



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

# 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

**Effet fongicide testé in vitro de deux huiles essentielles formulées de *Lavandula officinalis* et l'*Eucalyptus globulus* comparé à un fongicide chimique homologué à l'égard de deux souches de *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris (Foc).**

Soutenu le : 13/09/2015

Présenté par :

**ZEHAR Hania**

**MOUASSI Dalal**

Devant le jury :

Président : Mr/Mme : **KHOUDOUR AbdImalek**: M .A.A - Université de BBA

Encadrant : Mr/Mme : **ZIOUCHE Sihem**: M.A.B -Université de BBA

Examineur: Mr/Mme : **MOUTASSEM Dahou** : M .A.A - Université de BBA

Année Universitaire : 2014/2015

## Annexe 1

### Fiche technique du fongicide étudié

**Matière active :** Hexaconazole 50/1

**Formulation :** Suspension concentrée

**Famille chimique :** Triazole

**Formule chimique :**  $C_{14}H_{17}N_3O_4$

**Activité :** Fongicide systémique, il est à la fois préventif et curatif. Il est actif sur un grand nombre de champignons parasites (Basidiomycètes, Ascomycètes, Deutéromycètes) rencontrés en grandes cultures, vignes, cultures arboricoles et légumières.

## Annexe 2

**Tableau 1 :** Diamètre des colonies de mycélium (cm) sous l'effet de l'huile essentielle de la lavande

Le FOC jaune						
La date	T	C1	C2	C3	C4	C5
12-06-2015	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4
14-06-2015	0,8	1	0,8	0,8	0,9	0,6
16-06-2015	1,6	1,1	1,2	1,5	1,1	1
Le FOC blanc						
La date	T	C1	C2	C3	C4	C5
12-06-2015	1	0,6	0,7	0,5	0,4	0,5
14-06-2015	1,8	1,2	1,3	1	1,1	1,1
16-06-2015	2,4	1,6	2,1	1,6	1,5	1,5

**Tableau 2 :** Diamètre des colonies de mycélium (cm) sous l'effet de l'huile essentielle d'eucalyptus

Le FOC jaune						
La date	T	C1	C2	C3	C4	C5
12-06-2015	0,4	0,1	0,2	0,5	0,2	0,4
14-06-2015	0,8	0,7	0,7	0,9	0,6	0,7
16-06-2015	1,6	1	1	1	1	1
Le FOC blanc						
La date	T	C1	C2	C3	C4	C5
12-06-2015	1	0,5	0,3	0,8	0,4	0,4
14-06-2015	1,8	1,5	1,3	1,2	1,4	0,7
16-06-2015	2,8	2,3	1,9	1,8	2	1,6

**Tableau 3 :** Diamètre des colonies de mycélium (cm) sous l'effet du produit chimique

La date	T blanc	FOC blanc	FOC jaune	T jaune
12-06-2015	1	0,4	0	0,4
14-06-2015	1,8	0,9	0	0,8
16-06-2015	2,4	1,3	0	1,6

**Tableau 4 :** Taux d'inhibition du FOC d'H E de la lavande

Les concentrations	%Foc blanc	%Foc jaune
C1	24,5	35,7
C2	37,5	32,1
C3	32,1	14,2
C4	32,1	35,7
C5	51,5	25

**Tableau A5:** Taux d'inhibition du FOC d'H E de l'eucalyptus

Les concentrations	%Foc blanc	%Foc jaune
C1	34,6	3,5
C2	21,1	10,7
C3	40,3	0
C4	42,3	7,1
C5	40,3	28,5

### III .1. Évaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux et du fongicide de synthèse sur isolats fongique choisi

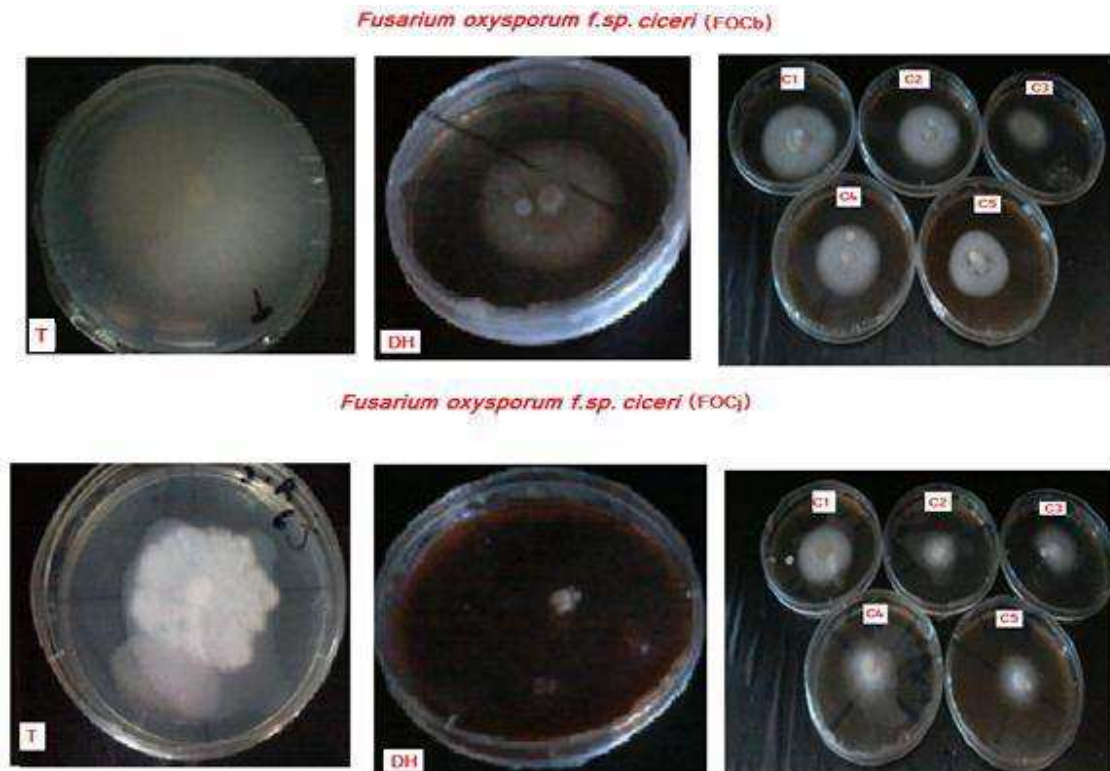
#### III .1.1 Activité antifongique de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sur les souches tests (FOC blanc et FOC jaune)

L'étude du pouvoir antifongique de l'extrait de l'huile essentielle formulée issu de la lavande (*Lavandula officinalis*) a été évaluée in vitro sur deux isolats fongiques de *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris (FOC), en utilisant la méthode d'activité volatile.

Il apparaît d'après le tableau III.1 et la figure III.1., que l'extrait de l'huile essentielle formulée de l'espèce étudiée (*Lavandula officinalis*) et le fongicide chimique (Hexaconazole) ont eu des activités variables sur les souches pathogènes testées et se sont révélés efficace sur les isolats fongiques étudiés, se traduisant par une inhibition de la croissance mycélienne du champignon phytopathogène qui varie selon la souche fongique, le type de traitement et la concentration.

**Tableau III.1 :** Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des deux souches fongiques étudiées de *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris (FOC) sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* et un fongicide chimique appliqués

Traitement	HE de la lavande					Fongicide
Concentration	C1	C2	C3	C4	C5	DH
FOC blanc	25	38	32	32	52	50
FOC jaune	36	32	14	36	25	100



**Figure III.1.** :Pouvoir antifongique de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* fongicide chimique vis-à-vis *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* (FOC) représentés par l'inhibition de la croissance mycélienne (**ORIGINALE, 2015**).  
(T : témoin, C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%)

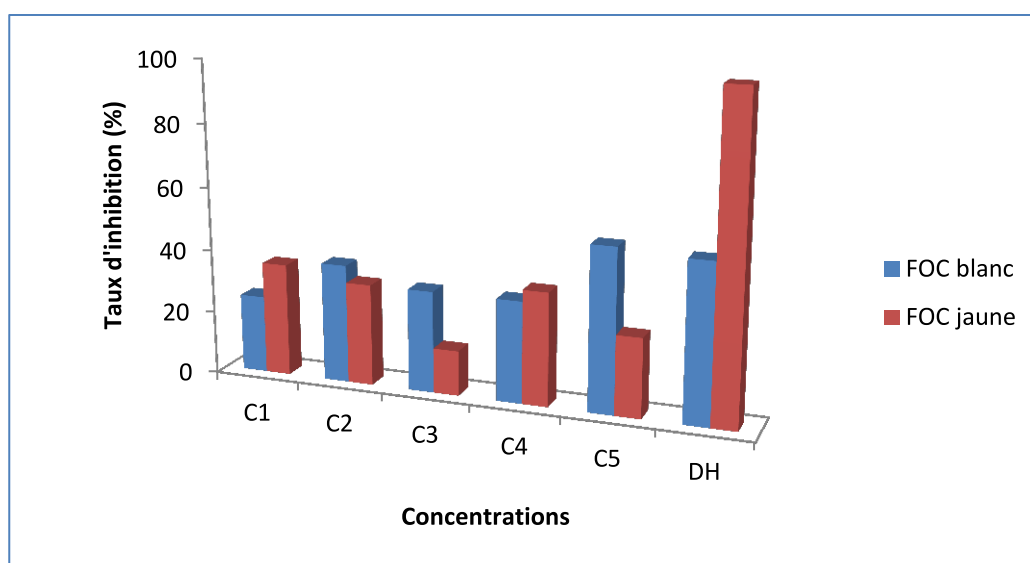
### III.1.1.1 Taux d'inhibition de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune)

Les taux d'inhibition de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* à différentes concentrations et le fongicide chimique (Hexaconazole) à la dose homologuée vis-à-vis des deux souches testées de *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceris* (FOC blanc et FOC jaune) sont consignés dans la figure III.2.

L'huile essentielle formulée ainsi que le fongicide chimique ont eu des activités variables sur les souches pathogènes testées. Le FOC blanc est la souche la plus sensible à l'huile essentielle formulée étudiée. Les différentes concentrations appliquées ont donné des taux d'inhibition proche de 40% sauf la boîte de pétri contenant une concentration de 0,5% qui a révélé un taux d'inhibition supérieur à 50%.

Concernant le FOC jaune, l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* a donné des taux d'inhibition inférieurs à 40% pour des différentes concentrations 0,02% ; 0,05% ; 0,1% ; 0,2% jusqu'à 0,5%. Les concentrations C1 et C4 ont enregistré un taux d'inhibition similaire (36%) qui est le plus efficace contre cette souche par rapport autres concentrations.

Quant au fongicide appliqué, les deux souches sont révélés sensible avec une inhibition totale (100%) pour le FOC jaune et une inhibition de 50% pour le FOC blanc.



**Figure III.2.** : Taux d'inhibition de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune)

(DH : Dose homologuée du fongicide, C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%)

### III.1.2 Activité antifongique de l'huile essentielle formulée de *Eucalyptus globulus* et le fongicide chimique sur les souches tests (FOC blanc et FOC jaune)

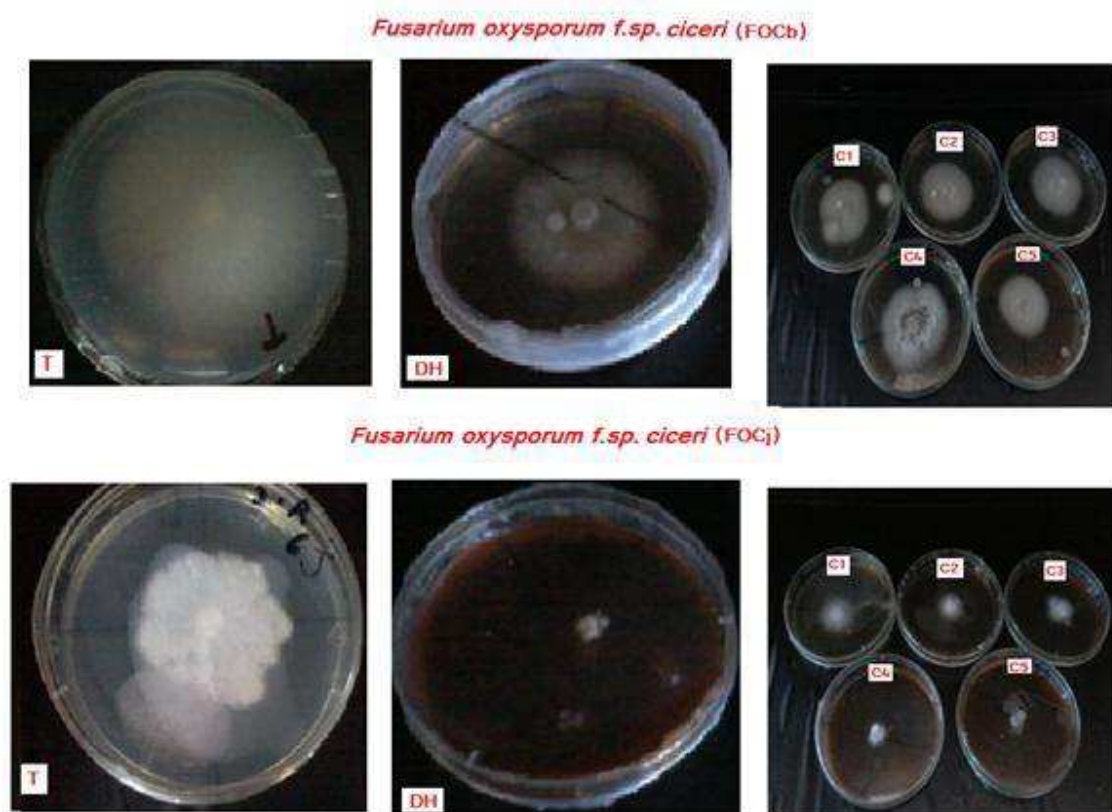
L'étude du pouvoir antifongique de l'extrait de l'huile essentielle formulée issu de l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) a été évaluée in vitro sur deux isolats fongiques de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FOC), en utilisant la méthode d'activité volatile.

Il apparaît d'après le tableau III.2 et la figure III.3, que l'extrait de l'huile essentielle formulée de l'espèce étudiée (*Eucalyptus globulus*) et le fongicide chimique (Hexaconazole) ont eu des activités variables sur les souches pathogènes testées et se sont révélés efficace sur les isolats fongiques étudiés, se traduisant par une inhibition de

la croissance mycélienne du champignon phytopathogène qui varie selon la souche fongique, le type de traitement et la concentration.

**Tableau III.2 :** Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des deux souches fongiques étudiées de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FOC) sous l'effet de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* et un fongicide chimique appliqué

Traitement	HE de l'eucalyptus					Fongicide
Concentration	C1	C2	C3	C4	C5	DH
FOC blanc	35	21	40	42	40	50
FOC jaune	3,5	11	0	7,1	29	100



**Figure III.3. :** Pouvoir antifongique de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* et le fongicide chimique vis-à-vis *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FOC) représentés par l'inhibition de la croissance mycélienne (**ORIGINALE, 2015**).

(T : témoin, DH : Dose homologuée du fongicide, C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%)



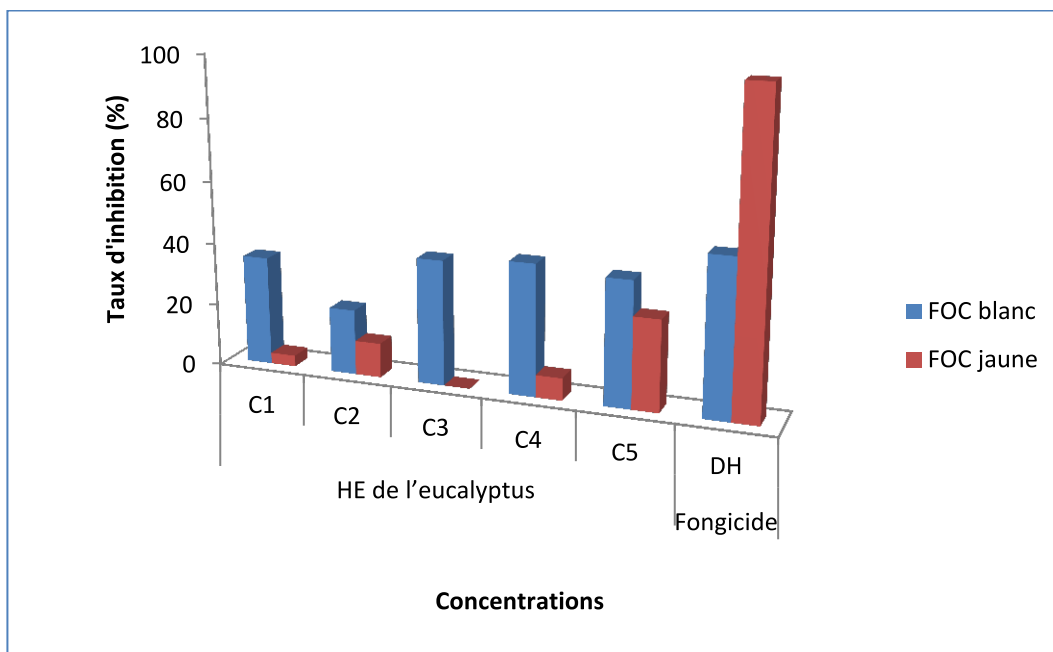
**III.1.2.1 Taux d'inhibition de l'huile essentielle formulée d'Eucalyptus globulus à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune)**

Les taux d'inhibition de l'huile essentielle formulée d'Eucalyptus globulus à différentes concentrations et le fongicide chimique (Hexaconazole) à la dose homologuée vis-à-vis des deux souches testées de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (FOC blanc et FOC jaune) sont consignés dans la figure III.4.

L'huile essentielle formulée ainsi que le fongicide chimique ont eu des activités variables sur les souches pathogènes testées. Le FOC blanc est la souche la plus sensible à l'huile essentielle étudiée. Les différentes concentrations appliquées ont donné des taux d'inhibition qui varient de 20 à 40 %, le d'inhibition taux le plus marqué est celui de la concentration C4 (42%).

Concernant le FOC jaune, l'huile essentielle d'Eucalyptus globulosa donné des taux d'inhibition inférieur à 30% pour les différentes concentrations avec 0% d'inhibition pour C3, inférieur à 10% pour la C1 et 11% pour la C2 et enfin, la C5 est la concentration qui a révélé un taux d'inhibition le plus important qui est proche de 30%.

