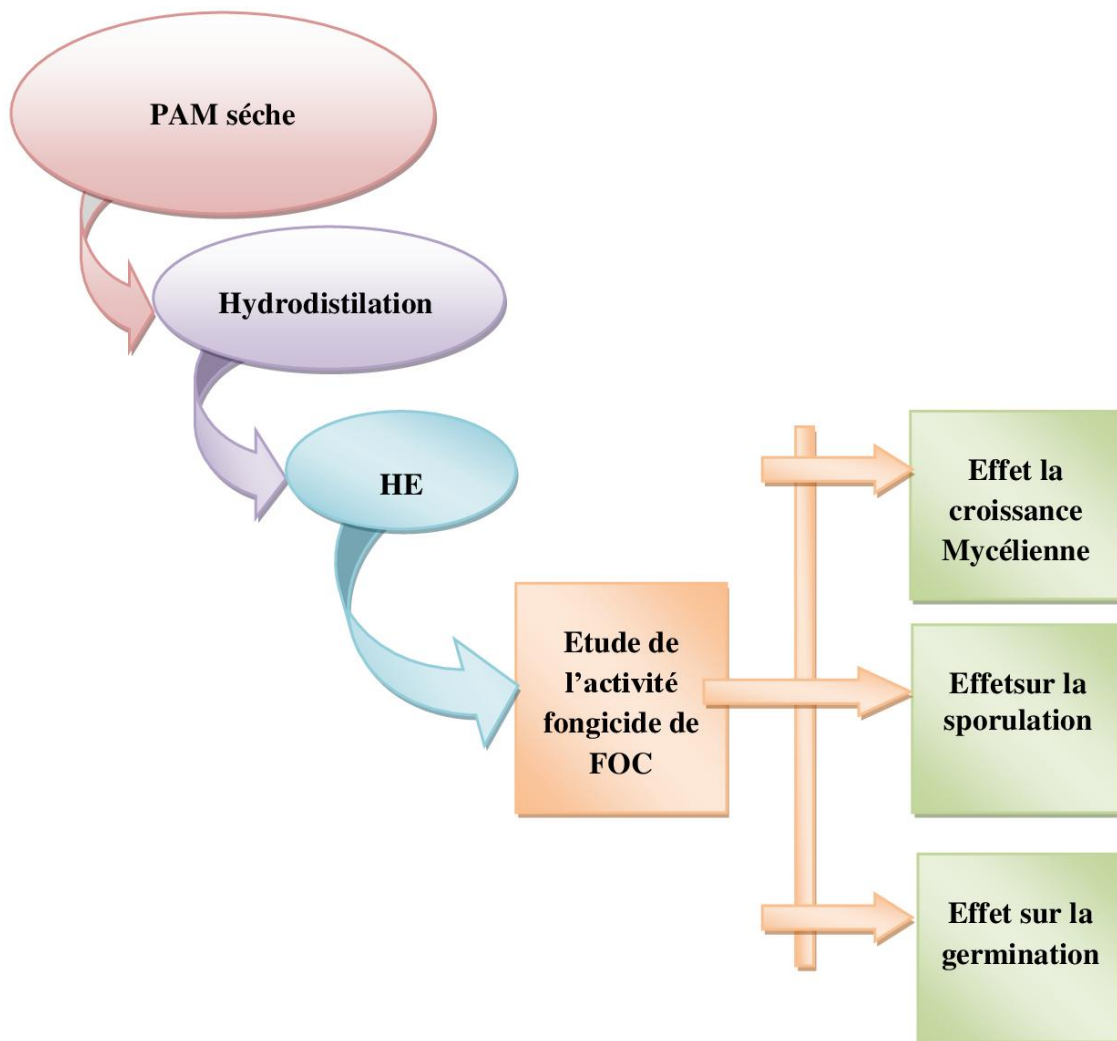


Figure 03: schéma générale de la procédure expérimentale de l'évaluation antifongique.

II.1.Type et lieu d'étude

Il s'agit d'une étude expérimentale de 2 mois, du Mars 2017 au Mai 2017, réalisée au sein du laboratoire de phytopathologie de faculté des sciences biologique à l'université de Bachir Al Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj. Ce travail rentre dans le cadre d'un projet de fin d'étude.

II.2.Matériels et produits de laboratoire

Les verreries et l'appareillage, les milieux de culture ainsi que le solvant utilisé au cours de la réalisation de ce travail sont résumés dans le tableau 01:

Tableau 01: Matériel et produits de laboratoire

verreries et appareillage	milieux de culture	solvant utilisés
Autoclave	Gélose pomme de terre	Eau distillée
Bain marie	glucosée et gélosée (PDA)	
Balance analytique		
Béchers		
Boîtes de pétri		
Erlenmeyer		
Etuve de 25oC		
Hydrodistillateur		
La hotte		
Lames et lamellés		
Malassez		
Microscope optique		
Pipettes pasteur		
Tubes à essai		

II.3. Matériel végétale

II.3.1. Caractéristique botanique de *Cymbopogon citratus*

II.3.1.1. Systématique

Règne: plantae

Classe: Liliopsida

Ordre: Cyperales

Famille: poaceae

Genre: *Cymbopogon*

Espèce: *Cymbopogon citratus* (Hutchinson, 1972).



Figure 04: *Cymbopogon citratus* (www.wikipedia.fr).

II.3.1.2. Description

La citronnelle est une plante herbacée vivace, formée de tiges serrées pouvant atteindre 1,5 m de haut, lisses et glabres. Elles forment des touffes composées de feuilles linéaires, terminées en pointe, de 90 cm de long sur 3 à 5 cm de large ; ces feuilles sont raides, coupantes, lisses sur leurs deux faces et de couleur vert clair grisâtre ; elles ont une nervure centrale saillante et plus claire, un pétiole engainant et présentent une ligule parcheminée d'à peine 1 mm de long. La plante se termine dans sa partie souterraine par une base renflée comme un oignon mais qui ne correspond pas à un bulbe. Elle ne fleurit qu'exceptionnellement pour donner naissance à une inflorescence terminale, d'une trentaine de cm de long, formée d'épis disposés en panicules lâches, de 6 mm de long (Hutchinson, 1972).