Quant au fongicide appliqué, les deux souches sont révélés sensible avec une inhibition totale (100%) pour le FOC jaune et une inhibition de 50% pour le FOC blanc



**Figure III.4.** : Taux d’inhibition de l’huile essentielle formulée d’Eucalyptus globulus à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune)

(DH : Dose homologuée du fongicide, C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%)

### III.2. Étude comparée de l’activité fongicide des huiles essentielles formulées de Lavandula officinalis et Eucalyptus globulus

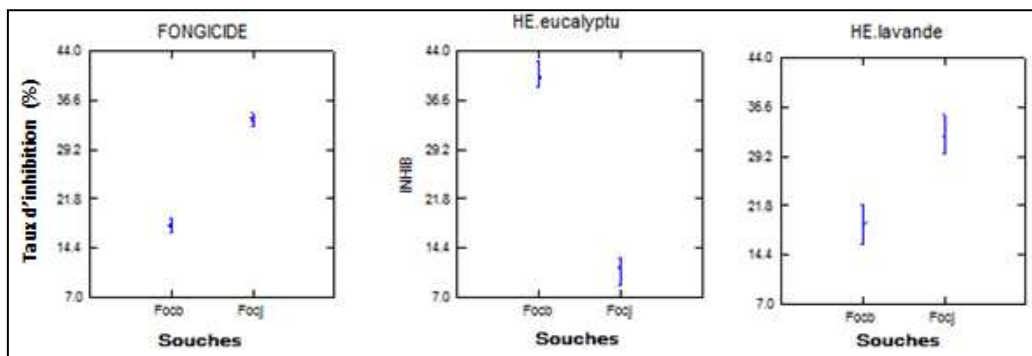
Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à étudier la variation temporelle (à 2 , 4 et 6 jours) des taux d’inhibition de la croissance mycélienne des différentes souches phytopathogènes en fonction des différentes concentrations des huiles essentielles formulées de Lavandula officinalis et Eucalyptus globulus appliquées et à la dose homologuée du le fongicide chimique (Hexaconazole). L’ensemble des résultats d’analyses est consigné dans le Tableau III.3 et la figure III.5.

**Tableau III. 3** : Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur la croissance mycélienne.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Traitements	432,876	1	432,876	9,933	0,003*
Souches	955,044	3	318,348	7,305	0,001**
Concentration	6117,101	2	3058,550	70,185	0,000***

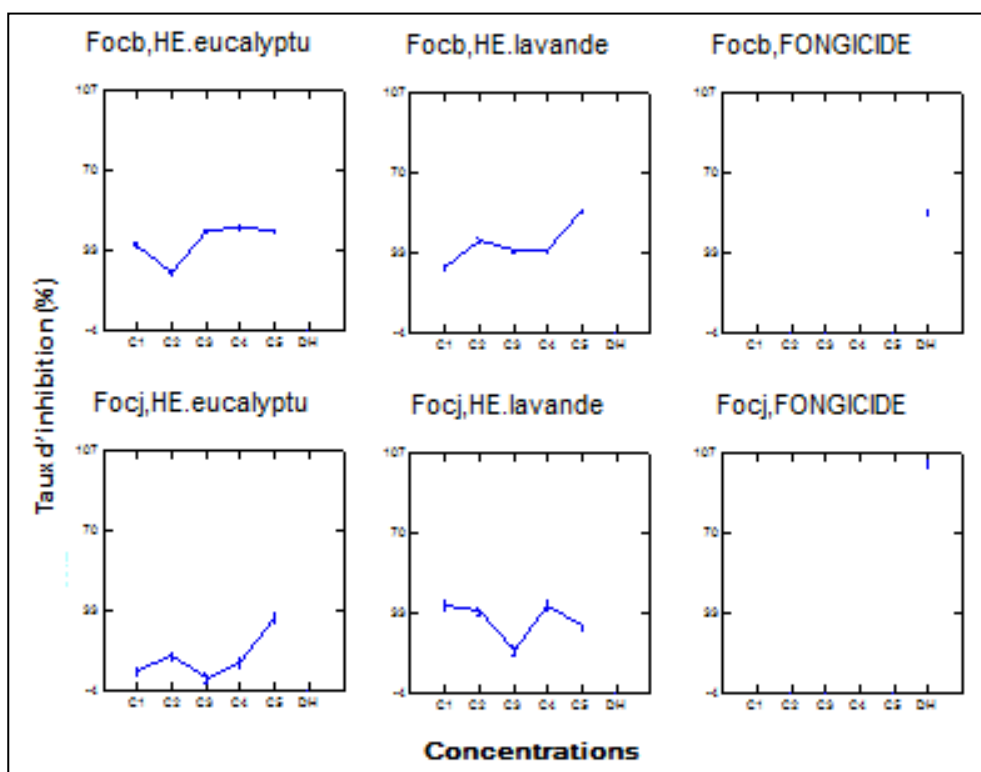
N.S.: non significative, \* : Probabilité significative à 5 % ; \*\* : Probabilité significative à 1 % ; \*\*\* : Probabilité significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus désigne que la nature biologique des matières actives présente un effet significatif sur la variabilité des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des différentes souches du champignon phytopathogène étudié (F-ratio=9,933 ;  $p=0,003$ ;  $p<0,05$ ). Par ailleurs, le facteur souche révèle une différence fortement significative sur les taux d'inhibition de leur croissance mycélienne (F-ratio=7,305 ;  $p=0,001$ ;  $p<0,05$ ). Le facteur concentration révèle l'existence d'une différence très hautement significative des taux d'inhibition de la croissance mycélienne avec les valeurs (F-ratio=55,816 ;  $p=0,000$  ;  $p<0,001$ ).



**Figure III.5 :** Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne deux souches phytopathogènes sous l'effet de l'activité fongicide des huiles essentielles formulées de *Lavandula officinalis*, *Eucalyptus globulus* et le fongicide chimique (Hexaconazole).

Les résultats obtenus de l'effet des deux huiles essentielles sur l'ensemble des souches du champignon étudié montrent que l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* enregistre un pourcentage d'inhibition plus important chez le FOC blanc soit ( $PI<50\%$ ) et génère une action inhibitrice moins importante sur le FOC jaune soit ( $PI<36\%$ ). À propos de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus*, cette dernière offre un taux d'inhibition plus faible chez le FOC jaune soit ( $PI<30\%$ ) et montre que du FOC blanc présente une nette sensibilité à l'égard de cette molécule avec un taux d'inhibition supérieur à 40%. Enfin, le fongicide chimique le taux d'inhibition été total (100%) pour le FOC jaune et 50% pour le FOC blanc (Figure III.6).



**Figure III.5 :** Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne deux souches phytopathogènes sous l'effet de l'activité fongicide des huiles essentielles formulées à différentes concentrations de la *Lavandula officinalis*, l'*Eucalyptus globulus* et fongicide chimique.

(DH : Dose homologuée du fongicide, C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%)

### III.3. Discussion générale

Les plantes sont capables de produire des substances naturelles très variées. En effet, en plus des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), elles synthétisent et accumulent perpétuellement des métabolites secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source immense de molécules exploitables par l'homme dans des domaines aussi distincts que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou encore en agriculture dans le cadre de la phytoprotection (AUGER et THIBOUT, 2002 ; HADDOUCHI et BENMANSOUR, 2008).

Actuellement, les extraits bruts des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Les extraits

végétaux font l'objet d'études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématicides et fongicides (YAKHLEF, 2010).

Dans le présent travail, l'activité antifongique des espèces végétales étudiées (*Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus*), constitue une étude préliminaire sur la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt pesticide.

Les résultats des tests du pouvoir fongicide sont intéressants du fait qu'ils constituent une première initiative de recherche sur des plantes aromatiques médicinales d'intérêt agronomique. Ces résultats ont montré une efficacité élevée entre les différents extraits en relation avec la nature de l'extrait (biologique et chimique) et sa concentration (C1 : Concentration à 0,02% ; C2 : Concentration à 0,05% ; C3 : Concentration à 0,1% ; C4 : Concentration à 0,2% ; C5 : Concentration à 0,5%). Ces résultats préliminaires expliquent et confirment que les plantes étudiées possèdent des propriétés biocides appréciées.

Toutefois, il est à signaler une différence d'action entre les extraits considérés qui pourrait être expliquée par une diversité de composition chimique et une dissemblance quantitative et qualitative entre les deux espèces végétales. D'une manière générale, la différence d'action entre les deux espèces végétales a été significative. Cela peut être expliqué par le fait que cette différence d'action obtenue dans cette présente étude est par le fait que les plantes produisent des métabolites secondaires spécifiques qui appartiennent à certaines classes connues pour avoir ce type d'activité telles que; les composés phénoliques et les terpénoïdes (STAVRIANAKOU et al., 2005).

Les extraits des huiles essentielles formulées à différentes concentrations de *Lavandula officinalis*, *Eucalyptus globulus* ainsi que le fongicide chimique ont montré un fort pouvoir antifongique sur les deux souches étudiées, donnant des résultats en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne compris entre 0% et 52%.

Cependant, il s'est avéré que les deux l'huiles essentielles étudiées (la lavande et l'eucalyptus) ont eu des activités variables sur les souches fongiques testées. Cette activité antifongique est due probablement au type et à la structure moléculaire des composants actifs présents dans l'HE. Ainsi in vitro, une activité antimicrobienne plus élevée des terpènes oxygénés en comparaison des terpènes hydrocarbures a été observée

(OH et al., 1967; GRIFFIN et al., 1998; DORMAN et DEANS, 2000; COX et al., 2000).

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 l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus*, ce qui explique l'activité de cette dernière sur les deux souches du champignon phytopathogène, phénols (1,8 cinéole, carvacrol, octanol, ..) des alcools, ( $\alpha$ - 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 d'huile de la lavande et qui sont : l' $\alpha$  pinène,  $\beta$  pinène, P cimène et 1,8 Cinéole. Ces composants sont présents dans l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* avec la prédominance de 1,8 cineole avec une concentration de 13.25%. Le linalool qui est un composant majeur de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* est connu par son activité antifongique (SVOBODA et HAMPSEN, 1999). D'après DORMAN et DEANS (2000), quelques composés aromatiques possèdent des activités fongistatiques dont certains sont des composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* (le Limonène,  $\beta$  pinène et le comphor).

Certains composants de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* sont connus par leurs effets fongicides comme carvacrol, et linalol (DORMAN et DEANS, 2000),

ce qui explique l'effet fongicide de cette huile vis-à-vis les deux souches étudiées de *Fusarium oxysporum* f.sp.cicier.

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 (**DO AMARAL et al., 1998;EVANS et MARTIN, 2000; CASTILLEJOS et al., 2006**). Ceci a été évident dans notre étude, on a remarqué que le taux d'inhibition a été augmenté avec l'augmentation des concentrations des huiles essentielles formulées de *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus*.

Certains champignons sont plus résistants vis-à-vis de l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* par rapport aux autres. Dans notre étude l'huile essentielle formulée de la *Lavandula officinalis* a présenté des effets différents sur les deux souches avec un taux d'inhibition plus important chez le FOC jaune par rapport au FOC blanc. Contrairement à l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus* qui a enregistré une efficacité meilleur chez le FOC blanc par rapport au FOC jaune. **MAGAN et OLSEN (2004)** ont montré l'existence de cette différence de sensibilité à l'huile entre différentes espèces appartenant aux mêmes genres et entre les diverses structures fongiques du même genre: spores, sclérotés et fragments mycéliens.

## I.1. Les champignons phytopathogènes

### I.1.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes

Les champignons encore appelés fungi ou Mycètes constituent un phylum à part entière parmi les eucaryotes, ils sont responsables de près de la moitié des maladies connues à ce jour chez les plantes cultivées (**LE POIVRE, 2003 et BOIRON, 2005**).

Les champignons sont des microorganismes appartenant au règne des Fungi ou Eumycota, pluricellulaires ou unicellulaires (levures). Ils possèdent une paroi cellulaire chitineuse, ils sont à caractères hétérotrophes, ubiquistes possédant un noyau défini avec une membrane nucléaire et des chromosomes associés à des histones (**SEMAL, 1993 ; BOUCHET et al., 1999 et BOIRON, 2005**).

Les filaments mycéliens formant les thalles peuvent être organisés en cellules, ce sont les hyphes rencontrés chez les formes les plus évoluées (Septomycètes qui regroupent les Ascomycètes et les Basidiomycètes), ou présentent une structure coenocytique, ce sont les tubes ou siphons, qui se rencontrent chez les champignons inférieurs (Phycomycètes, Zygomycètes et Trichomycètes) (**ROBERT et CATESSON, 2000**).

Les filaments ou les hyphes s'associent pour former le mycélium, ces hyphes restent généralement indifférenciés et organisés. Seuls quelques groupes fongiques sont capables de produire certaines structures différenciées de leurs filaments végétatifs (vésicules, chlamydo-spores, boucles ou des sclérotés) (**BOUCHET et al., 1999 et BOIRON, 2005**).

### I.1.2. Les différents mécanismes de parasitisme chez les champignons phytopathogènes

Les mécanismes de parasitisme chez les champignons sont diversifiés. Certains de ces champignons sont des parasites biotrophes obligatoires, associés à leur plante hôte tout au long de leur cycle de vie (les agents des rouilles, de l'oïdium), tandis que d'autres parasites biotrophes facultatifs (les agents des charbons) n'infectent les plantes que pour accomplir une partie de leur cycle, généralement pour effectuer la reproduction sexuée (**SABBAGH, 2008**). De nombreux champignons sont



nécrotrophes, tuant les cellules hôtes grâce à leur batterie de gènes d'agressivité; toxines spécifiques ou non spécifiques, sécrétion d'enzymes lytiques, protéases et inhibiteurs de protéases. Ils peuvent ainsi récupérer les nutriments sur les débris de la structure végétale (**SABBAGH, 2008**). Cependant, il existe aussi de nombreux champignons appelés héli-biotrophes qui utilisent une combinaison de stratégies. Ceux-ci adoptent d'abord une infection biotrophique et par la suite causent des dommages plus importants et la mort des cellules au fur et à mesure que l'infection progresse et la sporulation commence (**DICKINSON, 2003**).

Les mécanismes biochimiques impliqués dans le pouvoir pathogène sont regroupés en fonction de l'étape du cycle infectieux où ils interviennent, c'est-à-dire; adhésion et pénétration, reconnaissance par la plante hôte, colonisation et sporulation (**DICKINSON, 2003**).

### **I.1.3. Cycle parasitaire des champignons phytopathogènes**

#### **I.1.3.1 Adhésion des spores et pénétration dans la plante**

Les spores fongiques véhiculées par l'eau, la pluie ou le vent, arrivent à la surface des plantes. Dès leur premier contact, les spores adhèrent fortement à la surface de la plante. Après leur adhésion, les spores germent et émettent des tubes germinatifs qui parcourent la surface de la plante en la modifiant à l'aide d'enzymes de dégradation des parois végétales telles que ; les protéases, les pectinases dont les plus produites les endo et exo-polygalacturonases, pectine lyases, polyméthyl- galacturonases ; les cellulases et les cutinases (**DEISINGH et al., 1992**). Ce processus d'adhésion des spores dure 30 minutes chez la plupart des champignons phytopathogènes (**DICKINSON, 2003**).

Dans la plupart des cas, les hyphes mycéliens issus de la germination des spores, différencient rapidement un organe de pénétration appelé l'appressorium (**EMMET et PARBERY, 1975**). Cette différenciation dépend de nombreux stimuli externes comme la présence de surfaces hydrophobes ou des topologies particulières (stomates, poils, etc...) (**HGCH et al., 1987; HOCHH et STAPLESR, 1991 et LEE et DEAN, 1993**).

## I.1.3.2. Spécificité de l'hôte et reconnaissance par la plante hôte

La plupart des champignons ne sont capables d'attaquer qu'un petit nombre de plantes ou de cultivars. Les interactions entre la plante et le champignon intervenant dans cette spécificité à lieu dans les premières cellules infectées, juste après la pénétration. La spécificité de l'hôte de certains champignons dépend de leur capacité à produire des toxines sélectives (ANONYME, 2007). Ces toxines sécrétées pendant et après la phase de pénétration ne sont toxiques que pour la plante-hôte du champignon phytopathogène (WALTOJN et PANACCIONE, 1993).

## I.1.3.3. Colonisation de la plante-hôte

Lorsque le champignon échappe au système de reconnaissance de la plante, il peut continuer sa progression dans les tissus. Au cours de cette phase, le champignon est en condition de déficience nutritionnelle. Le champignon doit aussi faire face aux réactions de défense qu'il a lui-même déclenché lors de sa progression dans la plante. Certains champignons sont ainsi capables de détoxifier les composés fongitoxiques produits par la plante comme les phytoalexines ou les protéines PR (pathogenenesis related). Cette étape de reconnaissance plante-champignon est primordiale pour le succès de l'infection, car seuls les champignons qui n'auront pas été reconnus par les nombreux gènes de résistance de la plante pourront continuer leur processus infectieux. Cette reconnaissance fait intervenir d'une part un gène de virulence du champignon et d'autre part un gène de résistance de la plante c'est le type de relation dite « gène pour gène » (DE WIT, 1992).

## I.1.3.4. Sporulation

L'étape finale du cycle infectieux correspond au moment où le champignon différencie ses organes de reproduction asexuée ou sexuée, et libère des spores qui dissémineront la maladie (DICKINSON, 2003). La propagation des champignons de plante à plante est généralement réalisée grâce à la transmission des spores. Cette étape de dissémination des spores fongiques peut être effectuée sur de longues distances par le vent et les courants d'air, ou bien, elles peuvent être déposées dans le sol et rester viables mais inactives jusqu'au déclenchement de la germination, qui se fait souvent par le biais de la détection de la présence de plantes hôtes potentielles dans l'environnement. Les cycles de vie des champignons et les différentes étapes produisant

des spores se font souvent par le biais de processus complexes et varient beaucoup entre les espèces (DICKINSON, 2003).

## I.1.4. Maladies fongiques dues aux champignons phytopathogènes et impact économique

Le nombre d'espèces fongiques est estimé à 1,5 millions dont environ 105 sont décrites (ANONYME, 2007). Parmi ces espèces connues, plus de 15 000 (soit 15% de toutes les espèces connues) sont responsables de maladies chez les plantes dont la majorité appartient à la classe des Ascomycota et Basidiomycota et seulement une centaine est pathogène pour l'homme et les animaux (HAWKSWORTH et al., 2001; DICKINSON, 2003 et HIBBETT et al., 2007). Les symptômes pouvant apparaître après attaque de champignons sont très variés: des pourritures, des nécroses, des flétrissements ou des Chloroses... (GUPTA, 2004 et SAMBAMURTY, 2006).

En agriculture, les pertes annuelles mondiales de récoltes dues aux maladies fongiques de pré et post récolte dépassent 200 milliards d'euros, et aux États-Unis seulement, plus de 600 millions de dollars sont annuellement dépensés aux fongicides pour les traitements des cultures attaquées (ARORA et al., 2004).