II.3.1.3. Habitat

Cette espèce est très répandue sous les tropiques et plus particulièrement au sud de l'Asie (Inde, Vietnam, Sri Lanka, Java) et aussi en Australie, au Brésil, en Afrique de l'Ouest, aux États-Unis (Floride, Californie), en Amérique Centrale et en Amérique du Sud (Hutchinson, 1972).

II.3.1.4. Propriétés des huiles essentielles de *C. citratus*.

L'huile essentielle de *C. citratus* sert à parfumer les produits d'entretien, les désodorisants, les lessives, les savons liquides, les déodorants et les gels douche, dans l'industrie alimentaire, la citronnelle est employée pour aromatiser les pâtisseries et les sucreries ainsi que les limonades. C'est également un agent répulsif contre les insectes, notamment les moustiques, elle est en outre utilisée pour l'extraction du citral qui sert notamment pour l'hémisynthèse de la vitamine A et d'ionones (Jacques, 1962).

II.3.2. Caractéristique botanique de *L. angustifolia*

II.3.2.1. Systématique

Règne: plantae

Classe: Lamiales

Ordre: lamiales

Famille: Lamiaceae

Genre: *Lavandula*

Espèce: *Lavandula angustifolia* (Upson, T. M. (1997).



Figure 05 : *Lavandula angustifolia* (www.wikipedia.fr).

II.3.2.2. Description

La lavande est un petit arbrisseau dicotylédone de la famille de Lamiacées qui mesure de 30 à 60 cm de hauteur, ses branches sont fines et ligneuses et on retrouve des feuilles étroites et pointues à sa base seulement. Les fleurs de la lavande, d'un bleu tendre ou violacé et en forme de petite corolles, sont regroupées en épis terminaux et dégagent un parfum très agréable. Cette plante ne pousse que dans les terrains rocaillieux, mais bien drainés, calcaires et ensoleillés. Excellente plante mellifère, la lavande est très prisée par les abeilles (Upson, 2002).

II.3.2.3.Habitat

Plante vivace aromatique originaire des montagnes du bassin méditerranéen, la lavande est cultivée partout dans le monde, comme plante ornementale et pour son essence. On la multiplie par semis ou par boutures dans des endroits très ensoleillés. Les fleurs sont cueillies en été le matin, puis séchées ou distillées afin d'en extraire de l'huile essentielle. (Upson, 2002).

II.3.2.4.Propriétés des huiles essentielles de *L.angustifolia*.

L'huile de lavande contient diverses molécules qui ont un intérêt médicinal, dont le linalol, l'acétate de linalyle, du limonène, du cinéole, de l'eugénol. Il peut être utilisé comme calmant, antidépresseur et sédatif. Il est aussi utilisé comme analgésique, anti-inflammatoire, antiseptique et cicatrisant. Il est aussi utilisé dans les parfums, savons et autres produits cosmétiques pour son odeur agréable (Horsnell et al., 2007).

II.4.Matériel fongique

La souche fongique est choisie dans cette étude sur la base de leur implication fréquente dans le flétrissement et l'altération de la partie végétative de pois chiche.

Les isolats fongiques utilisés dans cette étude sont ceux de *Fusarium oxysporum* f.sp.Ciceri (FOC) qui ont été fournis gracieusement par le laboratoire de phytopathologie de l'université de Mohamed Al Bachir El Ibrahim (BBA).

II.5.Dispositif d'extraction

L'extraction d'huile essentielle a été effectuée par hydrodistillation, il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée.

La matière végétale est immergée directement dans un ballon rempli d'eau, placé sur une source de chaleur (Chauffe-ballon), le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant puis elles sont récupérées dans une ampoule à décanter et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité (Hellali, 2011).

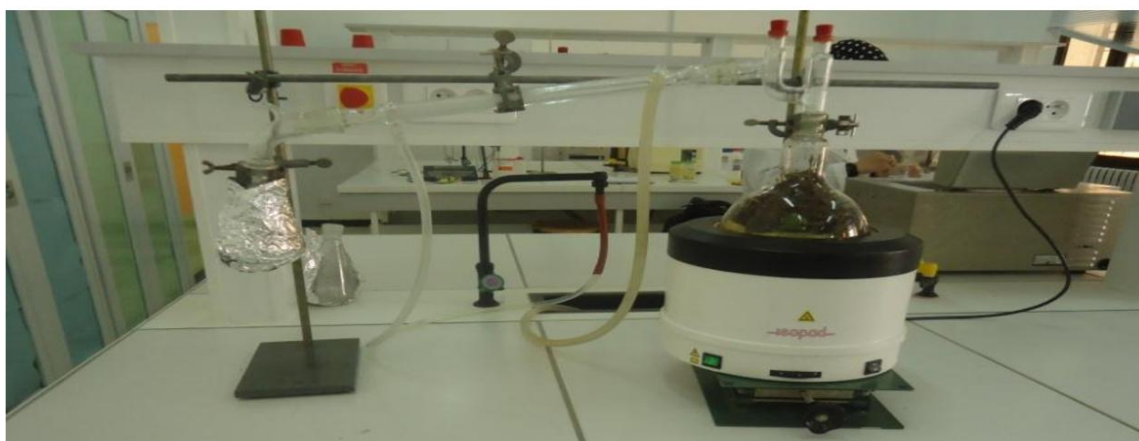


Figure06 : Montage de l'Hydro distillateur .Cliché personnel (originale, 2017).

II.6.Activité antifongique

Pour la réalisation de l'activité antifongique on a adopté la méthode de contact direct cette technique de contact direct est employée pour étudier le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles vis-à-vis des champignons phytopathogènes (Hamrouni et al. ,2014 ; Messgo-Moumene et al ., 2014 ; Sameza et al.,2014).

II.6.1.Préparation des différentes concentrations

Compte tenu de non miscibilité des huiles à l'eau et par conséquent au milieu de culture, une mise en émulsion de ces huiles a été réalisée par le tween 80 (3%) afin d'obtenir dans le milieu une répartition homogène des composés à l'état dispersé (Remmal et al., 1993).

Les milieux de différentes concentrations de 0.01% _ 0.05% _ 0.25% _ 0.05% _ 1% en huiles essentielles avec le tween 80 (3%) sont incorporés dans le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) après autoclavage à 121°C pendant 30 min.

II.6.2.Essai d'activité antifongique

10 ml de mélange (PDA + HE) a été coulé dans des boîtes de Pétri, Après le refroidissement et la solidification de cette mélange sur la paillasse des disques mycélien de diamètre de 5mm de diamètre issue de la marge d'une culture âgée de *Fusarium oxysporum* .f.sp.ciceri ont été prélevée avec un emporte-pièce et inoculé au centre de chaque boîte (1disque/boîte). Chaque concentration est répéter quatre fois. Les boîtes sont incubées dans d'obscurité à température de 25 C. Le témoin est réalisé dans les mêmes conditions sans huile essentielles et les mesures sont prélevées chaque deux jour pendant 7 jours d'incubation.

II.6.3.Evaluation de la croissance mycélienne

La croissance mycélienne a été évaluée toutes les 24 heures en mesurant la moyenne de trois diamètres perpendiculaires passant par le milieu de la rondelle.

Cette lecture est toujours réalisée en comparaison avec les cultures témoins qu'ils ont démarré le même jour et dans les mêmes conditions.

Toute pousse même légère de champignon sera considérée comme action négative c'est à dire que l'huile essentielle en question n'est pas inhibitrice vis-à-vis de la croissance fongique.

II.6.4.Détermination de l'indice antifongique

Après l'incubation en tenant compte de la croissance de témoin, on calcule l'indice antifongique qui est déterminé par la formule (CHANG et al., 1999):

$$I A = (1 - D_a / D_b) \times 100$$

Da: diamètre de la zone de croissance de l'essai.

Db: diamètre de la zone de croissance du témoin.

II.6.5.Détermination des concentrations minimale inhibitrices (CMI)

Il s'agit en parallèle d'évaluer la plus petite concentration pour laquelle aucun développement n'est visible à l'œil nu.

II.6.6.Activité antisporeuse des huiles essentielles du *C.citratus* et *L.angustifolia*.

L'activité antisporeuse des huiles essentielles du *C.citratus*, *L.angustifolia* a été étudiée sur des colonies fongiques (*Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri) âgées de 11 à 15 jours (après production de spores) exposées aux huiles essentielles.

Les spores sont récupérées dans un volume de 10ml de l'eau distillée stérile afin de libérer tout les spores, par la suite la suspension obtenue est récupérée dans des tubes à essai pour chaque concentration trois répétition, après agitation, le nombre de spores pour chaque échantillon est compté par la cellule de Mallassez sous le microscope optique.

II.6.7.Activité antigermineuse des huiles essentielles du *C.citratus* et *L.angustifolia*.

Des spores issues des colonies âgées de 7 à 11 jours de *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri, ont été assemblées par addition de milieu PDB. La suspension obtenue est mise dans des tubes à essai qui ont été agités par séquence de 03 min pendant 05 min.

Les milieux de différentes concentrations de 0.01% _ 0.05% _ 0.25% _ 0.05% _ 1% en huiles essentielles avec le tween 80(3%) sont incorporés dans le milieu de culture PDB.

II.7. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été soumis aux tests de l'analyse de variance (ANOVA).

Chapitre III :

Résultats et discussion

III.1. Résultats

III.1.1. Résultats d'activités antifongiques

III.1.2. Evaluation de la croissance mycélienne

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'inhibition de la croissance mycélienne en présence des l'huile essentielle de *C.citratu*s est plus importante par rapport à la présence de l'huile de *L.angustifolia* car la concentration minimale inhibitrice de ce dernier (0.25%) est plus élevée que *C.citratu*s. (0.05%).

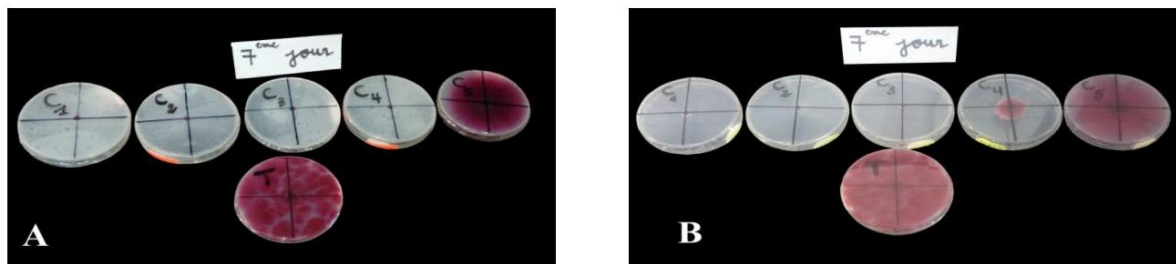


Figure 07 : Effet d'HE de *C.citratu*s (A) et *L.angustifolia* (B) sur la souche testé a différents concentration C1(1%), C2(0.5%), C3(0,25%), C4(0,05%),C5(0.01%) par rapport le témoin(7eme jour).Cliché personnel (originale, 2017).

La figure 10 montre que la croissance mycélienne est réduite par l'augmentation de la concentration des huiles essentielles.