## I.1.5. La Fusariose

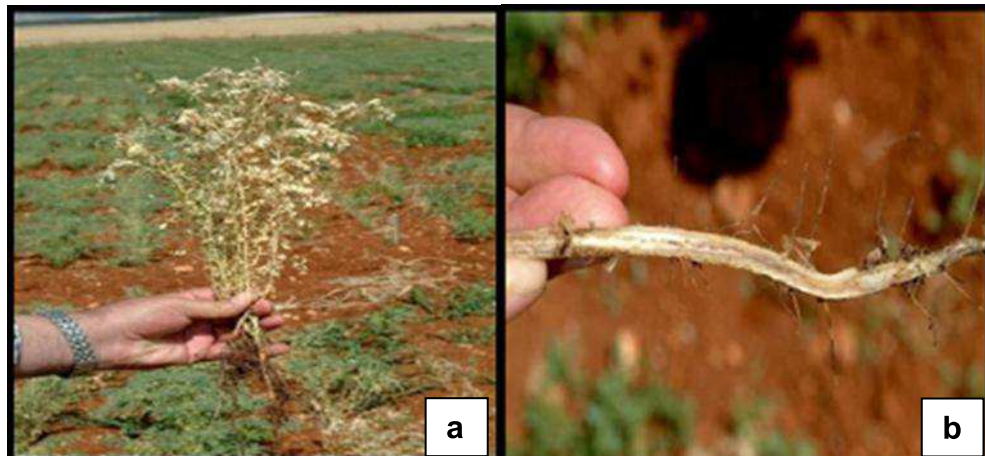
Plusieurs genres de champignons telluriques sont capables d'infecter les racines de plantes sauvages et cultivées et de causer des dégâts importants. Il s'agit notamment de Rhizoctonia, Verticillium et Fusarium; à ce groupe on peut ajouter des oomycètes tels que Phytophthora, Pythium et Aphanomyces. L'ensemble des ces microorganismes cause des maladies soit de pourriture racinaire soit de flétrissement dû à l'obstruction des vaisseaux conducteurs (AGRIOS, 2005). Les espèces de Fusarium provoquent de maladies qui entraînent des pertes économiquement importantes comme le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et du collet chez des plantes cultivées au champs et en serre (FRAVEL et al., 2003).

F. oxysporum Schlecht est un habitant du sol où il croit sur des débris de plantes ou survit en forme de chlamydospores. Les chlamydospores restent dormantes et immobiles jusqu'à la stimulation de la germination par des substrats organiques ou exsudats racinaires. Suite à la germination, il y a formation d'un mycélium. Si les

conditions sont favorables, le thalle produit des conidies (**SNYDER et HANSEN, 1940; BECKMAN et ROBERTS, 1995 et AGRIOS, 2005**). En présence d'une plante hôte, le mycélium envahit les racines suite à la pénétration de l'épiderme (**BECKMAN et ROBERTS, 1995**) et on observe le développement des symptômes de la maladie chez la plante. A côté des souches pathogènes, ils existent des isolats non pathogènes qui colonisent les racines des plantes sans induire des symptômes de maladie (**STOVER, 1970**).

L'espèce *F. oxysporum* peut infecter un grand nombre de plantes, souvent de façon très spécifique. Plus de 120 formae speciales et races ont été ainsi identifiées, basées sur leur spécificité d'hôtes (**ARMSTRONG et ARMSTRONG, 1981**).

Les symptômes causés par *F. oxysporum* se traduit par des chancres mous, brun foncé ou noirs, sur la tige, en général au niveau des nœuds ou des plaies. Ces chancres peuvent faire le tour de la tige dans les derniers stades de la maladie. Une tache brun foncé colore l'intérieur de la tige et peut s'étendre sur une longueur considérable (Figure. I.1). Sur les lésions, des structures de couleur cannelle ou orange pâle, minuscules (< 1 mm de diamètre), en forme d'ampoule (les périthèces) qui sont les fructifications du champignon pathogène. Les chancres de la tige entravent le passage de l'eau vers le haut de la plante, qui, mal irriguée, finit par flétrir et mourir (**BLANCARD, 2009**).



**Figure I.1.** : Dégâts et symptômes de *F. oxysporum* f. sp. *ceceris* (a : sur plant entier ; b : sur coup longitudinal de la tige) (CNNINGTON,2009).

c: Dégâts et symptômes de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* sur tomate (BLANCARD, 2009).

#### I.1.5.1. Taxonomie

Le genre *Fusarium* appartient au phylum des Deutéromycètes (champignons imparfaits), car la plupart des espèces étaient d'abord décrites sur la base de caractères morphologiques et une reproduction sexuée n'a pas été observée. Ces formes imparfaites (anamorphes) sont caractérisées par un mycélium septé et la production de conidies hyalines généralement unicellulaires sur des conidiophores libres; elles sont

classées dans le groupe des Moniliales (**LEPOIVRE, 2003**). De plus, *Fusarium* produit des macroconidies composées de 2 à plusieurs cellules. Leur forme recourbée typique avec une cellule apicale plus ou moins pointue est un des critères d'identification des représentants du genre; dans beaucoup d'espèces on observe une cellule basale en forme de pied (**SEIFERT, 2001**). La production de métabolites secondaires et notamment de toxines (mycotoxines et phytotoxines) est courante parmi les *Fusarium*, et le profil de ces composés peut être utilisé pour la classification des espèces (**THRANE, 2001**).

Ainsi, *Fusarium oxysporum* est considéré comme ascomycète bien que le stade sexuel doit être encore trouvé. Il est proposé d'être plutôt proche du groupe téléomorphe *Gibberella* que *Nectria* (**DI PIETRO et al., 2003** et **MICHELSE et REP, 2009**).

### **I.1.5.2. Biologie de *F. oxysporum***

Dans un milieu de culture solide, comme le milieu PDA, les différentes formes spéciales de *F. oxysporum* 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 la souche de *F. oxysporum* (ou forme spéciale). Si les sporodochiums (amas de conidiophores provenant d'un stroma ou masse d'hyphes) sont abondants, la culture apparaîtra couleur crème ou orange (**SMITH et al., 1988**).

C'est aussi le type de spore qui est observé plus fréquemment à l'intérieur des vaisseaux des plantes infectées. Les microconidies de *F. oxysporum* ont souvent la forme d'une virgule ou sont ellipsoïdales (**AGRIOS, 2005 ; NELSON et al., 1983**). Les macroconidies sont composées de trois jusqu'à cinq cellules, elles sont pointues et courbées jusqu'au bout. Ces spores peuvent être observés dans des sporodochiums à la surface des plantes qui ont été tués par le pathogène (**SCHIPPERS et VAN ECK, 1981 ; NELSON et al., 1983 et AGRIOS, 2005**). Les chlamydospores sont des spores rondes d'une ou deux cellules, entourées d'une paroi épaisse plus ou moins pigmentée. Elles sont observées au milieu des hyphes ou en position terminale, souvent en forme de paires, quelques fois en triplets et rarement en forme rassemblée (**NELSON et al., 1983 et AGRIOS, 2005**).

**I.2. Fusarium oxysporum f.sp.ciceris (FOC)****I.2.1. Historique :**

Fusarium oxysporum a été décrit pour la première fois par **MATUO et ISHIGAMI** en (1958) à partir d'une plante souffrant du flétrissement vasculaire *S.melongena* (Solanaceae). Tel que cité par plusieurs auteurs, l'agent causal responsable du flétrissement du pois chiche est *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* Snyder et Hansen (**NENE et al., 1978 ; HALILA et al.,1984 ; SHARMA et GUPTA,1983 et CABRERA et al.,1985**), signalé depuis 1910 (**ERWIN,1958**). Le diagnostic de cette maladie n'a été complété qu'en 1940 par Padwick (**PADWICK, 1940**). La maladie a été signalée en première lieu dans seulement 14 pays.

Les premières recherches sur cette maladie ont débuté en Inde et Myanmar dans les années 1940 puis en Mexique, des confusions dans l'identification du flétrissement du pois chiche ont été très réponsus jusqu'à que **NENE et al., (1981)** ont clarifié l'identification de FOC (**SINGH, 1987**). Actuellement, cette maladie a été rapporté dans au moins 33 pays (**SINGH et al., 2002**).

**I.2.2. Présentation et clés d'identification de FOC :**

Le filament mycélien de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (Hanz) Snyder et Hansen est hyalin, septé et un inoculé (**DICKINSON, 1932**), il provoque des dégâts systémique par pénétration dans les racines de la plante du pois chiche et obstruction des vaisseau Il bloque ou réduit le passage de l'eau et des éléments nutritifs vers les feuilles et cause le flétrissement vasculaire (**SHARMA et MUEHLBAUER, 2007**), ainsi le *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* est inféodé au genre *Cicer* (**KRAISER, 1994**). Le FOC se transmet par semence et par le sol (**KRAFT et al., 1994 et PANDE et al., 2007**) survie à travers les chlamydospores dans les grains et les débris des plantes mortes (**HAWARE et al., 1978**) et par conséquent il est difficile de le contrôler par l'utilisation des produits chimiques et la rotation des cultures (**SHAH et al., 2009**). Reste en survie dans le sol en absence de son hôte pendant au moins 6 ans (**STEVENSON et al., 1995 et HAWARE et al., 1996**). L'instabilité morphologique de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* sur milieu de culture est un phénomène très commun (**NELSON et al., 1983 et HAWARE et al., 1978**).

Le genre *Fusarium oxysporum* peut être défini par les critères morphologiques, incluant la forme de la microconidie et macroconidie, la structure du conidiophore (fausse tête sur des phialides courts formés sur l'hyphe) et la formation de chlamydospores. Sur le milieu CLA (Carnation Leaf-piece Agar), les macroconidies de *Fusarium oxysporum ciceris* sont formées en sporodochie orange pâle qui naissent à partir de monophialides sur des conidiophores branchés et parfois sur des monophialides sur l'hyphe. La longueur des macroconidies est courte à moyenne, courbée à légèrement droite, à paroi épaisse et présentant souvent 03 septations. Les microconidies sont formés abondamment en fausse tête sur des monophialides courtes, ils peuvent être ovales, elliptiques ou réniformes et sont souvent sans septation (LESLIE et SUMMERELL, 2006).

Chez la plupart des isolats, les chlamydospores sont formées abondamment et rapidement (2 à 4 semaines), mais elle peut être lente (4 à 6 semaines) et parfois n'existe pas chez certains isolats. Les chlamydospores sont souvent unique ou en paires, mais peuvent être en groupe ou en petite chaîne. Ils peuvent être terminaux ou intercalaire. Sur milieu PDA, la morphologie des colonies varie largement. *Fusarium oxysporum* produit un pigment sur agar-agar, qui varie de claire au violet foncé, mais quelques isolats ne le produisent pas. Le mycélium peut être cotonneux, épars ou abondant, et varie de la couleur blanchâtre au violet. Les macroconidies sont produites en abondance. Des sclérotes marron claire à bleu foncé ou violette peuvent être produite en abondance chez quelques isolas (LESLIE et SUMMERELL, 2006).

### I.2.3. Mécanismes d'infection et de colonisation

#### I.2.3.1. Mode d'infection

Le champignon peut survivre dans le sol sous forme de mycélium ou spore en absence de son hôte (AGRIOS, 2005). La chlamydospore est la forme dormante dans les tissus en décomposition. Le cycle de vie de *Fusarium oxysporum* (Figure 4.) commence dans le sol en présence de l'hôte. Le stimulus de la germination serait les racines de la plante hôte, en le contactant avec des débris non colonisés de la plante fraîche (DELGADO-JARANA, 2005). Le tube germinatif des spores ou du mycélium pénètre dans les racines de plantes saines cultivées dans un sol contaminé. L'entrée est soit directe, à travers les parois ou opportuniste (ABOUL-SOUD et al., 2004;



**AGRIOS, 2005; CUNNINGTON et al., 2009**). Le mycélium prend un chemin intercellulaire à travers le cortex, et entre dans les vaisseaux du xylème, dans lequel il se multiplie en causant les symptômes du flétrissement (**AGRIOS, 2005; ABOUL-SOUD et al., 2004**) (Figure I.2).

### **I.2.3.2. Mode de colonisation**

Après infection des racines de l'hôte, le champignon traverse le cortex et entre dans les tissus du xylème (**CUNNINGTON et al., 2009**). Généralement, le mycélium migre à travers la partie inférieure de la plante vers la tige et la couronne (**ABOUL-SOUD et al., 2004**), ensuite le pathogène se branche aux vaisseaux du xylème où le mycélium produit des microconidies (**ABOUL-SOUD et al., 2004 ; CUNNINGTON et al., 2009 et HALILA et al., 2009**), les microconidies se détachent et se transportent dans le système vasculaire (sève) via le flux de transpiration (**ABOUL-SOUD et al., 2004**). A ce stade les microconidies germent et le mycélium pénètre dans la paroi du vaisseau adjacent et il devient systémique dans les tissus de l'hôte (**CUNNINGTON et al., 2009**).

L'économie de l'eau des plants infectés est éventuellement compromis sévèrement par le blocage des vaisseaux conductrices par la germination des microconidies, le résultat est la clôture des stomates, flétrissement et mort des feuilles, suivie par la mort de la plante entière (**ABOUL-SOUD et al., 2004 ; CUNNINGTON et al., 2009 et HALILA et al., 2009**).

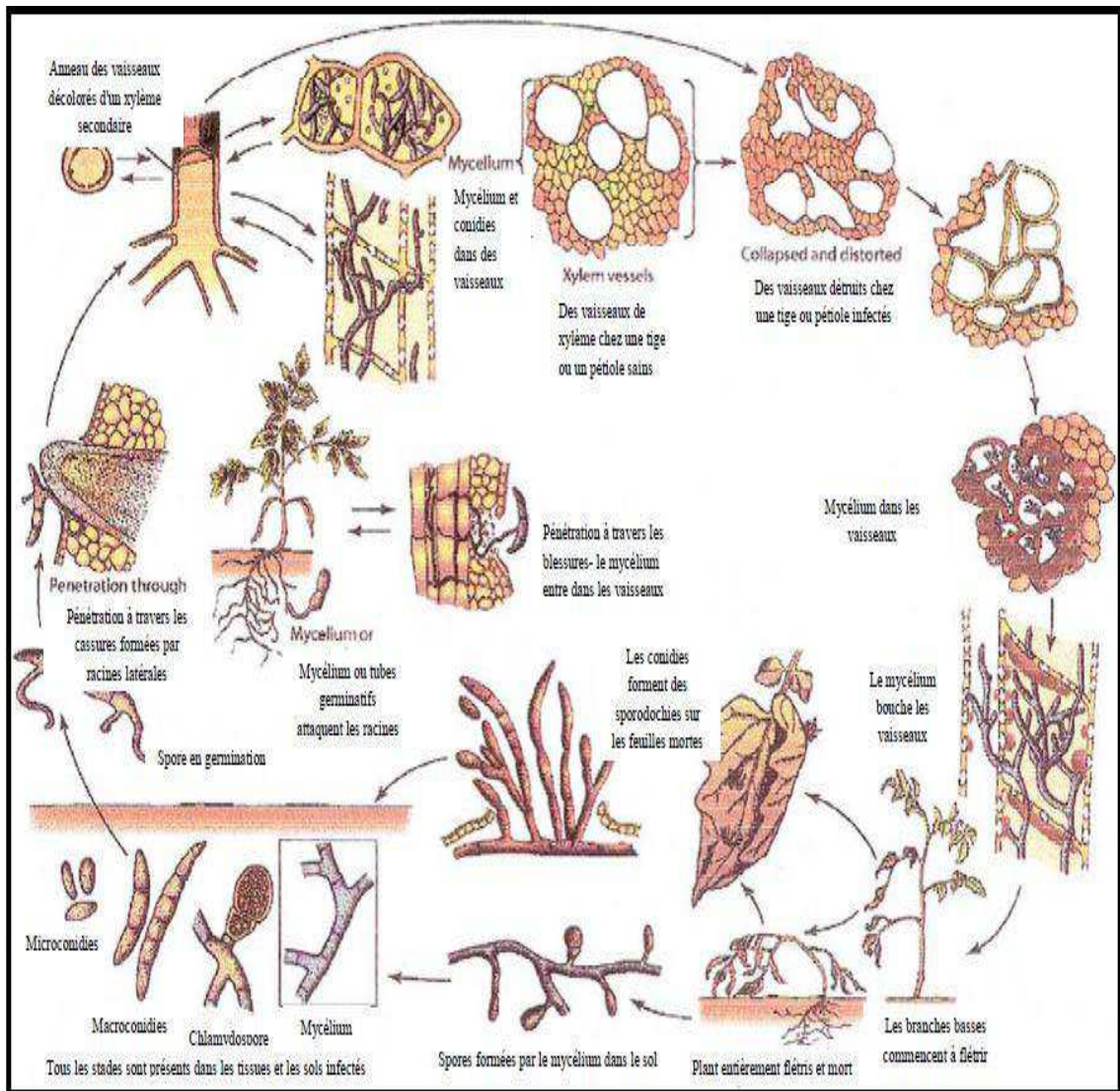


Figure I.2. : Cycle infectieux de *Fusarium oxysporum* (AGRIOS, 2005)

### I.3. Lutte contre les maladies et les dégâts chez les plantes

La protection des cultures de leurs ennemis constitue une question d'intérêt général qui requiert une organisation phytosanitaire supranationale capable de surveiller l'état des cultures. Le concept de lutte intégrée se réfère principalement à l'écologie, aux rapports existant entre les organismes vivants et leur environnement ainsi qu'à leur espace vital (VINCENT et PANNETON, 2001).

Les agriculteurs font appel à une lutte intégrée en combinant entre différentes techniques: prophylactiques, physiques, chimiques, génétiques et biologiques (PANNETON et al., 2000 et BAUDOIN et al., 2002).

## I.3.1. La lutte préventive

En agriculture, la lutte contre les maladies et les ravageurs des cultures se fait de manière préventive plutôt que curative (**BRUST et al., 2003**).

Les mesures préventives assurent une réduction importante de la dissémination de la maladie. La lutte prophylactique exige l'application de mesures prévenant l'introduction dans un pays ou une zone déterminée, de maladies ou de ravageurs nouveaux (la quarantaine) et de délivrer les certificats exigés pour la commercialisation des produits, après inspection des plantes (**LEPOIVRE, 2003**).

Les mesures préventives s'appuient aussi sur les techniques agronomiques éprouvées qui visent à créer simultanément des conditions défavorables pour les ennemis des cultures, telles que la rotation des cultures, l'hygiène, les pratiques culturales, la fertilisation raisonnée et le travail du sol (**DEGUINE et FERRON, 2005**).