La concentration 0.05% d'HE de *C.citratu*s est efficace pour inhiber la croissance la souche fongique par contre la concentration 0.25% d'HE de *L.angustifolia* est efficace pour inhiber la croissance de même souche (on n'observe aucune croissance).

III.1.3. Résultat d'indice antifongique (IA)

Tableau 02: Résultat de l'indice antifongique.

Espèce	Concentration (ppm)	Indice antifongique (%)
1. C.citratus	10000	100±00a
2. C.citratus	5000	100±00a
3. C.citratus	2500	100±00a
4. C.citratus	500	100±00a
5. C.citratus	100	2,66±1.33c
6. L.angustifolia	10000	100±00a
7. L.angustifolia	5000	100±00a
8. L.angustifolia	2500	100±00a
9. L.angustifolia	500	64,66±0.33b
10. L.angustifolia	100	1,66±0.88c

À l'aide de l'analyse de la Variance, on peut constater que l'indice antifongique est très hautement significatif pour les différentes concentrations (l'indice antifongique est augmenté avec l'augmentation de la concentration des huiles essentielles). Il égale 100% dans les concentrations 1%, 0,5%, 0,25% d'huile essentielle de L.angustifolia, par contre C.citratus il égale 100% dans les concentrations 1%, 0,5%, 0,25% et aussi 0,05%.

III.1.4. Détermination de CMI

Les résultats de l'indice antifongique (tableau 02) montrent que la concentration minimale inhibitrice d'huile essentielle du C.citratus est de 0,05%, par contre la CMI pour L.angustifolia est de 0,25%.

III.1.5. Résultat d'activité antispорulante des huiles essentielles du *C.citratus* et *L.angustifolia*

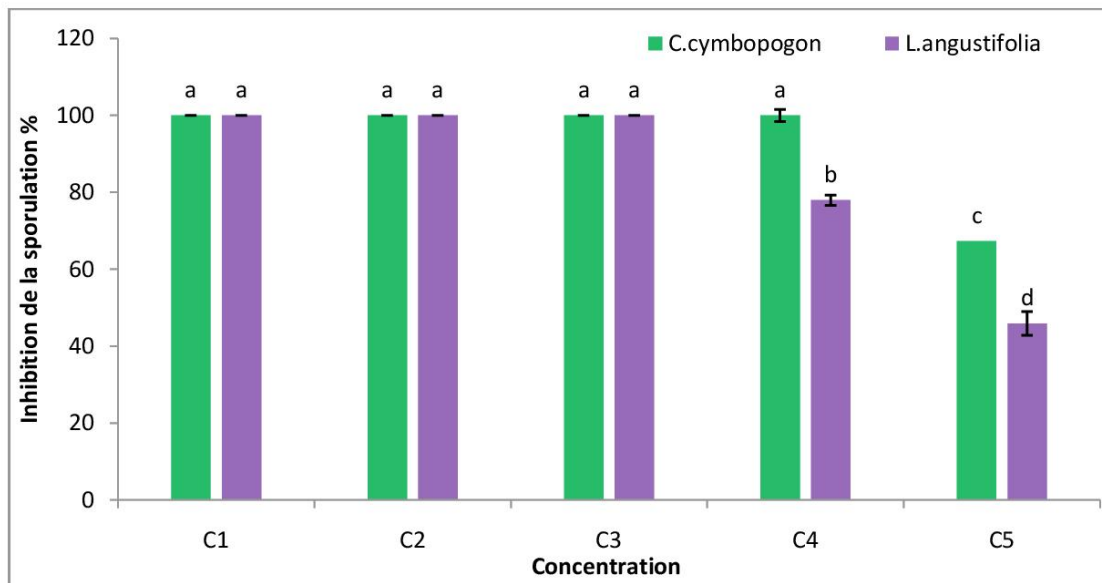


Figure 08 : Le pourcentage d'inhibition de la sporulation en fonction de la concentration.

La figure 08 montre que le pourcentage d'inhibition de la sporulation est augmentée par l'augmentation de la concentration des huiles essentielles de *C.citratus* et *L.angustifolia* (relation significative). On remarque que les huiles essentielles de *C.citratus* sont plus efficaces pour inhiber la sporulation que *L.angustifolia* car l'inhibition est totale (100%) dans les concentrations (1%, 0.5%, 0.25%), en présence de *L.angustifolia*, par contre elle est totale (100%) dans les concentrations (1%, 0.5%, 0,25%) et aussi (0.05%) en présence de *C.citratus*.

III.1.6. Résultat d'activité antigerminative des huiles essentielles du *C.citratus* et *L.angustifolia*.

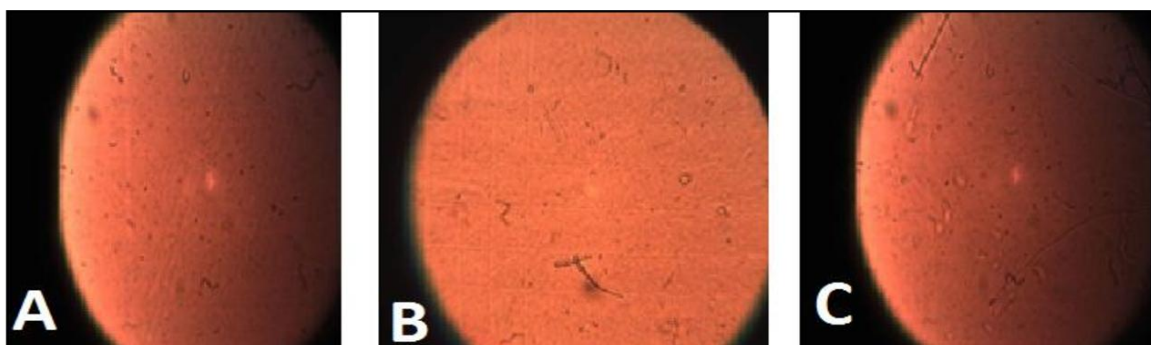


Figure 09 : effet des HE de *C.citratus* à 0.01% (A) et *L.angustifolia* à 0.01% (B), 0.05% (C) sur la germination. Cliché personnel (originale, 2017).

La figure 09 montre que le nombre des spores germés est lié avec la sensibilité de la souche testé accrue avec l'augmentation de la concentration des huiles essentielles dans leur milieu de culture.

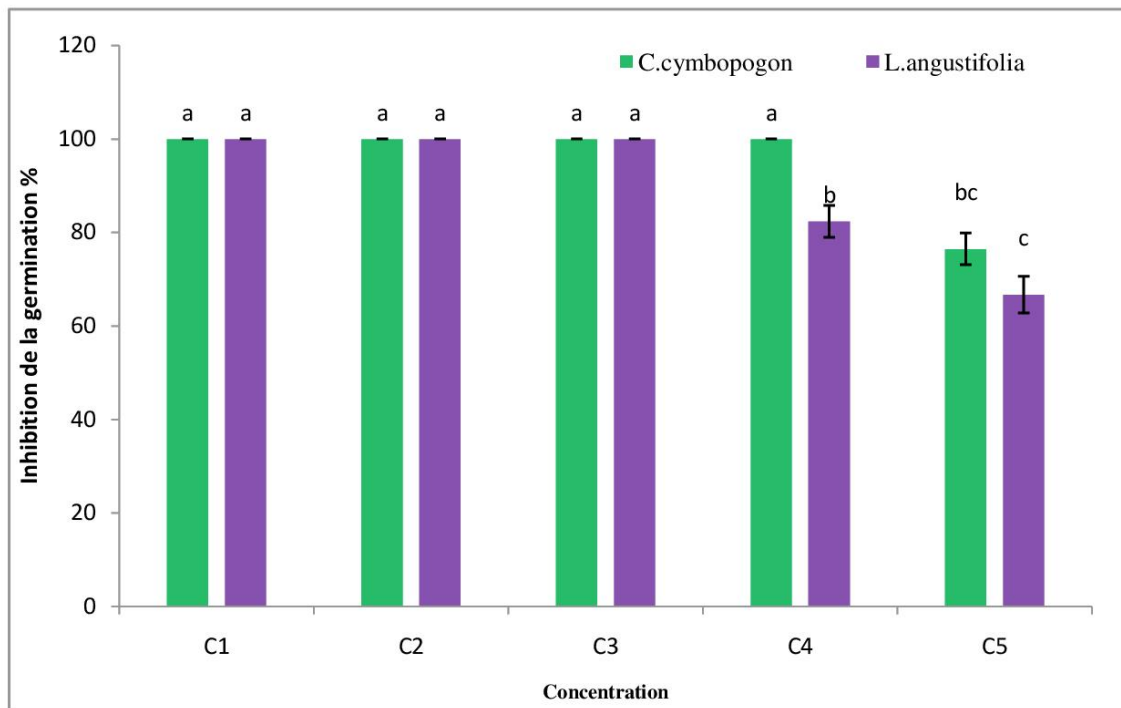


Figure 10 : Le pourcentage d'inhibition de la germination en fonction de la concentration.

La figure 10 montre que le pourcentage d'inhibition de la germination est augmentées par l'augmentation de la concentration des d'huiles essentielles de *C.citratu*s et *L.angustifolia* (relation significative). On remarque que les huiles essentielles de *C.citratu*s sont plus efficaces pour inhiber la germination que *L.angustifolia* par ce que l'inhibition est totale (100%) dans les concentrations (1% ,0.5%, 0.25%), en présence de *L.angustifolia* et *C.citratu*s, mais dans la concentration (0.05%) elle égale (84%) en présence de *L.angustifolia* par contre elle est totale en présence de *C.citratu*s.

III.2. Discussion

Beaucoup des travaux scientifiques sont publiés chaque année par des biologistes et des phytopathologistes qui travaillent sur les multiples propriétés des huiles essentielles et l'intérêt s'est porté tout particulièrement sur leur activité sur les champignons phytopathogènes provoquant des dégâts considérables sur les cultures.

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et les possibles effets synergiques entre les composants. Ainsi la nature des structures chimiques qui la constituent, mais aussi leurs proportions jouent un rôle déterminant. Il est cependant probable que les composés minoritaires agissent de manière synergique. De cette manière, la valeur d'une huile essentielle tient à son « totum », c'est à dire dans l'intégralité de ses composants et non seulement à ses composés majoritaires (Lahlou, 2004).

Les molécules réputées actives sont des terpénoïdes, car les hydrocarbures saturés et les acétates ioniques sont inactifs, par la nature même de leur faible capacité de liaisons hydrogène et de leur faible solubilité (Griffin, 1999 ; Wyllie et al., 1999).

Des composés chimiques qui ont une grande efficacité et à plus large spectre sont présents dans les huiles essentielles, ce qui explique l'activité antifongique sur les mycètes, phénols (1,8 cinéole, carvacrol, octanol, ..) des alcools, (α - terpineol, terpinen-4-ol, linalol), des aldéhydes, des cétones (Camphor, etc.) (Dorman et Deans, 2000). Chu et Kemper (2001) ont montré que le pouvoir antifongique est lié aux composants volatils des huiles et qui sont : l' α pinène, β pinène, β cymène et 1,8 Cinéole.

Suppakul et al., (2003) ont suggéré que l'activité antifongique des huiles essentielles, peut se faire selon deux mécanismes différents : certaines constituants provoquent la fuite des électrolytes et l'épuisement des acides aminés et des sucres, d'autres peuvent être insérés dans les lipides membranaires, par conséquent il y a perte des fonctions membranaires.