### I.3.1.1. Les mesure de certification et de quarantaine

Les états peuvent mettre en place différentes mesures de protection phytosanitaire visant à empêcher l'introduction ou la dissémination de nouveaux agents pathogènes. Ces mesures sont établies par le pays importateur (**RAO et al., 2006**). Les règlements phytosanitaires peuvent notamment interdire les importations de plantes ou de produits végétaux appartenant à certaines espèces botaniques en provenance d'une zone géographique où un agent bioagresseur est présent (**LEPOIVRE, 2003**).

Les certificats phytosanitaires aident à s'assurer que le matériel végétal est exempt de parasites nocifs des plantes après une inspection dans le pays d'origine (**RAO et al., 2006**).

### I.3.1.2. L'hygiène

L'hygiène des cultures est extrêmement importante pour la lutte contre la plupart des maladies et ravageurs. Elle peut impliquer l'élimination et la destruction des résidus de culture, des plantes fortement infestées, des repousses provenant d'une récolte précédente et les plantes adventices (**EZZAHIRI et al., 2004**).

Sous serre, l'irrigation des plants doit être assurée au système de la goutte à goutte (**KLOPMEYER, 2002**). Ainsi, La qualité de l'eau est assurée par le biais des différents traitements (UV, chimiques ou thermiques) (**LEMAY et al., 2003**). Les systèmes d'irrigation doivent être nettoyés par des composés d'ammonium, de l'acide nitrique ou une solution d'hypochlorite (**LEMAY et al., 2003**). Les serres doivent être nettoyées à la fin de la saison par l'hypochlorite ou l'ammonium quaternaire et par un formaldéhyde (**KLOPMEYER, 2002**). Les agents pathogènes peuvent être transmis au matériel sain par les couteaux ou greffoirs contaminés et sécateurs lors de la préparation de matériel pour la multiplication végétative (**PALTI, 1981**). Les sécateurs et les outils de taille sont désinfectés entre les plantes, soit avec l'ammonium quaternaire, l'hypochlorite de sodium afin de prévenir la transmission d'agents pathogènes notamment les maladies vasculaires (**KLOPMEYER, 2002**).

### **I.3.1.3. La rotation**

La rotation culturale est une succession culturale correspondant à une alternance de cultures se suivent régulièrement, dans un ordre toujours identique, sur une parcelle (**MAZOYER et AUBINEAU, 2002**). La rotation des cultures en alternance avec des plantes résistantes à un agent pathogène, permet de limiter les épidémies (**RAIO et al., 1997 ; PORTIER, 2004**).

Pour des parcelles cultivées en permanence, la rotation constitue une bonne prévention contre certaines mauvaises herbes et maladies des racines, certains insectes et nématodes du sol. Par exemple, la rotation concourt à contrôler les adventices en faisant alterner des cultures à développement rapide et dense (pomme de terre) avec d'autres à développement spécial réduit. Les rotations de longue durée de céréales/cultures maraîchères diminuent l'effet des nématodes à galles sur les Solanacées, ces nématodes n'attaquant pas les céréales. La rotation sorgho/tomate selon le schéma sorgho-sorgho-sorgho-tomate permet une réduction sensible des attaques de *Meloidogyne* sur la tomate. De même, une rotation arachide/tomate permet de bien contrôler ce genre de nématodes (**PIERRARD, 1993**).

## **I.3.1.4. Le travail du sol**

L'enfouissement des débris végétaux permet de lutter contre les organismes telluriques comme *Rhizoctonia solani*, *Ventura inaequalis*, *Plasmopara viticola* et *Pseudomonas solanacearum* (N'DEYE, 1995).

Certains travaux du sol représentent un risque, car ils peuvent agir par la dissémination de l'inoculum le long des lignes de passage des engins agricoles et par la création de portes d'entrée aux parasites c'est le cas de *Clavibacter michiganense* et *Pseudomonas solanacearum* (JACKAI et ADALLA, 1997 et NDIAYE et DABO, 2007).

## **I.3.2. La lutte curative**

### **I.3.2.1. La lutte physique**

#### **I.3.2.1.1. Effet de la température sur les organismes vivants**

Le traitement thermique est un facteur qui permet de causer des blessures internes suffisamment sérieuses pour entraîner la mort de l'organisme cible (LAGUË et al., 2001). Pour la plupart des traitements à la chaleur, une augmentation de la température interne des organismes nuisibles de l'ordre de 50 à 100°C. ou plus pendant au moins 0.1 seconde, est suffisante pour provoquer un éclatement des cellules dû à la dilatation thermique du matériel intracellulaire ou encore à une congélation de certaines protéines cellulaires à des températures inférieures à 0°C (PELLETIER et al.,1995 et MORELLE, 1993).

De façon analogue, une diminution de la température de ces organismes sous le point de congélation provoquera des blessures similaires causées par la cristallisation du matériel intracellulaire (FERGEDAL, 1993). Plusieurs méthodes physiques sont utilisées en protection des plantes dont les plus pratiquées sont la solarisation et la thérapie.

#### **I.3.2.1.2. La solarisation**

La solarisation consiste à augmenter la température du sol en couvrant le sol avec une feuille de poly-éthylène transparente (0.1 mm d'épaisseur) pendant la saison chaude (MAISONNEUVE, et al., 2005 et DJIAN-CAPORALINO et al.,2009). La

solarisation est un phénomène hydrothermique, qui signifie que la teneur en eau du sol doit être élevée d'au moins 70% de la capacité d'hydrothermie, afin d'avoir un bon transfert de la chaleur aux organismes à contrôler. La solarisation est une pratique largement utilisée pour la lutte contre un spectre important d'agents pathogènes d'origine tellurique ainsi que des ravageurs (**PARTHASARATHY, 2008**).

Cette méthodes s'est avérée très efficace pour lutter contre les nématodes à galles, (*Meloidogyne* spp), les champignons phytopathogènes tels que : *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae* et *Fusarium solani*. D'autre part, il a été montré que pour les bactéries phytopathogènes, la solarisation a permis de réduire de plus de 72 % la population des espèces d'*Agrobacterium* spp.. Parallèlement, des graines de mauvaises herbes et de plantes parasites comme l'Orobanche ont été par la même réduites par cette pratique (**STAPLETON et DEVAY, 1982; PORTIER, 2004; PARTHASARATHY, 2008 et DJIAN-CAPORALINO et al., 2009**).

### I.3.2.2. La lutte chimique

Les traitements chimiques sont largement utilisés pour le contrôle des ennemis des cultures (**PANNETON, 2000**). Le chiffre d'affaire mondial des produits phytosanitaires avoisine les 23 milliards d'euros ; les parts respectives des herbicides, des insecticides-acaricides, et fongicides s'élèvent à 47%, 29% et 18% respectivement ; tandis que les antibiotiques antibactériens représentent moins de 1% (**LEPOIVRE, 2003**).

Dans un programme de protection intégrée, la lutte chimique raisonnée doit être appliquée seulement quand les populations d'un ravageur ou d'un agent pathogène deviennent très importantes ainsi que par le choix de pesticides les plus inoffensifs possibles pour les auxiliaires. Il convient également de respecter les doses prescrites, le mouillage pour une surface donnée, les délais d'emploi des produits avant récolte et d'alterner les familles chimiques de pesticides pour éviter les phénomènes d'accoutumance (**RYCKEWAERT et FABRE, 2001**).

**SHUKLA et al., (1981)**, ont conclu que le traitement des graines de pois chiche par cinq types de fongicides réduit l'incidence de la maladie avec un taux de 27,3%. **HAWAR et NENE, (1981)** ont rapporté que le traitement des graines du pois chiche par le Benomyl 30% et le Thiram 30% éradique complètement le pathogène. Le test de

neuf fongicides sur le FOC; Antracol, Benlate, Captan, Cobox, Dithane M-45, Benzène du Nitrate du Pentachloro (PCNB), Ridomil, Sancozeb et Trimiltox avec des doses variables (50, 100 et 150 ppm) montre l'efficacité complète de Benlate suivi par Dithane M-45, Sancozeb, Ridomil. Cependant, l'Antracol inhibe leur croissance mycélienne (AKRAM, 2004).

### I.3.2.3. La lutte génétique

L'amélioration des plantes en matière phytopathologique vise l'obtention de génotypes de végétaux qui présentent, avec l'agent considéré, un rapport d'incompatibilité (résistance) ou qui produisent adéquatement contre l'infection par l'agent concerné (tolérance) (LEPOIVRE, 2003).

Une des bases de l'agronomie moderne est la sélection des caractères d'intérêt pour améliorer la qualité des plantes cultivées. La sélection variétale peut s'effectuer par les méthodes classiques en tirant profit des lois de Mendel ou par marquage en utilisant l'outil moléculaire (REGNAULT-ROGER, 2005a).

Le développement de la biologie moléculaire et de la génétique ont permis des interventions efficaces dans le domaine de la résistance des plantes aux organismes pathogènes (PHILOGENE et al., 2005). Le génie génétique autorise la modification du génome d'un organisme par l'introduction de gènes provenant d'un autre organisme, conduisant à la biosynthèse de molécules (OGM) provoquant la résistance des plantes aux champignons, bactéries, insectes et nématodes (PHILOGENE et al., 2005). La technique de gestion principale pour la plupart des maladies des plantes est de développer des cultivars ou des hybrides qui possèdent une résistance génétique ou une tolérance à l'infection (ELLIS et al., 2008). A titre d'exemples, chez les champignons, le gène pm3b provenant du blé, confère la résistance à l'oïdium (*Blumeria graminis* f.sp. tritici) (SCHORI et MASCHER, 2007).

### I.3.2.4. La lutte biologique

La lutte biologique contre les maladies des plantes peut se produire grâce à des mécanismes biologiques qui sont généralement considérés comme l'antibiose, la compétition, le parasitisme, la résistance induite, l'hypo virulence et la prédation (PAL et al., 2006 et HAGGAG et MOHAMED, 2007). La lutte biologique est une méthode

complémentaire à la lutte chimique qui se base sur l'utilisation de microorganismes bénéfiques ou biopesticides d'origine microbienne permettant d'attaquer et de contrôler les agents phytopathogènes (champignons, bactéries, nématodes) (FRAVEL, 2005).

Un biopesticide d'origine microbienne est un organisme comme une bactérie, un virus, un champignon ou un protozoaire, utilisé pour contrôler une maladie ou un ravageur. La littérature rapporte de nombreux travaux réalisés à travers le monde en plein champ et sous serre pour le contrôle d'un certain nombre de maladies causées par des pathogènes telluriques, foliaires ou de post-récoltes (SARAVANAKUMAR et al., 2007). Chez la plupart de ces organismes biopesticides, l'activité antagoniste a souvent été associée à la production de métabolites secondaires (SILVA et al., 2001).

Parmi les microorganismes expérimentés avec succès, à l'égard des maladies d'origine tellurique, les *Pseudomonas* spp. fluorescents ainsi que les espèces non phytopathogènes appartenant au genre *Fusarium* (ARMSTRONG et ARMSTRONG, 1981 et BENCHABANE, 2005).

L'utilisation de biopesticides d'origine microbienne à l'égard de bactéries phytopathogènes a également donné des résultats très intéressants à travers le monde. C'est ainsi que la souche *K84 d'Agrobacterium radiobacter* a été utilisée, chez différentes espèces de Rosacées fruitières avec succès comme agent de contrôle biologique contre le crown gall (PENYALVER et al., 2000 et ALABOUVETTE al., 2005).

Pour les germes d'origine bactérienne, *Bacillus thuringiensis* (Bacillaceae, Gram positif), présente la capacité de synthétiser et excréter pendant la phase de sporulation, une inclusion cristalline composée de protéines spécifique  $\delta$ -endotoxine qui porte une propriété mortellement toxique pour de nombreux ordres d'insectes (Lepidoptera, Coleoptera et Diptera) (FARGUES et BOURGUET, 2005).

Un autre volet concernant les méthodes de lutte biologique est souvent l'utilisation de biopesticides d'origine végétale dans un programme de lutte intégrée, pour prévenir ou réduire les dégâts causés par les ennemis des cultures.



#### I.4. Les biopesticides d'origine végétale

En raison de la conjoncture actuelle, les biopesticides d'origine botanique sont appelés à un avenir meilleur, car la demande en produits phytosanitaires sans danger, de faible rémanence et qualifiés de produits verts est actuellement en hausse **(PHILOGENE et al., 2005)**.

Actuellement, on rapporte que 2121 espèces de plantes possèdent des propriétés de lutte antiparasitaire ; un total de 1005 espèces identifiées, présentent des propriétés insecticides, 384 avec des propriétés anti-appétissantes, 297 possédant des propriétés répulsives, 27 avec des propriétés attractives et 31 avec des propriétés de stimulateurs de croissance **(RANASINGH NIRAKAR, 2007)**.

Les composés secondaires des plantes sont réputés depuis l'antiquité pour leurs propriétés pharmacologiques et depuis quelques décades, l'homme s'intéresse également à leurs autres activités biologiques **(AUGER et THIBOUT, 2002)**. En particulier, ces composés secondaires sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre divers organismes comme les pathogènes et les ravageurs. Ces composés sont très nombreux et variés, et certains sont largement distribués, comme les alcaloïdes, les terpènes et les tanins, tandis que d'autres ont une répartition plus restreinte comme les composés soufrés **(AUGER et THIBOUT, 2002)**.

Les molécules du métabolisme secondaire des plantes appartiennent à des familles chimiques très diverses telles que les alcaloïdes, les phénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les stéroïdes **(BENAYAD, 2008)**.

D'autres substances secondaires des plantes, les phytoecdystéroïdes représentent une classe particulière **(MARION-POLL et al., 2002)**. On en connaît actuellement plus de 200 représentants différents **(DINAN et al., 2001)**. Ce sont des analogues des hormones de mue des insectes et ils peuvent participer à la défense de plantes contre les invertébrés et arthropodes phytophages. L'effet toxique du 20-hydroxyecdysone sur les espèces d'insectes est observé à 2-25 ppm **(BLACKFORD et DINAN, 1997)**. Parmi les 3000 espèces végétales étudiées, 5 à 6 % contiennent des ecdystéroïdes en quantités significatives ce qui signifie plus de 50ng/g de poids sec **(DINAN, 2001)**. L'activité biologique des phytoecdystéroïdes a été testée sur une grande variété d'insectes

(DINAN, 1989). Des études ont également démontré que phytoecdystéroïdes ont un effet sur la croissance et la reproduction des insectes (**MONDY et al., 1997**).

Les substances soufrées des végétaux montrent de multiples activités pesticides qui peuvent les destiner à de nombreuses applications phytosanitaires. Les effets toxiques des *Allium* spp. et de leurs composés soufrés sont connus depuis longtemps chez les bactéries pathogènes à l'homme mais aussi sur les végétaux (**AUGER et THIBOUT, 2002**). Ainsi, les extraits d'*Allium* ont une action sur de nombreux insectes, nématodes, bactéries et champignons (**CABIDOUCHE et al., 2005**). Plusieurs bactéries sont sensibles à divers *Allium* spp. et leurs extraits (**GRAINGE et AHMED, 1988**). En effet, *Erwinia carotovora* et *Agrobacterium tumefaciens* sont sensibles à *Allium tricoccum*, *Allium cernuum* et *Allium sativum*. Par ailleurs, *Allium sativum* agit sur plusieurs espèces de *Pseudomonas* spp. et de *Xanthomonas* spp. (**AUGER et THIBOUT, 2002**).

Les effets toxiques des *Allium* sur les champignons ont été étudiés surtout sur les champignons pathogènes à l'homme. Plusieurs travaux se sont intéressés aussi aux champignons phytopathogènes *Alternaria tenuis*, *Aspergillus niger*, divers *Fusarium*, dont *Fusarium oxysporum*, *Fusarium poae*, ou *Verticillium albo-atrum*, qui sont sensibles à l'oignon et l'ail, alors que *Phytophthora infestans* est sensible à *Allium tuberosum* (**AUGER et THIBOUT, 2002**).

Le nombre très important de molécules sémiocchimiques existant dans le monde végétal, ainsi que leur facilité de synthèse ; moins compliquée et moins coûteuse à fabriquer que les phéromones, en font des substances largement utilisées en agriculture biologique. Leur utilisation est répandue pour un très grand nombre de cultures certifiées, aussi bien céréalières, légumières, de plantes aromatiques et médicinales et de plantes ornementales (**ROYAL, 2000**).

Les extraits végétaux ont surtout été employés pour le contrôle des phytophages ravageurs de cultures. Ainsi, parmi les substances végétales les plus couramment utilisées au cours de ces dernières années sont les huiles essentielles.

## I.4.1. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatiles, isolées des plantes par hydrodistillation ou par expression mécanique (**KALEMBA et KUNICKA, 2003**). Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'herbes, d'écorces, de bois, de racines ou de fruits (**Burt, 2004**), mais également à partir des gommages qui s'écoulent du tronc des arbres.

L'hydrodistillation reste le moyen le plus employé pour produire les huiles essentielles, en particulier à des fins commerciales (**BURT, 2004**). Les métabolites secondaires sont extraits des plantes par un entraînement à la vapeur d'eau. Le volume d'huile essentielle récupéré dépend du rendement de distillation, qui est variable, chez une même plante, en fonction de la saison (**GONNY et al., 2004**). Les huiles essentielles peuvent aussi être obtenues par expression à froid, comme pour les agrumes. De nouvelles techniques, permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression (**SANTOYO et al., 2005**) ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes (**KIMBARIS et al., 2006**).

Les huiles essentielles constituent des substances ayant des spécificités qui les ont fait utiliser depuis longtemps en pharmacie, parfumerie, industrie agroalimentaire et industrie chimique (**ROYAL, 2000**). Ces substances sont connues pour être douées de propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydantes, et antiparasitaires. Plus récemment, on leur reconnaît également des propriétés anticancéreuses (**VALNET, 2005**).

Plus récemment il a été démontré que de nombreux constituants terpénoïdes d'huiles essentielles végétales sont toxiques au contact, pour un large éventail d'insectes et peuvent être utilisés comme insecticides d'origine végétale (**MUHANNAD et al., 2002**). Un nombre important de composés chimiques sont connus. De ce type, les plus puissants figurent le thymol, extrait de thym (*Thymus vulgaris*, Lamiacées), la pulégone, extraite de menthe pouliot (*Mentha pulegium*, Lamiacées) et l'eugénol, extrait du clou

de girofle (*Eugenia caryophyllus*, Myrtacées) (ISMAN, 2002 et REGNAULT-ROGER, 2005b).

### I.4.2. Activités biologiques des huiles essentielles

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. (LAHLOU, 2004).

#### I.4.2.1. Activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant de ces huiles est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de ce pouvoir (RICHARD, 1992).