Cette différence du pouvoir antifongique des huiles essentielles des deux plantes peut être attribuée à leurs compositions chimiques ; en effet, la menthe est dominée par la pulégone qui est une cétone alors que l'eucalyptus est constitué principalement du 1,8-cinéole qui est un oxyde terpénique. Des travaux antérieurs ont montré que les cétones sont plus actives contre les agents microbiens que les oxydes terpéniques.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par (Pawar et Thaker, 2007). Les travaux de ces derniers ont prouvé l'efficacité des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* contre le *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri. La zone d'inhibition de la croissance mycélienne et la sporulation obtenue sont supérieurs à 70%. L'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* a présenté une forte activité antifongique contre *Fusarium oxysporum* f. sp.ciceri (Nguefack et al., 2009). Cette efficacité a été attribuée à sa richesse en linalyl acétate (22.29%), linalol (19.19%) et 4-terpineol (9.39%)(Bhuyan et al., 2010). Les résultats obtenus montrent l'inhibition de la croissance mycélienne et la sporulation à des doses supérieures à 0.05%.par contre l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a présenté une activité antifongique moins efficace que *Cymbopogon citratus* contre *Fusarium oxysporum* f. sp .ciceri. Cette efficacité a été attribuée à sa richesse en l' α pinène, β pinène, P cimène et 1,8 Cinéole. Les résultats obtenus montrent l'inhibition de la croissance mycélienne et la sporulation à des doses supérieures à 0.25%.

Conclusion

Conclusion

Un grand nombre des plantes aromatiques contiennent des composés chimiques ayant des propriétés antimicrobiennes. Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur les huiles essentielles extraites de ces plantes aromatiques.

L'utilisation des formulations volatiles à base des plantes aromatiques et médicinales peut présenter des nombreux avantages par rapport aux produits de synthèses actuels.

L'extraction des huiles essentielles du *Cymbopogon citratus* et *Lavandula angustifolia*, a été réalisée par plusieurs méthodes. Cependant dans le présent travail une seule méthode est préconisée: hydrodistillation.

L'huile essentielle extraite de cette plante possède des propriétés organoleptiques très appréciées en parfumerie et sera très convoitée en aromathérapie.

La méthode de contact direct nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antifongique d'huile essentielle du *C.citratus* et *L.angustifolia* vis-à-vis de la souche *Fusarium oxysporum f sp.ciceri*.

L'activité antifongique d'huile essentielle du *Cymbopogon citratus* s'est avéré un agent antifongique efficace contre le *Fusarium oxysporum f. sp.ciceri* à une dose de 0.05% d'huile essentielle de *C.citratus* qu'il correspond le CMI avec un indice d'inhibition de 100%. Par contre l'huile essentielle du *lavandula angustifolia* s'est avéré un agent antifongique moins efficace contre le *Fusarium oxysporum f. sp.ciceri*. à une dose de 0.25% d'huile essentielle de *lavandula angustifolia* qu'il correspond le CMI avec un indice d'inhibition de 100%.

Nos résultats indiquent que l'huile essentielle du *Cymbopogon citratus* et *Lavandula angustifolia* a des bonnes activités antifongique sur la souche *Fusarium oxysporum f. sp.ciceri*.

Cette étude permet encore une fois la mise en valeur de l'exploitation des huiles essentielles dans les domaines, pharmaceutique et cosmétique. Par la même occasion, elle confirme leur utilisation comme conservateur dans le domaine de l'industrie agroalimentaire.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

Agrios G., 1988. Plant Pathology, In: Noriega Group, editor. Plant Pathology, 3rd ed. Mexico: Academic Press, 803.

Aimé S., Cordier C., Alabouvette C., Olivain C., 2008. Comparative analysis of PR gene expression in tomato inoculated with virulent *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and the biocontrol strain *F. oxysporum* Fo47. *Physiol Mol Plant Pathol.*, 73 : 9–15.

Alabouvette C., Couteaudier Y., and Louvet J.,1984. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. X-Comparaison de la mycoflore colonisant les racines de melons cultivés dans un sol résistant ou dans un sol sensible aux fusarioses vasculaires, *Agronomie*, 4: 735.

Alabouvette C., Olivain C., Steinberg C.,2006. Biological control of plant diseases: the European situation. *European Journal of Plant Pathology*, 114: 329–341.

Baayen R.P, van den Boogert P.H.J.F., Bonants P.J.M., Poll J.T.K., Blok W.J., Waalwijk C., 2000. *Fusarium redolens* f.sp *asparagi*, causal agent of asparagus root rot, crown rot and spear rot. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 907–12.

Bajwa R, Shafique S, Anjum T. & Shafique S.(2004). Antifungal activity of allelopathic plant extracts IV: growth response of *Drechslera hawaiiensis*, *Alternaria alternata* and *Fusarium moniliforme* to aqueous extract of *Parthenium hysterophorus*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6:511–516.

Bhattacharya P; Mukerjee A.B; Jacks G et Nordqvist S. (2002). Métal contamination at wood préservation site: Caractérisation and expérimental studies on remediation. *sci. total environ.* 290: 165-180.

Beckman C.H., Roberts E.M.,1995. On the nature genetic basis for resistance tolerance of fungal wilt diseases. *Advances in Botanical Research*, 21: 35-77.

Belabid L., Fortas Z, Dalli D, Khiare M., Amdjad D, 2000. Flétrissement et pourriture racinaire de la lentille dans le nord-ouest Algérien. , *Phytopathologie*, Institut d'agronomie, BP 763, Mascara, 29000 Algérie. *Cahiers Agricultures*.

Belabid L., 2003. La fusariose vasculaire de la lentille (*Lens culinaris* Med.) dans le Nord-Ouest Algérien : Morphologie et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Emend. S. H. f. sp. *lentis*(Vasud. & Srini.) en relation avec la répartition géographique et le pouvoir pathogène. Thèse de Doctorat, Université d'Oran.

Benzohra I.E., Megateli M. and Berdja R., 2015. Bayoud disease of date palm in Algeria:History, epidemiology and integrated disease management, 14(7): 542-550.

Bouznad, Z., M.E.H. Maatougui and M. Labdi, 1996. Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Algérie. In :

Les références bibliographiques

Proceeding du symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires, 11-14 Novembre 1996, Rabat (Maroc). Projet Mghrébin PNUD/RAB/91/007.

Bolton A.T., 1984. Root rot of *Ficus benjamina*. *Plant Dis*, 68: 816–817.

Bolwerk A., Lagopodi A.L., Wijfjes A.H.M., Lamers G.E.M., Chin-A-Woeng T.F.C., Lugtenberg

B.J.J., Bloemberg G.V., 2003. Interactions in the tomato rhizosphere of two *Pseudomonas* biocontrol strains with the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *MolPlant Microbe Interact*, 11:983–993.

Bulit J., Louvet J., Bouhot D., Toutain G., 1967. Recherches sur les fusarioses. I. Travaux sur le bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier en Afrique du Nord. *Ann Epiphyties*, 18, 231- 239.

Chaithra M. 2009. Studies on seed-borne fungal pathogens of Chickpea and their management with special reference to *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Master of Science (Agriculture. Department of plant pathology college of agriculture, dharwad university of agricultural sciences, Dharwad - 580 005

Corbaz R, (1990). Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes .Ed presses polytechniques et universitaires romandes. Suisse 275 .

Dean R. et al., 2012. « The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology », *Molecular Plant Pathology*, vol. 13, no 4, 414–430.

Di Pietro A., 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: 315-325.

Edel V., Steinberg C., Avelange I., Laguerre G and Alabouvette C., 1995. Comparison of three molecular methods for the characterization of *Fusarium oxysporum* strains. *Phytopathology*, 85: 579-585.

Fletcher J., Bender C., Budowle B., Cobb W.T., Gold S.E., Ishimaru C.A., Luster D., et al (2006). Plant pathogen forensics: capabilities, needs, and recommendations. *Microbiology.Molecule.Biology.Revue*.70: 450–471.

Fravel D., Olivain C., Alabouvette C., 2003. *Fusarium oxysporum* its biocontrol. *New Phytologist*, 157: 493–502.

Frederix M.J.J., Den Brader K., 1989. Résultats des essais de désinfection des sols contenant des échantillons de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. FAO/PNUD/RAB/88/024. Ghardaia, Algérie.

Les références bibliographiques

- Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., and Lorito M., 2004.** Trichoderma species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews of Microbiology*, 2:43-58.
- Haware, M.P., Nene, Y.L. and Rajeshwari, R. 1978.** Eradication of *Fusarium solani* f. sp. *ciceri* transmitted in chickpea seed. *Phytopath.*, 68: 1364-1367.
- Gerhardson B., 2002.** Biological substitutes for pesticides. *Trends Biotechnol*, 20: 338-343.
- Haware M.P., Nene, Y.L. and Rajeshwari R., 1978.** Eradication of *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* transmitted in chickpea seed. *Phytopathology*, 68:1364-1367.
- Haware M.P, Nene Y. L and Mathur S.B., 1986.** Seed-borne diseases of chickpea. Technical Bulletin, Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries.
- Huang C.C., Lindhout P., 1997.** Screening for resistance in wild *Lycopersicon* species to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersicirace* 1 and race 2. *Euphytica*, 93: 145–153. _
- Jimenez- Diaz R. M., Trapero-Casas A. Cabrera Dela Colina, J., 1989.** Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* infecting chickpea in southern Spain. *Vascular Wilt Diseases of Plants* Eds. Tjmos E. E. and Beckman, C.H., NATO ASI series vol. H28, Springer verlag, Berlin. 515-520.
- Jimenez-Gasco, M.M., J.A. Navez-Cortez & R.M. Jim'enez-D'iaz, 2004.** The *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*/C. *arietinum* pathosystem: A case study of the evolution of plant-pathogenic fungi into races and pathotypes. *Intern Microbiol* 7: 95– 104. Johnson C, Boden E, and Arias J.
- Joshi M, Srivastava R, Sharma AK, Prakash A. 2012.** Screening of Resistant Varieties and Antagonistic *Fusarium oxysporum* for Biocontrol of *Fusarium* Wilt of Chilli. *J Plant Pathol Microb* 3:134. doi: 10.4172/2157-7471.1000134.
- Kaur R., Kaur J. and Singh R. S., 2010.** Nonpathogenic *Fusarium* as a Biological Control Agent. *Plant Pathology Journal*, 9: 79-91.
- Landa B.B., Hervas A., Bethiol W., Jimenez-Diaz R.M., 1997.** Antagonistic activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Phytoparasitica*, 25 (4): 305–318.
- Lanier L., Joly P., Bondoux P. & Bellemère A. (1998).** *Mycologie et pathologie Forestière*, tome I (Mycologie forestière). Ed Masson. Hongrie 487.
- Lauchli L et Epstein E., 1990.** Plant response to saline conditions. In Tanji KK (ed), *Agricultural Salinity. Assessment and Management*. 113-137.

Les références bibliographiques

Lepoivre P. (2003) . Phytopathologie: Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Ed. De Boeck Supérieur. 432.

Leslie J.F., Summerell B.A.,2006. The Fusarium Laboratory Manual; Blackwell Publishing: Oxford, UK. Ltd, Iowa.p. 109.

Meulemans M, (1989). Champignons phytopathogènes in traité de phytopathologie (Semal J) . Ed Presses Agronomiques de Gembloux. Belgique 179 – 233.

Meyer A., Deiana J. & Bernard A. (2004). Cours de microbiologie générale. Journal Applied of Microbiology. 66 , 4:1523-1526.