Lorsque l'on parle d'activité antioxydante, on distingue deux sortes selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne autocatalytique de l'oxydation (MULTON, 2002). En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que la complexation des ions métalliques ou la réduction d'oxygène... etc (MADHAVI et al., 1996).

Des études de l'équipe constituant le Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) de l'INRS-IAF, ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit, yaourts...) où l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (CAILLET et LACROIX, 2007).

#### I.4.2.2 Activité antibactérienne

Du fait de la variabilité des quantités et des profils des composants des HES, il est probable que leur activité antimicrobienne ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire (CARSON et al., 2002).

De façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des HES sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules (**DAVIDSON, 1997**).

Le mode d'action des HES dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane (**COX et al., 2000; CARSON et al., 2002**).

Une inhibition de la décarboxylation des acides aminés chez *Enterobacter aerogenes* a aussi été rapportée (**WENDAKOON et SAKAGUCHI, 1995**). Les HES peuvent aussi inhiber la synthèse de DNA, ARN, des protéines et des polysaccharides (**COX et al., 1991**). Néanmoins, certains composés phénoliques de bas poids moléculaire comme le thymol et le carvacrol peuvent adhérer à ces bactéries par fixation aux protéines et aux lipopolysaccharides pariétales grâce à leurs groupes fonctionnels et atteindre ainsi la membrane intérieure plus vulnérable (**DORMAN et DEANS, 2000**).

### **I.4.2.3 Activité antifongique**

Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire (**LIS- BALCHIN, 2002**).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... Etant donnée la grande complexité de la composition chémotypique des huiles essentielles, malgré de possibles synergies certains auteurs préfèrent étudier l'effet d'un composé isolé pour pouvoir ensuite le comparer à l'activité globale de l'huile. Ainsi l'activité fongistatique des composés aromatiques semble être liée à la présence de certaines fonctions chimiques (**VOUKOU et al., 1988**).

Ils concluent que les phénols (eugénol, chavicol 4-allyl-2,6- diméthoxyphénol) sont plus antifongiques et que les aldéhydes testés (cinnamique et hydro cinnamique). Ils présentent également des propriétés fongistatiques très marquées. Les groupements méthoxy, à l'inverse, ne semblent pas apporter à ce type de molécules une fongitoxicité significative. Cette activité est estimée selon la durée d'inhibition de la croissance déterminée par simple observation macroscopique (**ULTREE et al., 2002**).

### Introduction

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes..). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement (**BENAYAD, 2008**). A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (**WMO, 1965**).

Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRALERT (Natural ProductsAlertDatabase), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimique(**SOEJARTO et FARNSWORTH, 1989**). Une étude réalisée par **BALICK et al., (1995)**, a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue phytochimique. Par conséquent, la voie reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la même de nouvelles molécules à effet bactéricide, nématicide, insecticide ou fongicide (**BENAYAD, 2008**).

### Objectifs

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative au « tout chimique » de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir (**REGNAULT-ROGER et al., 2005**).

L'intérêt du développement de nouvelles formulations à base d'extraits végétaux est dû à leurs avantages écologiques et environnementaux certains(**PANDEY et al., 1982**).

Ce présent travail a pour objectifs d'évaluer l'effet fongicide in vitro de deux bioproducts à base d'huiles essentielles formulés à savoir l'eucalyptus et la lavande comparé à un fongicide conventionnel.

### II.1. Description botanique du matériel végétal et activités biologiques des espèces choisies

Nous avons sélectionné deux plantes aromatiques. Ces espèces et leurs familles botaniques ont été déjà étudiées pour plusieurs activités biologiques incluant leur pouvoir anti-tumoral, anti-leishmanie, antibactérien, anti-inflammatoire, antioxydant et antiviral dans le domaine médical (BETANEUR-GALVIS et al., 2002).

#### II.1.1. La lavande :

L'huile essentielle de lavande est extraite de *Lavandula angustifolia* (ou *L. officinalis*), plante de la famille des Lamiaceae.



**Figure II.1.** : *Lavandula officinalis* (FERNANDEZ, 2003).

Le nom Lavande dérive du latin « lavare », qui signifie laver (CHU et KEMPER, 2001), appartenant à la famille des Labiées (FERNANDEZ, 2003).

La lavande est un arbrisseau buissonnant pouvant atteindre 1 m de hauteur. Les feuilles, linéaires et de couleur gris vert, ont une longueur variant entre 3 et 5 cm. Lors de la floraison la plante développe de longs pédoncules non ramifiés terminés par des épis dont la couleur varie du mauve pâle au violet (LIS-BACHLIN, 2002).

Selon QUEZEL et SANTANA (1963), la classification de cette plante est la suivante :

**Règne :** Plantes

**Sous règne :** plantes vasculaire

**Embranchement :** Spermaphytes

**Sous embranchement :** Angiospermes



**Classe :**Dicotylédones

**Sous classe :**Dialypétales

**Ordre :**Lamiales (Labiales)

**Famille :**Lamiaceées

**Genre :**Lavandula

**Espèce :**Lavandulaofficinalis

Le genre Lavandula se compose d'environ 28 espèces, qui sont dans la plupart d'origine méditerranéenne (**BARRETT, 1996 et MAGANGA, 2004**).

La Lavande a une longue histoire en usage médicinal, beaucoup de variétés sont cultivés autours du monde mais au moins cinq espèces différentes sont employées en médecine, elle a été employé par les romain et l'Afrique du nord pour parfumé les bains et entretenir le linge, l'armée romaine l'utilisé comme désinfectant, on dit que les égyptiens employé la fleur dans le processus de momification, dans la médecine chinoise traditionnelle, la lavande été utilisé pour traiter l'infertilité, l'infection, l'angoisse et la fièvre. La médecine arabe l'employé pour les problèmes des reins et stomachique. Aujourd'hui, la lavande est généralement utilisée dans la préparation des parfums, les savons les poudres de talc, les bougies parfumées, l'aromathérapie avec l'essence est recommandée pour traiter les déprissions, la fatigue, l'hypertension et stimuler l'appétit (**CHU et KEMPER, 2001**).

**CHU et KEMPER,(2001)** ont mis en évidence un effet insecticide de 2 espèces de lavande sur *Drosophilaauroria*. L'auteur rapporte que de nombreuses études (in vitro, sur animaux de laboratoire, sur humains) ont montré d'excellents résultats sur les poux, les puces...

**BURFIELDetREEKIE, (2005)** ont étudié l'activité insecticide de nombreuses huiles essentielles contre le vecteur du paludisme et font de nombreuses observations sur la lavande.La *Lavandulalanataa* été utilisée de tous temps comme produit répulsif contre les insectes.

### II.1.2. L'eucalyptus :

Il existe environ 300 variétés d'eucalyptus. La plante la plus communément distillée est l'eucalyptus commun, encore appelé gommier bleu (*Eucalyptus globulus*) (Figure II.2). L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* se compose essentiellement d'eucalyptol (environ 80%), mais se compose également d'alcool éthylique, d'alcool amylique, de divers aldéhydes, de camphène, d'eudesmol, de phellandrènes, de pinènes, d'aromadendrène. L'activité toxique par fumigation de l'eucalyptus a été testée sur un insecte adulte parasite des champignons (TRABOULSI et al., 2005).

Les eucalyptus forment un groupe très riche d'arbres du genre *Eucalyptus*, de la famille des Myrtaceae et qui regroupait jusqu'en 1995 le genre *Corymbia* (Nait Achor Khaled., 2012)

La classification classique de l'eucalyptus est comme suit : (Guignard, 2001)

<b>Règne :</b>	<b>Plantes</b>
<b>Sous-règne :</b>	<b>Tracheobionta</b>
<b>Division :</b>	<b>Magnoliophyta</b>
<b>Classe :</b>	<b>Magnoliopsida</b>
<b>Sous-classe :</b>	<b>Rosidae</b>
<b>Ordre :</b>	<b>Myrtales</b>
<b>Famille :</b>	<b>Myrtaceae</b>
<b>Genre :</b>	<b>Corymbia</b>



(Figure II.2. : Eucalyptus globulus (TRABOULSI et al., 2005).

Le genre Eucalyptus est originaire de Tasmanie en Australie. Il appartient à la famille des myrtacées, son nom a pour origine les mots grecs : **eu** « bien » et **Kaluptos** « couvert ». (MARIANI ET AL., 1981)

Les eucalyptus possèdent toute une gamme de mécanismes d'adaptation et ont une croissance rapide, c'est ce qui leur a permis d'être la première espèce ligneuse angiosperme de reboisement industriel dans le monde. Les plantations d'eucalyptus ont connu un développement rapide dans les zones chaudes du globe au cours des dernières décennies (BROWN A.G ET AL., 1999)

Comme les autres membres de la famille des Myrtacées, les feuilles d'eucalyptus sont couvertes de glandes à huile. L'abondante production d'huile est une caractéristique importante de ce genre. Grâce à sa composition chimique et à son principe-actif qui est le 1.8 cinéole, l'huile essentielles d'eucalyptus possède des vertus considérables, elle est très recherchée pour son action antiseptique et cicatrisante. Antibiotique naturel, elle est surtout utilisée pour soigner certaines maladies broncho-pulmonaires comme la grippe, la toux, la bronchite et la rhinopharyngite tandis qu'en dermatologie, on s'en sert pour traiter l'acné, entre autres. En outre, de nombreuses maladies gastro-intestinales peuvent également être soulagées par HEd'eucalyptus grâce à ces propriétés anti infectieuses et antibactériennes (CANDY G., 1977).

### II.1.3 Localisation et rôle des huiles essentielles dans la plante :

Les huiles essentielles sont contenues dans les éléments sécréteurs qui à leurs tours ont deux origines structurales (**CHAUMONT et PAQUIN, 1971**).

**II.1.3.1 structure externe :** Elle est représentée par des cellules sécrétrices incluses dans les glands ou dans les poils et leurs extrémités.

**II.1.3.2 structure interne :** Elle est représentée par des cellules sécrétrices incluses dans l'épiderme dans les rhizomes, ou encore dans les différents organes végétaux et des cellules sécrétrices modifiées poches, en sacs, en cavités, ou encore en tubes huileux.

L'huile essentielle d'une plante représente le liquide indispensable à la vie de la plante comme le liquide céphalo-rachidien dans le corps humain, (**SALLE et al., 1991**).

Malgré les travaux de plusieurs auteurs, le rôle des huiles essentielles reste encore malconnu. En général, elles sont considérées comme produits de déchet du métabolisme (produit secondaires du métabolisme) .Elles peuvent être insectifuges ou insecticides ou encore un moyen de défense vis-à-vis des prédateurs (micro-organismes , champignons ,herbivores) .Enfin .les rôles bactérien et cryptogamique des huiles essentielles ont été prouvés selon plusieurs auteurs notamment dans la prévention et la lutte contre les maladies des plantes Le rôle biologique des essences en particulier de certains terpènes aromatiques pourraient avoir une fonction énergétique «mis en réserve pendant le jour, ils seraient dégradés durant la nuit en acétyl-CoA» (**GUIGNARD et al., 1985**).

### II.1.4. Récolte et conservation du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude, comprend; l'eucalyptus et la lavande qui ont été récoltées au stade floraison, durant la période mi-février et mi-mars 2015. L'eucalyptus a été collecté de la région de Bordj Bou Arreridj contrairement à la lavande qui nous a été fourni de la région de M'sila. Le matériel végétal obtenu a été étalés sur du papier blanc et mis à sécher à l'air libre, à l'abri de lumière et d'humidité et à la température ambiante du laboratoire. Devenus secs, les échantillons sont conservée dans des sacs en papier au laboratoire à température ambiante et à l'abri de la lumière.

**II.2.Extraction des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont extraites des plantes par divers procédés dont l'entraînement à la vapeur d'eau et l'hydrodistillation (MARTEL, 1977 ; ESSERIC, 1980) et la pression mécanique à froid (NAVES, 1974 ; PARIS ET AURABIELLE, 1981 ; PERUT, 1986). Le choix de la méthode d'extraction dépend de la qualité recherchée et de la nature du matériel végétal à extraire.

Dans notre étude, l'extraction de l'huile essentielle a été réalisée par hydrodistillation des échantillons dans un appareil de type Clevenger (CLEVANGER, 1928). La distillation de 150 g de chaque échantillon découpés en morceaux de 3 cm environ dure trois heures après l'apparition de la première goutte de distillat à la sortie.

**Tableau 1** : Les Conditions opératoires de l'extraction des huiles essentielles par clevenger

Quantité de matière végétale sèche	150g
Quantité de l'eau distillée	1L
Température maximale	103C°
Temps d'extraction	3 heures



**Figure II.3.** Dispositif d'extraction par hydrodistillation des huiles essentielles à l'aide d'un appareil de type Clevenger (PERSONNELLE, 2015).

### II.2.1. Calcul du rendement

Les valeurs des rendements sont exprimées par rapport à la matière sèche (en ml/100 g de matière sèche). Le pourcentage de matière sèche est estimé par séchage de 5 g de chaque échantillon 4 heures à l'étuve à 102°C.

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter (CAREE P., 1953). Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R = P_B / P_A \times 100$$

**R** : Rendement de l'huile en%

**P<sub>B</sub>** : Poids de l'huile en g

**P<sub>A</sub>** : Poids de la plante en g

A cause de leur évaporation rapide, leur sensibilité à l'air et à la lumière, les huiles essentielles doivent être conservées dans des tubes en verre opaques et fermés hermétiquement à 4°C (SALLE et PELLETIER, 1991; VALNET, 2005).

### II.2.2. Préparation de la gamme de concentration des huiles essentielles

A partir des extraits des huiles essentielles obtenus et formulés des deux plantes étudiées, nous avons choisi d'effectuer la suite des analyses du pouvoir fongicide avec une gamme de concentrations pour l'évaluation de l'activité potentielle antifongique in vitro vis-à-vis de nos souches fongiques choisies. Les concentrations utilisées sont: 0,02% ; 0,05% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,5%.

Ces huiles ont été formulées en bioproduits par M<sup>r</sup> Moussaoui K. au laboratoire de phytopharmacie appliquée du département de l'université de Blida 1.

### II.3. Tests biologiques

Pour l'évaluation de l'activité antifongique des extraits des huiles essentielles formulés des plantes utilisées, nous avons réalisé des tests biologiques in vitro.

#### II.3.1. Étude du pouvoir antifongique in vitro des huiles essentielles

##### II.3.1.1. Les souches fongiques et milieux de culture

Le champignon utilisé dans cette étude a été fourni gracieusement par le laboratoire de phytopathologie de l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi (BBA). Les isolats fongiques utilisés dans cette étude sont celle du *Fusarium oxysporum* fsp. *Ciceris* qui est un agent phytopathogène causant des dégâts sur pois chiche.

Les isolats fongiques sont entretenus par repiquage sur le milieu nutritif PDA (Potato Dextrose Agar) à pH=6.5 à 7, favorable à leur croissance (JOHNSTON et BOOTH, 1983)

Les milieux de culture sont stérilisés à l'autoclave (20 minutes à 115°C.) et refroidis au bain Marie à 45°C, ensuite coulés sous forme d'une couche plus ou moins épaisse en boîte de pétri de 9 cm de diamètre (SATRANI et al., 2007), on dépose un disque au centre de chaque boîte pétri.

Les isolats fongiques sont purifiés afin de s'assurer de la pureté des souches à ensemer. Les clones purs sont par la suite mis en culture à l'incubateur à 27°C pendant 7 jours.

La croissance mycélienne a été évaluée tous les deux jours par la mesure de deux diamètres perpendiculaires de chaque colonie pendant 7 jours.

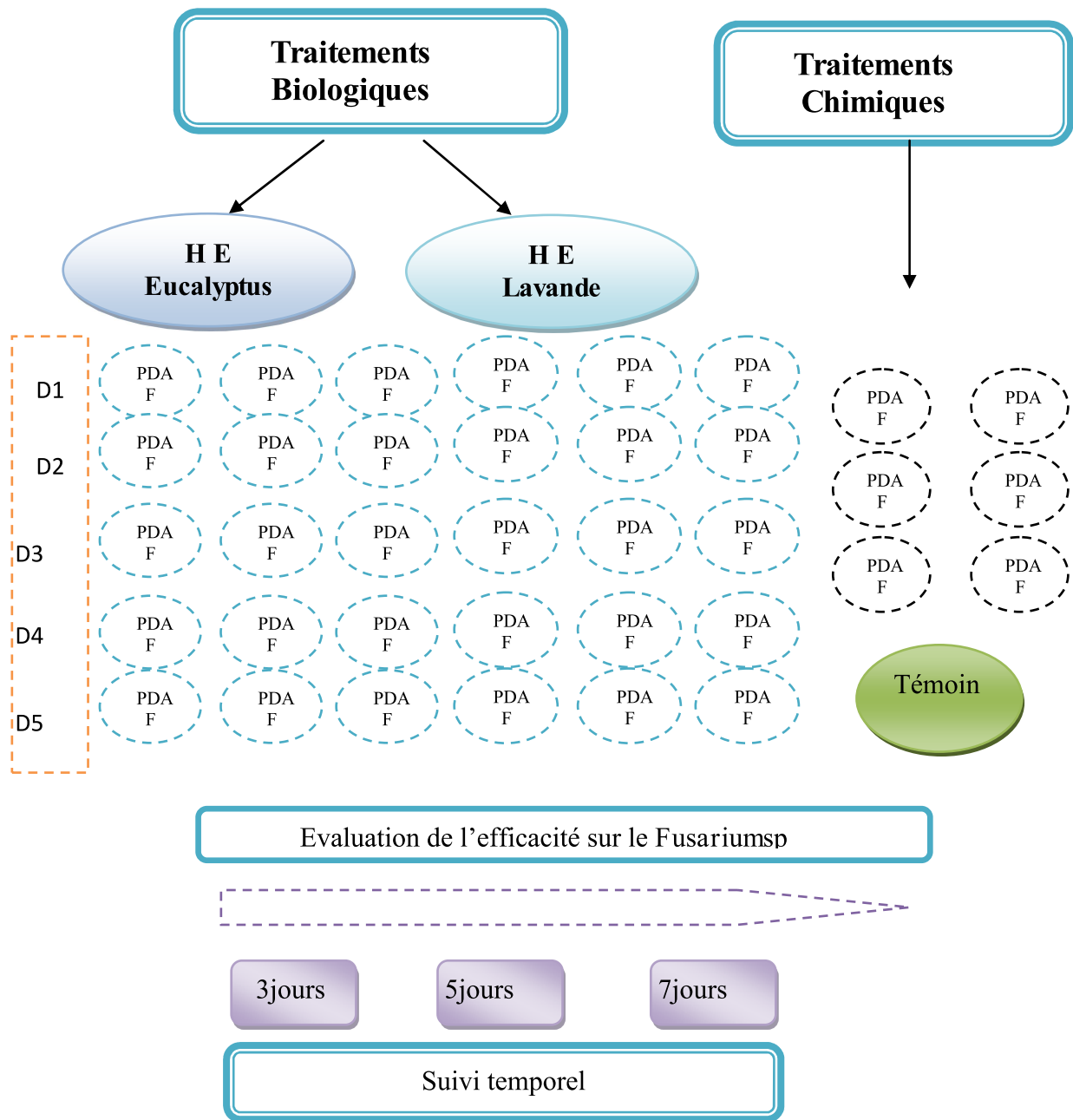
### II.3.1.2. Activité antifongique in vitro

L'activité antifongique vis-à-vis des deux souches du champignon cité précédemment a été déterminée par le test d'activité volatile ou volatile activity' (SHARMA et TRIPATHI, 2006 ; BAJPAI et al., 2007 et AL-REZA et al., 2010). Cette méthode consiste à déposer au centre de la boîte de pétri contenant le milieu de culture, un disque mycélien issu d'une culture fongique jeune découpé à l'aide d'un emporte pièces de 6 mm de diamètre (MISHRA et DUBEY, 1994 et KHALIL, 2001).

L'huile essentielle formulée a été diluée dans cinq volumes différents d'eau distillée stérile (0,02% ; 0,05% ; 0,1% ; 0,2% ; 0,5%). Les disques de papier wattman de 8mm de diamètre, préalablement stérilisé à l'autoclave (20 minutes à 115°C) sont d'abord imprégnés de l'huile essentielles selon les cinq dilutions puis déposés sur le couvercle retourné, à raison de 1 disque imprégné par couvercle (INOUYE et al., 2006; CHUTIA et al., 2009 et AL-REZA al., 2010). Les boîtes de pétri sont alors entourées avec du para film le long du bord pour éviter la diffusion des composés volatils de l'huile essentielle à l'extérieure. Le témoin consiste en des disques imprégnés avec le même volume d'eau distillée stérile. Chaque test est répété 3 fois.

Concernant l'application du fongicide chimique, nous avons procédé par la méthode de contact direct. Nous avons mélangé la dose homologuée du fongicide dans de l'eau distillé en agitant la solution, ensuite nous avons pris le volume nécessaire de la bouillie et on l'a ajouté directement au milieu PDA en agitant





**Figure II.4.:** Schéma récapitulatif de la logique des traitements biologiques et chimiques appliqués



Boîte de pétri ; **F** : Fusarium ; **PDA** : milieu de culture ; **HE** : huile essentielle

Les doses utilisées sont en nombre de 5 pour chaque formulation : La dose pure représentant 5%.

- ✓ D1 : dose à 0,02 % (0,08ml de 5% + 19,92ml d'eau distillée stérile)
- ✓ D2 : dose à 0,04 % (0,16ml de 5% + 19,84ml d'eau distillée stérile)
- ✓ D3 : dose à 0,1 % (0,4ml de 5% + 19,6ml d'eau distillée stérile)

- ✓ D4 : dose à 0,2 % (0,8ml de 5% + 19,2ml d'eau distillée stérile)
- ✓ D5 : dose à 0,5 % (2ml de 5% + 18ml d'eau distillée stérile)

La lecture de l'activité antifongique des huiles essentielles et celle du fongicide chimique vis-à-vis du champignon a été enregistrée en mesurant à l'œil nu le diamètre en mm. Les souches fongiques traitées présentant une faible croissance par rapport au témoin sont des isolats sensibles aux huiles essentielles.

La croissance radiale est exprimée en pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne en utilisant la formule décrite par **PANDEY et al., (1982)**:

$$PI = (D_C - C_T) / D_C \times 100\%$$

**PI** : Pourcentage d'inhibition de la croissance des champignons testés (%).

**D<sub>C</sub>** : le diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon non traité (eau distillée stérile) (mm).

**C<sub>T</sub>**: Le diamètre moyen de la croissance mycélienne du champignon traité (extrait pur ou dilutions) (mm).

#### **II.4. Analyses statistiques des résultats**

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (types de traitements, croissance en longueur, nombres de feuilles et périodes d'exposition), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale.

Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester.

Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7, (**SPSS 2009**).

## CONCLUSION GENERALE

Au cours des dernières décennies, l'attention portée aux effets secondaires des pesticides a profondément modifié la perception à l'égard des pesticides. Ils sont devenus, pour certains, des produits dangereux que l'on devrait bannir ou, au mieux, un mal nécessaire.

Ces conséquences écotoxicologiques plus contraignantes mènent à une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits phytosanitaires. Le concept de lutte intégrée se réfère principalement à l'écologie, aux rapports existants entre les organismes vivants et leur environnement ou leur espace vital. A l'origine, cette démarche visait la réduction du nombre d'interventions avec des pesticides tout en minimisant leurs effets secondaires. Par conséquent, le développement des futurs biopesticides d'origine végétale, est une méthode plus saine et écologique pour la protection des plantes (**GOTTLIEB et al., 2002**).

De ce fait, le travail entrepris dans ce mémoire avait pour objectifs d'analyser les effets fongicides de plantes aromatiques et médicinales à savoir *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus*. L'analyse de l'effet biopesticide a porté sur leur action sur deux souches d'un champignon phytopathogène du pois chiche *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*.

Les résultats de la présente étude portant sur l'évaluation du pouvoir antifongique des huiles essentielles formulées des plantes étudiées révèlent que ces plantes présentent des potentialités et pourraient être utilisées et exploitées avec succès pour la gestion des pathologies végétales. Ces maladies causées pour la plupart par des organismes classés dans la liste de quarantaine, entraînent des pertes considérables sur le rendement et la qualité des cultures et qui sont dans la plupart des cas incurables par voie chimique.

L'effet antifongique des traitements biologiques sont hautement significatifs selon l'espèce végétale, la concentration de l'extrait, ainsi que la souche testée, D'une manière générale, l'effet des deux huiles essentielles sur l'ensemble des souches du champignon étudié montrent que l'huile essentielle formulée de la *Lavandula officinalis* enregistre un pourcentage d'inhibition plus important chez le FOC

blanc soit (PI<50%) et génère une action inhibitrice moins importante sur le FOC jaune soit (PI< 36%). À propos de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus*, cette dernière offre un taux d'inhibition plus faible chez le FOC jaune soit (PI<30%) et montre que du FOC blanc présente une nette sensibilité à l'égard de cette molécule avec un taux d'inhibition supérieur à 40%. Enfin, le fongicide chimique le taux d'inhibition été total (100%) pour le FOC jaune et 50% pour le FOC blanc.

Ces résultats prometteurs ouvriront la possibilité de trouver de nouveaux pesticides naturels à base de végétaux, considérés comme mauvaises herbes ou plantes à des fins médicinales car elles sont méconnues, mais en vérité peuvent être source efficace dans la lutte contre les champignons et les bactéries phytopathogènes, les nématodes et les insectes très redoutables aux cultures.

Cette étude constitue une première étape dans la recherche de molécules biopesticides d'origine végétale, elle mérite d'être poursuivie par des études in planta pour confirmer leur activité.

Il serait intéressant de tester l'activité de ces extraits sur d'autres agents pathogènes et insectes ravageurs en particulier ceux listés de quarantaine qui constituent des organismes très redoutables comme par exemples ; *Phytoplasma ulmi*, *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*, *Xylella fastidiosa*, *Tilletia indica*, *Rhizoglyphus similis*, *Globodera rostochiensis*, *Tuta absoluta* et *Thrips palmi*.

Il serait aussi d'intérêt de rechercher et caractériser les matières actives existantes chez chaque espèce spontanée afin de les formuler et les utiliser comme produits stables. Ainsi, il va falloir réaliser une étude toxicologique avant l'application des extraits car des résultats de recherches ont montré que certains composés chimiques possèdent des toxicités chroniques, dermiques et des effets cancérigènes (**BRUNETON, 1999**).

Par ailleurs, il serait judicieux de tester ces espèces et d'autres par rapport à leur activité clinique sur des organismes pathogènes à l'homme.

### Introduction :

Les plantes faisant partie elles mêmes des ressources naturelles vivantes, sont aussi la source directe ou indirecte par le lien trophique de l'ensemble des êtres vivants sur la planète (êtres humains, bactéries, champignons,...). Elles exercent des fonctions écologiques et économiques très diversifiées; certaines espèces végétales constituent différentes sources industrielles, énergétiques et pharmaceutiques (**SPICHIGER et al., 2004**). Toutefois, les plantes sont attaquées non seulement par divers types de micro-organismes pathogènes, mais aussi par d'autres ennemis parmi lesquels; des mollusques, des nématodes, des acariens et des insectes. Elles peuvent développer des stratégies complexes et efficaces pour faire face aux pathogènes.

Les maladies affectant les plantes peuvent être d'origine fongique, virale ou bactérienne. Ces organismes attaquent toutes les parties de la plante et génèrent des symptômes très variés causant des dégâts sur les cultures et par conséquent des pertes agricoles. Le contrôle de ces maladies des plantes se doit d'être efficace en utilisant des méthodes de lutte conventionnelles représentées par les méthodes physiques, chimiques, génétiques et biologiques.

L'usage des pesticides est en constante augmentation à travers tous les pays du monde (**BOUZIANI, 2007**). Les phénomènes de résistance des agents phytopathogènes et des ravageurs aux pesticides ont conduit à utiliser des concentrations de plus en plus fortes de substances actives. Cette augmentation s'est révélée source de désordres écologiques qui ont été qualifiées « d'effet 4R » pour résistance, rémanence, réapparition et rupture des chaînes trophiques (**REGNAULT-ROGER, 2002**).

Face à ces profils toxicologiques et écotoxicologiques nettement importants constatés au cours de ces dernières décennies et qui sont liés à l'accumulation des résidus de pesticides, il était urgent de développer des méthodes de contrôle et de protection plus écologiques tout comme les approches alternatives complémentaires et innovantes. Cette démarche s'inscrit dans le cadre du développement d'une protection intégrée, raisonnée ou biologique telle que l'utilisation de biopesticides.

Les biopesticides occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie. Ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles. Ils sont

généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologiques classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites (**GIROUX et al., 1994 ; ROGER et al., 1995**). Les biopesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, nématodes et d'extraits de plantes. Récemment, l'acceptation de la médecine traditionnelle comme forme alternative de santé et le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques disponibles a mené des auteurs à étudier l'activité antimicrobienne des plantes médicinales (**NOSTRO et al., 2000**).

A cet effet, de nombreuses espèces végétales ont été répertoriées comme présentant une activité biopesticide sur une large gamme d'insectes phytophages, de bactéries, de champignons et de nématodes phytoparasites.

Dans ce contexte, la présente étude rentre dans le cadre de la recherche de la flore naturelle locale pouvant présenter des effets pesticides. Elle a pour objectifs de valoriser certaines plantes considérées habituellement comme plantes aromatiques médicinales et de mettre au point des méthodes de lutte intégrées peu coûteuses, compétentes et facilement utilisables par les agriculteurs.

Ce travail est basé sur l'étude de l'effet fongicide de deux huiles essentielles formulées *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus* en même temps qu'un fongicide chimique homologué. Les extraits des huiles essentielles formulées obtenus avec les différentes concentrations sont testés in vitro à l'égard deux souches de champignons phytopathogènes de *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris (FOC).

A travers notre démarche scientifique, nous cherchons à répondre à l'hypothèse suivante : Les huiles essentielles de deux espèces aromatiques *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus* présentent-ils une activité fongicide in vitro sur le champignon phytopathogène du pois chiche *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris (FOC) comparé à un fongicide de synthèse?

# DEDICACES

Je dédie ce travail

À ALLAH le Glorieux, le Haut et à son Prophète Muhammad, Paix et Salut sur  
Lui ainsi que

sur ses compagnons, sa famille et sur tous ceux qui s'investissent sur la voie  
droite avec

sincérité

*A la personne la plus chère au monde, à la source de tendresse et d'amour, à  
ma mère*

Farida et mon cher père Hocine pour tous ses sacrifices, symbole de patience  
avec tout mon

attachement. Merci pour ton soutien que Dieu te garde.

A mon marie Zerouati Merouane

A tout la famille Zehar, Zerouati et Benouadeh

A ma grand-mère Yamna et grand père Salah

Surtout à mes frère Abd El hafide, Abd El alli

A mes *sœurs* Amina et Aya

et tous mes cousins et mes oncles et mes tantes

A Mes Autres Amis

*Que mes amis nombreux pour les citer, trouvent ici l'expression de mes  
remerciements pour*

leur aide et encouragements lors de la préparation de ce mémoire,  
spécifiquement, Dalel, Imene, Abla, Rima, Sameh, Hanene, Nadia, Khayra,  
Merci Dalel de votre confiance pour avoir accepté de faire ce mémoire avec moi

**Hania**

# Dédicaces

Je dédie ce travail

À ALLAH le Glorieux, le Haut et à son Prophète Muhammad, Paix et Salut sur  
Lui ainsi que

sur ses compagnons, sa famille et sur tous ceux qui s'investissent sur la voie  
droite avec sincérité

A la personne la plus chère au monde, à la source de tendresse *et d'amour*, à  
ma mère

Aichouche et mon cher père Lakhder pour tous ses sacrifices, symbole de  
patience avec tout mon

attachement. Merci pour ton soutien que Dieu te garde.

A tout la famille Mouassi

A ma grand-mère Ome elkhire

Surtout à mon frère Houssine

*A mes sœurs* Rbiha , Malika, Razika, Aida,

A ma soeur Meriem , son mari et ses enfants Aya, Malek

A ma soeur Hayzia , son mari et ses enfants Sohayb, Haythem, Rihab

A ma soeur Dahbia, son mari et ses enfants Hanen, Oussama,

et tous mes cousins et mes oncles et mes tantes

A Mes Autres Amis

*Que mes amis nombreux pour les citer, trouvent ici l'expression de mes  
remerciements pour*

leur aide et encouragements lors de la préparation de ce mémoire,  
spécifiquement, Hania, Imene, Abla, Rima, Sameh, Hanene, Nadia, Khayra,  
Razika et kamir, Bochra

Merci Hania de votre confiance pour avoir accepté de faire ce mémoire avec  
moi

**Dalel**



## Liste des abréviations

<b>% :</b>	pourcentage
<b>°C :</b>	degré Celsius
<b>g :</b>	gramme
<b>h :</b>	heur
<b>H :</b>	humidité
<b>HE :</b>	Huile Essentielle
<b>PDA :</b>	Pomme de terre dextrose agar
<b>UV :</b>	Ultra-violet
<b>FOC:</b>	Fusarium oxysporum f.sp.ciceri
<b>F:</b>	Fusarium
<b>OGM:</b>	organisme génétique modifié
<b>ppm:</b>	partie par million
<b>m:</b>	mètre
<b>cm:</b>	centimètre
<b>pH:</b>	potentiel de hydrogène
<b>D:</b>	Dose
<b>L:</b>	Litre
<b>ml:</b>	milliliter
<b>ANOVA :</b>	ANalysis Of VAriance)
<b>G.L.M :</b>	modèle linéaire global
<b>DNA :</b>	Acide Désoxyribonucléique
<b>ARN :</b>	Acide Ribonucléique
<b>ng/g :</b>	nano gram par gram
<b>PI:</b>	Percentage inhibition

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> : Dégâts et symptômes de <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>ceceris</i> , Dégâts et symptômes de <i>F.oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> sur tomate .....	9
<b>Figure I.2.</b> : Cycle infectieux de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	14
<b>Figure II.1.</b> : <i>Lavandula officinalis</i> .....	28
<b>Figure II.2.</b> : <i>Eucalyptus globulus</i> .....	31
<b>Figure II.3.</b> Dispositif d'extraction par hydrodistillation des huiles essentielles à l'aide d'un appareil de type Clevenger .....	34
<b>Figure II.4.:</b> Schéma récapitulatif de la logique des traitements biologiques et chimiques appliqués.....	37
<b>Figure III.1.</b> : Pouvoir antifongique de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> vis-à-vis <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceris</i> (FOC) représentés par l'inhibition de la croissance mycélienne .....	40
<b>Figure III.2.</b> : Taux d'inhibition de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune) .....	41
<b>Figure III.3.</b> : Pouvoir antifongique de l'huile essentielle de <i>Eucalyptus globulus</i> le fongicide chimique vis-à-vis <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceris</i> (FOC) représentés par l'inhibition de la croissance mycélienne .....	42
<b>Figure III.4.</b> : Taux d'inhibition de l'huile essentielle de <i>Eucalyptus globulus</i> à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune) .....	44
<b>Figure III.5</b> : Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne deux souches phytopathogènes sous l'effet de l'activité fongicide des huiles essentielles formulées de la <i>Lavandula officinalis</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> et fongicide chimique. ....	45
<b>Figure III.6</b> : Étude comparée des taux d'inhibition de la croissance mycélienne deux souches phytopathogènes sous l'effet de l'activité fongicide des huiles essentielles formulées à différentes concentrations de la <i>Lavandula officinalis</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> et fongicide chimique.....	46



## Liste des tableaux

**Tableau II.1** : Les Conditions opératoires de l'extraction des huiles essentielles par clevenger.....33

**Tableau III.1** : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des deux souches fongiques étudiées de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* (FOC) sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *Lavandula officinalis* et un fongicide chimique appliqués.....40

**Tableau III.2** : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne des deux souches fongiques étudiées de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* (FOC) sous l'effet de l'huile essentielle formulée de *Eucalyptus globulus* et un fongicide chimique appliqués .....43

**Tableau III.3** : Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur la croissance mycélienne. ....45

## Références bibliographiques

**ABOUI-SOUD M. A. M., YUN B-W., HARRIER L. A. AND L G. J., 2004.** Transformation of *Fusariumoxysporum* by particle bombardement and characterization of the resulting transformants expressing a GFP. *Mycopathologia.*, 158:475-482.

**AFNOR, 1986.** Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. 57 p.

**AGRIOS G.N., 2005.** Plant Pathology; 5<sup>ème</sup> édition. Department of Plant Pathology University of Florida; Elsevier Academic Press .pp.948.

**ALABOUVETTE, C, OLIVAIN. C, STEINBERG, C.2005-** Maitrise des communautés microbiennes pour lutter contre les maladies d'origine tellurique. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène , B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement.Lavoisier Tec & Doc, Paris,p 571-588.

**AL-REZA S.M., RAHMAN A., AHMED Y., KANG S.G., 2010-** Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of *Cestrum nocturnum*L. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 96 : 86–92.