Miguel A., Maroto J.V., San Bautista A., Baixauli C., Cebolla V., Pascual B., Lopez-Galarza S., Guardiola J.L.,2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of Fusarium wilt. Sci. Horti, 103: 9–17.

MOHAMMEDI Z., 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïde de quelques plantes de la région de Tlemcen, magistère Université Abou Bakar Bel Kaid Tlemcen, 105.

Nasraoui B., 2000. Champignons mitosporés Dans : Introduction a la phytomycologie: morphologie, biologie et systématique appliquée aux champignons phytopathogènes. Tunis, Tunisie, Centre de publication universitaire.155-183.

Nelson P.E., Toussoun T.A. and Marasas W.F.O.,1983. Fusarium species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, 193 pp.

O'Donnell K., Ward T.J., Robert V.A.R.G., Crous P.W., Geiser D.M., and Kang S.,201. DNA sequence-based identification of Fusarium: Current status and future directions. Phytoparasitica, 43: 583-595.

Pande S, Narayana Rao J and Sharma M, 2007. Establishment of the Chickpea Wilt Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* in the Soil through Seed Transmission. The Plant Pathology J. The Korean Society of Plant Pathology 23(1) : 3-6

Prabhu A V ., Khelfane k .&Bekal S . (1992). Compilation des maladies fongiques des plantes en Algérie . Ed office des publication Universitaire (OPU), Algérie . 85.

Schneider K.A., Grafton K.F., Kelly J.D., 2001. QTL Analysis of Resistance to Fusarium Root Rot in Bean. Crop Science, 41: 535–542.

Schultz t.p. et d.d. Nicholas. (2000). Naturally durable heartwood: évidence for the proposed dual défensive function of the extractives. Phytochemistry. 54: 47-52.

Annexes

Les références bibliographiques

- Seifert K.A., 2001.** Fusarium and anamorph generic concepts.15–28. In: Summerell B.A., Leslie J.F., Backhouse D., Bryden W.L., Burgess L.W. (eds): Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Smith I.M., J. Dunez D.H. Phillips R.A. Lelliott S.A. Archer eds.,1988.** European handbook of plant diseases. Blackwell Scientific Publications: Oxford. 583.
- Simon H. (1994).** La protection des cultures. Ed Lavoisier Tec et Doc .France .351.
- Sidhu G.S., Webster J.M.,1979.** A study of heterokaryosis and its influence on virulence in *Fusarium oxysporum lycopersici*. *Can. J. Bot*, 57: 548–555.
- Simons M., van der Bij A.J., Brand J., de Weger L. A., Wijffelman C.A., and Lugtenberg B.J.J., 1996.**Gnotobiotic system for studying rhizosphere colonization by plant growth-promoting *Pseudomonas* bacteria. *Mol. Plant-Microbe Interact*, 9:600-607.
- Snyder W.C. and Hansen H.N., 1940.**The species concept in *Fusarium*.*Am. J. Bot.* 27, 69.
- Thangavelu R., Palaniswami A., Velazhahan R.,2004.** Mass production of *Trichoderma harzianum* for managing *Fusarium* wilt of banana. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103: 259–263.
- Thrane U., 2001.**Developments in the taxonomy of *Fusarium* species based on secondary metabolites. In: *Fusarium*. (Eds. Summerell B.A., Leslie J.F., Backhouse D., Bryden to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1 and race 2. *Euphytica*, 93: 145–153.
- Toyoda H., Hashimoto H., Utsumi R., Kobayashi H. and Ouchi S.,1988.** Detoxification of fusaric acid by a fusaric acid“PGPR”. In Choudhary D.K. and Varma A. (eds): *Microbial-mediated Induced Systemic Resistance in Plants*, DOI 10.1007/978-981-10-0388-2_1.
- Verma M., Brar S.K., Tyagi R.D., Sahai V., Prévost D., Valéro J.R., Surampalli R.Y., 2007.** Benchscale fermentation of *Trichoderma viride* on wastewater sludge: rheology, lytic enzymes.
- Zaim S., Belabid L., Bayaa B., and Bekkar A.A.,2016.**Biological Control of Chickpea *Fusarium* Wilts Using Rhizobacteria .

Annexes

Annexe 01 : Diamètre de Croissance mycélienne (mm) de *Fusarium oxysporum* f spiciferien fonction de la concentration des huiles essentielles du *C.citatus* et *L.angustifolia*.

Concentration (%)	Diamètre de croissance mycélienne (mm)	Diamètre de croissance mycélienne (mm)
	<i>C.citatus</i>	<i>L.angustifolia</i>
C1 (1%)	0	0
C1	0	0
C1	0	0
C2 (0,5%)	0	0
C2	0	0
C2	0	0
C3 (0.25%)	0	0
C3	0	0
C3	0	0
C4 (0.05%)	0	30
C4	0	30
C4	0	31
C5 (0.01%)	84	85
C5	83	84
C5	83	83
T (0%)		85
T		85
T		85

Annexes

Annexe 02 : Nombre des spores en fonction de la concentration des espèces.

Espèce	Concentration (%)	Nombre des spores.
L.angustifolia	C4 (0,05%)	19
	C4	22
	C4	21
L.angustifolia	C5 (0,01%)	48
	C5	51
	C5	53
C.citratus	C4 (0,05%)	29
	C4	33
	C4	30
Témoin	T1 (0%)	98
	T2	95
	T3	89

Annexes

Annexe 03 : Nombre des spores germées en fonction de la concentration des espèces.

Concentration (%)	Nbr de spores germées	
	C.citratus	L.langustifolia
C1 (1%)	0	0
C1	0	0
C1	0	0
C2 (0,5%)	0	0
C2	0	0
C2	0	0
C3 (0.25%)	0	0
C3	0	0
C3	0	0
C4 (0.05%)	0	2
C4	0	4
C4	0	3
C5 (0.01%)	3	5
C5	5	7
C5	4	5
T (0%)	14	
T	17	
T	15	