**ANONYME, 2007-** List of diseases and pests. Economic Commission for Europe. ECE/TRADE/C/WP.7/2007/3.12p.

**ARMSTRONG, G.M., ARMSTRONG, J.K. 1981-** —Formas especiales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt diseases, in: Nelson, P.E., Toussoun, T.A. and Cook, R.J. (Eds.) *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy*, The Pennsylvania State University Press, University Park, PA, USA, 391-399. 144

**ARORA DK., BRIDGE PD.,BHATNAGAR D., 2004-** Fungal biotechnology in agricultural, food 1316 and environmental applications. Marcel Dekker,.

**AUGER J , THIBOUT E, 2002-** substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger, C, Philogène , B J.R , Vincent C .Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p 77-96.

**BAJPAI V.K., RAHMAN A., AHMED Y., KANG S.G., 2007-** Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oil and crude extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. *Industrial Crops and Products* 26: 28–35.

**BALICK, M.J.; ELISABETSKY, E., LAIRD, S.A., 1995-** Medicinal resources of the tropical forest: biodiversity and its importance to human health. Columbia University Press: New York.

**BARRETT N., 1996** Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*.13, p:235-244.

**BARRETT P., 1996.** Growing and using lavender. a Story wisdom bulletin. US

**BAUDOIN.J.P, DEMOL.J, LOUANT B.P, MARECHAT.R, MERGEALG, OTOUL. E.,2002-** Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. les presses agronomiques de Gembloux. Belgique. 581p.

**Beings and Animals: A Six-Year Experience (1995-2000).** FOOD PRODUCTS PRESS :Crop Science ;New york, p :279-297.

**BENAYAD N., 2008-** Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat. Maroc. 61p.

**BENCHABANE, M., 2005-** —Caractérisation des effets d'antagonisme Microbienne et De promotion de la croissance végétale de souches de *Pseudomonas* spp. fluorescents, Thèse Doctorat d'état, FSB-UTHB, Alger, 235p.

**BETANEUR-GALVIS, L.A., G. E. MORALES, J.E FERERO AND J. ROLDAN, 2002-** Cytotoxic and antiviral activities of Colombian medicinal plant extracts of the *Euphorbia* genus. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 97: 541-546.

**BLACKFORD, M.J.P., DINAN, L., 1997-** The effects of ingested 20- hydroxyecdysone on the larvae of *Aglais urticae*, *Inachis io*, *Cynthia cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae) and *Tyria jacobaeae* (Lepidoptera: Arctiidae). *Journal of Insect Physiology* 43, 315–327.

**BLANCARD D., 2009:** *Tomato Diseases* (2<sup>nd</sup> Ed.). Identification, Biology and Control edition Quae /INRA- France; 680 p.

**BOIRON P., 2005-** Mycologie. these. Laboratoire de Mycologie Fondamentale et Appliquée aux Biotechnologies Industrielles.

**BONNEMAIN J-L., CHOLLET J-F., 2003.** Biologie et pathologie végétales. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. C. R. Biologies 326 : 1-7.

**BOUCHET PH., GUIGNARD JL.,VILLARD J., 1999-** les champignons, Mycologie fondamentale et appliquée.Ed Masson :Paris.194p

**BOUZIANI M., 2007-** L'usage immodéré des pesticides : de graves conséquences sanitaire-Epidemiologiste, Faculté de médecine d'Oran.

**BROWN A.G.,NAMBIAR E.S.K., COSSAL C.,1999.** Plantations in the tropics- their role, extent and nature. In Management of soil, nutrient and water in tropical plantations forests. Eds E.K.S. Nambiar et A.G. Brown, ACIAR Monograph No43, 1-19.

**BRUNETON J., 1999-** Pharmacognosie et phytochimie-plantes médicinales .Ed Lavoisier, Paris.

**BRUST, G., D.S. EGEL ET E.T. MAYNARD., 2003-** Organicvegetable production. PurdueUniversityCooperative Extension Service, ID-316. p. 1-19.

**CANDY G., 1977,**Investigation into Chemical Composition and potential of a selected number of Rhodesian Eucalyptus Unpublished Thesis, Univ of Rhodesia, Dept of pharmacy.

**CAREE P., 1953,** précis de technologie et de chimie industrielle. T3. Ed. BallièreJB. Et fils.

**CASTILLEJOS, L., CALSAMIGLIA, S. & FERRET A., 2006.** Effect of Essential Oil ActiveCompounds on Rumen Microbial Fermentation and Nutrient Flow in vitro systems. JournalofDairy Science .89,p : 2649-2658.

**CHAUMONT J.P. etPAQUIN, 1971** Composition chimique and activité antimicrobienne des huiles essentielles d'AcollanthuspubescensBenth.acclimatée au Togo. C.R. Chimie . 7,p :1107-1111.

**CHU C. J. ET KEMPER K. J., 2001.** Lavender (Lavandula spp.). Longwood Herbal Task Force. P:32

**CHUTIA M., DEKA BHUYAN P., PATHAK M.G., SARMA T.C., BORUAH P., 2009-** Antifungal ion of Citrus reticulata Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. LWT- Food Science and Technology, 42 : 777-780.

**CLEVINGER J.F., 1928** Apparatus for determination of volatile oil. J. Am. Pharm. Assoc., 17 (4), pp: 346-351.

**COX S.D., MANN C.M., MARKHAM J.L., BELL H.C., GUSTAFSON J.F., WARMINGTON J.R. & WYLLIE S.G., 2000.** The mode of antimicrobial action of the essential oil of Malaleuca alternifolia (tee tree oil). Journal of Applied Microbiology .88, p:170-175.

**CUNNINGTON J., LINDBECK K., RODNEY H. AND JONES ., 2009.** Diagnostic methods for Fusarium wilt of chickpea (Fusarium oxysporum F. sp. ciceris) Padil. Plant Biosecurity Toolbox page 1-22.

**DE WIT P.J.G.M., 1992-** Molecular characterization of gene-for-gene systems in plant fungus interactions and the application of avirulence gene in control of plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 30: 391 -41 8.

**DEGUINE.J-P, FERRON.P,2005-** Gestion agroécologique des populations d'insectes piqueurs suceurs en culture cotonnière. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène , B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec & Doc, Paris, p 367-384.

**DEISINGH ., NICHOLSRO. LN., HAUGM ., HOWARRD. J., MENEENK. 1992-** Adhesion pad formation and the involvement of cutinases and esterases in the attachment of urediniospores to the host cuticle. The Plant Cell 4:1101 -1111.**DELGADO-JARANA J., MARTINEZ-ROCHA A. L., ROLDAN-RODRIGUEZ R., RONCERO M.I.G. AND DI-PIETRO A., 2005.** Fusarium oxysporum G-protein B subunit Fgb1 regulates

**DICKINSON M.,2003-** Molecular Plant Pathology. School of Biosciences, University of Nottingham, Nottingham, UK ed,273p

**DICKENSON S., 1932.** The nature of saltation in Fusarium and Helminthosporium. Minn .Agr .ExpSta . Tech. Bull., 88.

**DINAN, L., 1989-** Ecdysteroid structure and hormonal activity. In: Koolman, J. (Ed.), Ecdysone: From Chemistry to Mode of Action. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp. 345-354.



**DINAN, L., 2001-** Phytoecdysteroids: biological aspects. Review. Department of Biological Sciences, University of Exeter, Hatherly Laboratories, Prince of Wales Road, Exeter, Devon, EX4 4PS, UK. *Phytochemistry* 57 (2001) 325–339.

**DINAN, L., SAVCHENKO, T., WHITING, P. 2001-** On the distribution of phytoecdysteroids in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences* 58(8): 1121-32.

**DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE.H., ARRUFAT.A.,2009-** PHYTOMA. Gestion des nématodes a galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L’atout des plantes pièges. INRA UMR Interactions Biotiques et Santé Végétale (IBSV) INRA / UNSA / CNRS 400, Route des Chappes, Les Templiers, BP 167, F-06903 Sophia Antipolis Cedex.18p

**DOAMARAL A. L., DALSOGLIO F.K., DECARLI M.L. &NETO, J. F. B.,1998.** Pathogenic fungicausing symptoms similar to Phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil. *Plant Dis.* 89,p: 44–49.

**DORMAN H. J. D. & DEANS S. G. , 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. 88,p: 308-316.

**ELLIS S.D. , BOEHM M.J., AND COPLIN D.2008** - Bacterial Diseases of Plants. Agriculture and Natural Resources PP401.06 Department of Plant Pathology. The Ohio State University.

**EMMET R. M., PARBERY D.G., 1975-** Appressoria. *Annu. Rev. fhytopafhol.* 13: 1 147-167.

**ERWIN D.C., 1958.** *Fusariumoxysporum*f.sp.ciceri, incitant of fusarium wilt of cicerarietinum .*Phytopathologie.*, 48:498-501.

**ESSERIC D.Y. 1980** - Brevet Fr. n°8012239 in Koba K. 2003. Thèse de doctorat, Université de Lomé 172 p.

**EVANS D. J., AND MARTI S. A., 2000.** Effects of Thymol on Ruminal Microorganisms. 41,p :336-340.

**EZZAHIRI B, M , BOUHACHE, M. MIHI ET I.ERRAKI.,2004-**Index phytosanitaire du Maroc.ed. 2004.AMPP.257p.

**FARGUES.J. et BOURGUET.D., 2005-** La lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures :Contraintes, bilan et perspectives. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène , B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement.Lavoisier Tec & Doc, Paris,p 549-570.

**FERGEDAL S.,1993-** weed control by freezing with liquid nitrogen and carbon dioxide snow : A comparison between flaming and freezing. In.JM Thomas(ed). Proceeding of the fourth IFOAM. International conference,p :153-156.

**FERNANDEZ A., 2003** Activity of Plant Extracts, Essential Oils, and Pure Compounds Against Fungi Contaminating Foodstuffs and Causing Infections in Human

**FRAVEL, D. R., 2005-** Commercialization and implementation of biocontrol. Annu. Rev. Phytopathol.43 :337-359.

**GIROUX S., CÔTÉ J.C., VINCENT C., MARTEL P., CODERRE D., 1994-** Bacteriological insecticide M-One effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle *Coleomegillamaculata*(Coleoptera: Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 87, 39-43.

**GOTTLIEB, O. R., BORIN, M. R. AND BRITO, N. R.,2002-** Integration of ethnobotany and phytochemistry: dream or reality?. Phytochemistry 60: 145-152.

**GRIFFIN S. G.,1999.**The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. Flavour and Fragrance Journal.14 p :322-332.

**GRIFFIN S. G., LEACH D. N., MARKHAM J., AND JOHNSTONE R., 1998.** Antimicrobial activity of essential oils from *Zieria*. Journal of Essential Oil Research. 10,p: 165-174.

**GUIGNARD J.L., COSSON L. ET HENRY L., 1985.** Abrégé de phytochimie. Masson, Paris, 224 p.

**GUIGNARD.J.T.2001.** Abrégé Botanique Systémique Moléculaire 12 Eds révisée. Masson NaitAchorKhaled., 2012.

**GUPTA G.P., 2004-** Textbook of plant disease, plant pathology. Discovery Publishing House, pp : 39-45.

**HADDOUCHI F., BENMANSOUR A., 2008-** huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plates aromatiques. article de synthèse, Université de Tlemcen. les techniques de laboratoire N°8. 8p

**HAGGAG WM., MOHAMED H A-L A., 2007-** Biotechnological aspects of microorganisms used in plant biological control. Egypt. World J. Agric. Sci. 3(6):711- 776.

**HALILA I., COBOS M. J., RUBIOS J. AND MILAN., 2009.** Tagging and mapping a second resistance gene for Fusarium wilt race 0 in chickpea. European Journal of pathology. , 124: 87-92.

**HAWARE M. P., NENE Y. L. AND RAJESHWARI R., 1978.** Eradication of Fusarium oxysporum f. sp. ciceris transmitted in chickpea seed. Phytopathology . , 68:1364-1367.

**HAWKSWORTH DL., KIRK PM., SUTTON BC., AND PEGLER DN., 2001-** Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. International Mycological Institute, Surrey, England, Wallingford, Oxon, UK.

**HGCH HC., STMS RC., WHITEHEBA D C OMEAUJ , WOLFE. D., 1987-** Signaling for growth orientation and cell differentiation on Uromyces. Science **235**: 166569-21

**HIBBETT DS, BINDER M, BISCHOFF JF, BLACKWELL M, CANNON PF, ERIKSSON OE, HUHDORF S, JAMES T, KIRK PM, LUCKING R, THORSTEN LUMBSCH H, LUTZONI F, MATHENY PB, MCLAUGHLIN DJ, POWELL MJ, REDHEAD S, SCHOCH CL, SPATAFORA JW, STALPERS JA, VILGALYS R, et al. 2007-** A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. Mycological Research 111:509-547.

**HOCHH . C., STAPLESR .C. 1991.** Signaling for infection structure formation in fungi. In: The fungal spore and disease initiation in plants and animals. Editors, COLE G. T., and HGCH H. C. New-York : Plenum Press, 25-46.

**INOUE S., UCHIDA K., MARUYAMA N., YAMAGUCHI H., ABE S., 2006-** A novel method to estimate the contribution of the vapour activity of the essential oil in agar diffusion assay. Jpn. J. Med. Mycol, '47 : 91-98.

**ISMAN MB., 2002-** problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. In. **Regnault-Roger, C, Philogene, B J.R, Vincent C 2002.** Biopesticides d'origine végétale. Tec & Doc, Paris, p :301-312.

**JACKAI, L.E.N. and ADALLA, C.B., 1997-** Pest management practices in cowpea : a review. Pp. 240-258 in SING, B.B., D.R. MOHAN RAJ, K.E. DASHIELL, and L.E.N. JACKAI (eds). Advances in cowpea research. IITA/JIRCAS. IITA, Ibadan, Nigeria.

**JIMENEZ-GASCO M. D. M., MILGROOM M. G. AND JIMENZ-DIAZ R. M., 2004.** Stepwise evolution of races in *Fusariumoxysporum* f.sp. ciceris inferred from fingerprinting with repetitive DNA sequences. *Phytopathology* ., 94:228-235

**JIMINEZ-GASCO M. M. AND JIMINEZDIAZ R. M., 2003.** Development of a specific polymerase chain reaction-based assay for the identification of *Fusariumoxysporum*f.sp. ciceris and its pathogenic races 0,1 A,5, and 6. *The American Phytopathological Society* ., 2:200-209.

**JOHNSTON, A., BOOTH C. 1983-** Plant Pathologist's Pocket Book. Eds.CMI 150

**KHALIL M.A., 2001** Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelidesobtectus*Say (Coleopterae: Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Thèse Ing. Agr.INA, 77p.

**KHAN, M.T.H., A. ATHER, K. D. THOMPSON and R. GAMBARI, 2005-** Extracts and molecules from medicinal plants against herpes simplex viruses. *Antiviral Res.*, 67: 107- 119.

**KLOPMEYER M., 2002-** Geranium Industry-USDA Meeting, April 2. Riverdale, MD.

**KOBA K. 2003.** Activités antimicrobiennes de différents chimiotypes d'huiles essentielles de quatre Lamiacées aromatiques de la flore togolaise vis-à-vis des germes représentatifs de la microflore cutanée. (Application à la formulation d'émulsions à usage topique). Thèse de Doctorat Université de Lomé 172p.

**KRAFT J.M. HAWARE M. P., JIMINEZ –DIAZ R.M., BAYAA B.,HARRABI M.,1994.**Screening techniques and sources of resistance to root rots and wilts in cool season food legumes. *Euphytica*,73:27-39.

**LAGUË C, GILL J, PÉLOQUIN G. 2001.**thermal control in plant protection. In Vincent C, Panneton B, Fleurat-Lessard F. physical control methods in plant protection, Springer 35-61.

**LAHLOU M., 2004.** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, 18, p: 435-448.

**LEE Y.-H., DEAN R. A. 1993-** cMP regulates infection structure formation in the plant pathogenic fungus *Magnaporthe grisea*. *The Plant Cell* **5**: 693-700.

**LEMAY, A. , REDLIN, S., FOWLER G., DIRANI M. 2003-** Pest Data Sheet *Ralstoniasolanacearum* race 3 biovar 2. USDA/APHIS/PPQ. Center for Plant Health Science and Technology. Plant Epidemiology and Risk Analysis Laboratory Raleigh, NC. 9p.

**LEPOIVRE P., 2003-** *Phytopathologie: bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte.* les presses agronomiques de Gembloux. De Boeck 1, Bruxelles, 427p.

**LESLIE J.F. AND SUMMERELL B.A., 2006.** The *Fusarium* laboratory workshop: a recent history . *Mycotoxin Research* . , 22:73-74.

**MAGAN N. & OLSEN M., 2004-** *Mycotoxines in food: Detection and control*, Woodhead Publishing in Food Science and Technology. P:190-203.

**MAGANGA A., 2004-** Influence of variety and organic cultural practices on yield and essential oil content of Lavender and Rosemary in Interior B.C. (STOPA). *Ecorational Technologies*. Kamloops. B.C. 23 P.

**MAISONNEUVE, J-C, RAT-MORRIS, E, JOHNSON, S. 2005-** Différents aspects de la protection biologique intégrée sous serre en France . In Regnault-142

**MARION-POLL, F., DINAN, L., LAFONT, R., 2002-** La place des phytoecdystéroïdes dans la lutte contre les insectes phytophages. *Biopesticides d'origine végétale*. Regnault-Roger, C., Philogène, B. et Vincent, C. Paris, Editions Tech & Doc: 97-114.

**MARTEL J.P., 1977-** Brevet Fr, n°7712831 in Koba K. 2003. Thèse de doctorat, Université de Lomé. 172 p.

**MATUO T. AND ISHIGAMI K., 1958.** On the wilt of *Solanum melongena* L. and its causal fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*. f. *Annals of Phytopathology Society JPN.*, 23:189-192.

**MAZOYER M., AUBINEAU M., 2002** - *Larousse agricole*. Paris, Larousse, 767 p.

**MISHRA A.K. et DUBEY N.K., 1994-** Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. *Appl. Environ. Microbiol.* 60 : 1101-1105 ;

**MOHAMMADI Z., 2006** –Étude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. *Th. Mag. Biologie. Univ. Tlemcen.* 103p.

**MONDY, N., CAÏSSA, C., PITOIZET, N., DELBECQUE, J.-P., CORIO-COSTET, M.-F., 1997-** Effects of the ingestion of *Serratulactinctoria* extracts, a plant containing phytoecdysteroids, on the development of the vineyard pest *Lobesia botrana* (Lepidoptera. Tortricidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 35, 227–235.

**MORELLE B., 1993-** Le désherbage thermique et ses applications en agriculture et en horticulture. In: JM Thomas (ed). *Proceeding of the fourth IFOAM. International conference*, p :109-115.

**MUHANNAD J., FRANZ H., FURKERT B, MILLER W., 2002-** *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 53 115–123.

**N'DEYE, N., 1995-** Caractérisation des peuplements nématologiques dans les systèmes de culture à jachères au sud du bassin arachidier du Sénégal. Communication présentée à l'atelier du Gis- Linné , tenu le 4 mai 1995 à Thiès au Sénégal.

**NAVES V. 1974-** *Technologie des parfums naturels.* Ed. Masson Paris **in** Koba K. 2003. Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172 p.

**NELSON P.E., TOUSOUN T.A. AND MARASAS W.F.O., 1983.** *Fusarium species : An illustrated manual for identification* The Pennsylvania State University Press, University Park., 193pp.

**NELSON P.E., 1981.** Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: *Fungal wilt diseases of plants* .MACEM., Bell A et Beckman C., 1981-ed. Academic Press., 51-78.

**NENE Y.L., HAWARE M P .AND REDDY M.V., 1981.** Chickpea diseases: resistance screening technique .*Information Bulletin n° 10* ,International Crop Research Institute for the semi-Arid Tropics ,Patancheru, pp.1-10.

**OH H. K., SAKAI T., JONES M. B. & LONGHURST W. M. , 1967.** Effects of various essential oils isolated from Douglas fir needles upon sheep and deer rumen microbial activity. *Applied Microbiology* .15, p: 777-784.

**PADWISK G.W., 1940.** The genus *Fusarium* study of the fungus causing wilt of gram (*cicerareitinum*L.) and of the related species of the subsection *Orthocera* , with special relation to the variability of key characteristics. Indian Journal of Agricultural sciences.,10.

**PAL, K. K. AND B. MCSPADDEN GARDENER, 2006-** Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.

**PALTI J., 1981-** Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag, Berlin. 141

**PANDEY D.K., TRIPATHI N.N., TRIPATHI R.D., DIXIT S.N., 1982-** Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *Caesulia axillaris* Roxb. (Compositae). Angewandte Botanik, 56 : 256-257.

**PANNETON, B., C. VINCENT ET F. FLEURAT-LESSARD .,2000-** Place de la lutte physique en phytoprotection, pp. 1-24 in C. Vincent, B. Panneton et F. 140 Fleurat-Lessard (Eds.) La lutte physique en phytoprotection, INRA Editions, Paris, 347 p.

**PARIS M. et AURABIELLE M. 1981-** Agbégé de matière médicale, pharmacognosie. Ed. Masson in Koba K. 2003. Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172p.

**PARTHASARATHY, V.A., 2008-** Organic Spices. New India Publishing.ed. 740 p

**PELLETIER Y, MCLEOD CD, BERNARD G.,1995-** description of sublethal injuries caused to the Colorado Potato Beetle by propane flamer treatment. J. Econ. Entomol, 88,1203-1205.

**PENYALVER, R., B. VICEDO AND M.M. LOPEZ, 2000-** Use of the genetically engineered *Agrobacterium* strain K1026 for biological control of crown gall. European J. Plant Pathol.,106: 801-810.

**PERUT M., 1986-** Informations chimiques n° 272 129-135 in Koba K. 2003. Thèse de Doctorat, Université de Lomé 172p.

**PHILOGENE, B.J-R , FABRES , G, REGNAULT-ROGER, C.2005-** Protection des cultures, environnement et développement durable :Enjeux pour le XXIe siècle. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène , B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement.Lavoisier Tec & Doc, Paris,pp : 1-14. 143

**PIERRARD G., 1993-** Les méthodes alternatives à la lutte contre les ennemis des cultures. Communication présentée au séminaire national sur l'impact de l'utilisation des pesticides sur l'environnement et la santé humaine : cas du Niger. Niamey, 21-25 juin 1993.

**PORTIER P., 2004-** Sélection d'écotypes bactériens pathogènes et non-pathogènes par la plante en relation avec la différenciation en espèces génomiques chez *Agrobacterium* spp. L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD – LYON 1. THESE. DE DOCTORAT. Laboratoire d'Écologie Microbienne - Université Claude Bernard - UMR CNRS 5557 – USC INRA 1193 Bat. Gregor Mendel - 43, Bd du 11 Novembre

1918 - 69622 Villeurbanne Cedex.123p.

**QUEZEL P. ET SANTA S. 1963.** nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed .C.N.R.S. Paris.

**RAIO A., ZOINA A., MOORE L.W.,1997-** The effect of solar heating of soil on natural and inoculated agrobacteria. *Plant Pathol.* 46:320-328.

**RANASINGH NIRAKAR, 2007-** Biopesticides: an Economic Approach for Pest Management. Orissa Review. April 2007. Plant Protection, KVK, Rayagada, Gunupur.

**REGNAULT-ROGER C. PHILOGÈNE B.J.R., FABRES G., 2005-** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec and Doc, Paris. p: 1013.

**REGNAULT-ROGER C., 2002-** De nouveaux phytoinsecticides pour le troisième millénaire ? In : Biopesticides d'origine végétales, ed Tec & doc. Londres-Paris-New York . p. 19-39.

**REGNAULT-ROGER, 2005b-** molécules allelochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôle et bilan de leur utilisation au XXe siècle. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène, B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement.Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp 625-650.

**REGNAULT-ROGER, C. 2005a-** Molécules allélochimique et extraits végétaux : Quelles perspectives en phytoprotection ? In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène , B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement.Lavoisier Tec & Doc, Paris,p651-662.

**ROBERT D., CATESSON A.M., 2000 -** Organisation végétative.vol. 2 .356 p



**ROGER C., VINCENT C., CODERRE D., 1995-** Mortality and predation efficiency of *Coleomegillamaculatalengi* Timberlake (Coccinellidae) following application of Neem extracts (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae). J. Appl. Entomol. 119, 439-443.

**ROYAL J., 2000-** Utilisation des substances sémiocchimique en agriculture- Master 2ERE

**RYCKEWAERT P. et FABRE F., 2001.** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères à la Réunion..CIRAD-3P, Saint Pierre,La Réunion.pp ;99-103

**SABBAGH SK., 2008-** Adaptation à la pénétration racinaire de deux Ustilaginaceae parasites du maïs : *Ustilagomaydis* et *Sporisoriumreilianum*– Analyse microscopique et transcriptomique .Th e s e Doc. L'UNIVERSITE TOULOUSE III.

**SALLE J.L. etPELLETIER J., 1991-** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, pp : 19-45.

**SAMBAMURTY A.V.S.S., 2006-** A textbook of plant pathology. I. K. International Pvt Ltd, p-p : 114-115.

**SARAVANAKUMAR, D., VIJAYAKUMAR, C., KUMAR, N. AND SAMIYAPPAN, R., 2007-** PGPR-induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. Crop Protect. 26(4):556-565.

**SATRANI B., GHANMI M., FARAH A., AAFI A., FOUGRACH H., BOUKHRISS B., BOUSTA D., TALBI M., 2007-** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cladanthusmixtus*. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146 : 85-96.

**SCHORI A ET MASCHER F.2007-** Essais sur blés modifiés pour une tolérance accrue aux maladies foliaires. Station de recherche AgroscopeChangins-Wädenswil ACW.16p

**SEMAL J., 1993-** Traité de pathologie végétale.faculté des sciences agronomiques de Gembloux. Belgique.621p.

**SHARMA D.K. AND MUEHLBAUER F.J., 2007.** Fusarium wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. Euphytica ., 157:1-14

**SHARMA N., TRIPATHI A., 2006-** Fungitoxicity of the essential oil of *Cinensis* citrus on post-harvest pathogens. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 22(6) : 587-593.

**SILVA G, H., COSTA J.N , CAMPOS V.P, OLINIERA D.F., PFENNING L.H,2001-** Fungal metabolites wilt-activity against nematodes .Bioactive Fungal Metabolites. Impact and Exploitation, International symposium.Br. Mycolog.Soc., Wales Swansea, UK, pp:95.

**SINGH K. B., 1987.** Chickpea breeding. In: Saxena M. C .and Singh K.B.(eds) the chickpea. CAB International Publisher. UK.pp127-162.

**SINGH O.P.RAGHAVENDRA K., NANDA N., MITTAL P.K. AND SUBBARAO S. K., 2002.** Pyrethroid resistance in *An. Culicifacies* in surat district, Gujarat, West India .Current Science ., 82:547-550.

**SOEJARTO, D., FARNSWORTH, N.R., 1989-** Tropical rainforests: potential sources of new drugs. Perspectives in Biology and Medicine 32, 244-258.

**SPICHTER R.E., SAVOLAINEN V., VINCENT MURIELLE F.,JEANMONOD D.,2004-** Systematic botany of flowering plants: a new phylogenetic approach to angiosperms of the temperate and tropical regions.2ed. 413 p

**STAPLETON, J.J., DEVAY, J.E. 1982-** Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, p. 323-326

**STAVRIANAKOU S., LIAKOPOULOS G. & KARABOURNIOTIS G., 2005-** Boron deficiency effects on growth, photosynthesis and relative concentrations of 152 phenolics of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae). Environmental and Experimental Botany (Elsevier). p : 293-300.

**STEVENSON P.C., PEDGHAM D.E. AND HAWARE., 1995.**Root exudates associated with the resistance of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum*) to two races of *Fusarium oxysporum* f. sp . *ciceri*.Plant Pathology., 44:686-694.

**SVOBODA K.P. & HAMPSON J.B., 1999.** Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti inflammatory and other related pharmacological activities. Plant Biology Departement, SAC Auchincruive, Ayr ,Scotland,UK., KA6 5HW.

**TRABOULSI A.F., EL HAJ S.,TUENI M., TAOUBI K.,NADER N.A. ET MRAD A. , 2005-** Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus*(Diptera: Culicidae). Pest Manag. Sci.2005.Jun; 61 (6) pp: 597-604.

**VALNET J., 2005-** L'aromathérapie. Ed. Maloine S.A. ISBNE : 2-253-03564-5.

**VINCENT C., PANNETON B., 2001-** Les méthodes de lutte physiques comme alternatives aux pesticides. Vertigo- la revue en sciences de l'environnement, Vol 2, N° 2, Octobre 2001. 24p.

**WALTOJN D., PANACCIONE D. G. 1993-** Host-selective toxins and disease specificity: perspectives and progress. Annu. Rev. Phytopathol. 31 : 275-299.

**WYLLIE G., MARKHAM J. L. & LEACH D. N., 1999.** The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. Talanta.14,p: 322-332.

**YAKHLEF G., 2010-** Etude de l'activité biologique de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurusnobilis*. Thes mag. UnivBatna. 110P.

**BURFIELD T. et REEKIE S.L., 2005-** Mosquitoes, malaria and essential oils. International J. of Aromatherapy. Vol. 15 (1), pp : 30-41.

# REMERCIEMENT

Nous remercions *tous d'abord Allah le tout Puissant de nous avoir*  
donné la volonté et le courage pour accomplir ce mémoire.

Que tous ceux et toutes celles, qui de près ou de loin, ont contribué à la  
Réalisation de ce mémoire, veuillent trouver ici nos sincères remerciement.

Nous témoignons en particulier notre profonde reconnaissance à  
Madam **Ziouche.S** *qui nous a fait l'honneur de nous encadrer.*

Nous remercions Monsieur **Moutassem .D .**

*Et les membres de jurée pour avoir accepté d'examiner notre mémoire.*

Un merci spécial à nos familles et à « **Zerouati Merouane** » à tous nos  
amis; après tout, ce sont eux qui nous soutiennent et nous permettent de  
nous changer les idées dans les moments difficiles.

Un remerciement spécial pour **Sabrina** et **Slimani Salima** et  
spécifiquement **Fayza** tout le personnel de laboratoire pour leurs aides et suivi  
dans la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous!

## Résumé

### **Effet fongicide testés in vitro de deux huiles essentielles formulées Lavandula officinalis et Eucalyptus globulus comparé à un fongicide chimique homologué à l'égard de deux souches de Fusarium oxysporum f.sp.ciceris (FOC).**

Cette étude a pour objectifs d'évaluer l'effet fongicide in vitro des extraits des huiles essentielles formulées de deux espèces végétales *Lavandula officinalis* et *Eucalyptus globulus* ainsi qu'un fongicide chimique homologué (Hexaconazole) en même temps que les deux autres espèces citées.

Les extraits des huiles essentielles formulées de la lavande et de l'eucalyptus sont révélés actifs quantitativement et qualitativement sur les deux souches du champignon étudié de *Fusarium oxysporum f.sp.ciceris* (FOC).

Les résultats de l'effet antifongique des traitements biologiques sont hautement significatifs selon l'espèce végétale, la concentration de l'extrait, ainsi que la souche testée. D'une manière générale, l'effet des deux huiles essentielles sur l'ensemble des souches du champignon étudié montrent que l'huile essentielle formulée de la *Lavandula officinalis* enregistre un pourcentage d'inhibition plus important chez le FOC blanc soit (PI<50%) et génère une action inhibitrice moins importante sur le FOC jaune soit (PI< 36%). À propos de l'huile essentielle formulée d'*Eucalyptus globulus*, cette dernière offre un taux d'inhibition plus faible chez le FOC jaune soit (PI<30%) et montre que du FOC blanc présente une nette sensibilité à l'égard de cette molécule avec un taux d'inhibition supérieur à 40%. Enfin, le fongicide chimique le taux d'inhibition été total (100%) pour le FOC jaune et 50% pour le FOC blanc.

**Mots clés :** *Lavandula officinalis*, *Eucalyptus globulus*, huiles essentielles formulées, activité antifongique, fongicide chimique, *Fusarium oxysporum f.sp.ciceris* (Foc).

## ملخص

أثر المبيد المختبر في وسط مجهري لنوعين من الزيوت الأساسية المستخلصة من

LAVANDULA OFFICINALIS و L'EUCALYPTUS GLOBULUS

المقارن مع مبيد كيميائي متجانس على سلالتين من

**FUSARIUM OXYSPORUM F.SP.CICERIS (FOC)**

الهدف من هذه الدراسة تقييم المبيدات الحيوية و مستخلصات الزيوت الأساسية المصطنعة في وسط مجهري لنوعين من النبات Lavandula officinalis و Eucalyptus globulus و كذلك مبيد كيميائي متجانس في نفس الوقت .

مستخلصات الزيوت الأساسية المكونة من la Lavande و L'Eucalyptus أظهرت فعاليتها كما و نوعا علي سلالتين من الفطريات الممرضة المدروسة و هي Fusarium oxysporum f. sp. ciceris (FOC)

أظهرت النتائج المتعلقة بالمضادات للفطريات أن المعالجة البيولوجية ضد الفطريات جد فعالة و يكون ذلك حسب الانواع النباتية ، تركيز المستخلص و نوع السلالات الفطرية المختبرة ، و بصفة عامة يدل تأثير الزيوت المستخلصة علي مجموعة السلالات الفطرية المدروسة أن الزيوت الأساسية المستخلصة من نبات la Lavande و الذي سجل نسبة تثبيط مئوية عالية عند ال FOC الأبيض ( $PI < 50\%$ ) بينما كانت نسبة التثبيط اقل فعالية عند ال FOC الاصفر ( $PI < 36\%$ ) ، فيما يخص الزيوت الأساسية المستخلصة من Eucalyptus globulus، هذه الاخيرة اظهرت نسبة تثبيط ضعيفة علي ال FOC الاصفر ( $PI < 30\%$ ) في حين أثبتت أن ال FOC الابيض كان أكثر حساسية بالنسبة لهذه المادة الفعالة بنسبة تثبيط تفوق 40% . و في الاخير كان للمبيد الكيميائي تثبيط تام علي ال FOC الاصفر (100%) و 50% علي ال FOC الابيض .

الكلمات المفتاحية: Lavandula officinalis, Eucalyptus globulus, الزيوت الأساسية المستخلصة، النشاط المضاد للفطريات ، مبيد كيميائي، (Foc) Fusarium oxysporum f.sp.ciceris .

# Sommaire

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Sommaire**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction.....1**

**Chapitre I : Synthèse bibliographique.....4**

I.1. Les champignons phytopathogènes.....4

I.1.1. Généralités sur les champignons phytopathogènes.....4

I.1.2. Les différents mécanismes de parasitisme chez les champignons phytopathogènes.....4

I.1.3. Cycle parasitaire des champignons phytopathogènes.....5

I.1.3.1 Adhésion des spores et pénétration dans la plante.....5

I.1.3.2. Spécificité de l'hôte et reconnaissance par la plante hôte.....6

I.1.3.3. Colonisation de la plante-hôte.....6

I.1.3.4. Sporulation.....6

I.1.4. Maladies fongiques dues aux champignons phytopathogènes et impact économique.....7

I.1.5. La Fusariose .....7

I.1.5.1. Taxonomie.....9

I.1.5.2. Biologie de *F. oxysporum*..... 10

I.2. *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceris (FOC).....11

I.2.1. Historique .....11

I.2.2. Présentation et clés d'identification de FOC .....11

I.2.3. Mécanismes d'infection et de colonisation.....	12
I.2.3.1. Mode d'infection.....	12
I.2.3.2. Mode de colonisation.....	13
I.3. Lutte contre les maladies et les dégâts chez les plantes.....	14
I.3.1. La lutte préventive.....	15
I.3.1.1. Les mesure de certification et de quarantaine.....	15
I.3.1.2. L'hygiène.....	15
I.3.1.3. La rotation.....	16
I.3.1.4. Le travail du sol.....	17
I.3.2.1. La lutte physique.....	17
I.3.2.1.1. Effet de la température sur les organismes vivants.....	17
I.3.2.1.2. La solarisation.....	17
I.3.2.2. La lutte chimique.....	18
I.3.2.3. La lutte génétique.....	19
I.3.2.4. La lutte biologique.....	19
I.4. Les biopesticides d'origine végétale.....	21
I.4.1. Les huiles essentielles .....	23
I.4.2. Activités biologiques des huiles essentielles.....	24
I.4.2.1. Activité antioxydante.....	24
I.4.2.2 Activité antibactérienne.....	24
I.4.2.3 Activité antifongique.....	25

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

Introduction.....	27
Objectifs.....	27
II.1. Description botanique du matériel végétal et activités biologiques des espèces choisies.....	28
II.1.1. La lavande .....	28
II.1.2. L'eucalyptus.....	30
II.1.3 Localisation et rôle des huiles essentielles dans la plante .....	32
II.1.3.1 structure externe.....	32
II.1.3.2 structure interne.....	32
II.1.4. Récolte et conservation du matériel végétal.....	32



II.2. Extraction des huiles essentielles.....	33
II.2.1. Calcul du rendement.....	34
II.2.2. Préparation de la gamme de concentration des huiles essentielles.....	35
II.3. Tests biologiques.....	35
II.3.1. Étude du pouvoir antifongique in vitro des huiles essentielles.....	35
II.3.1.1. Les souches fongiques et milieux de culture.....	35
II.3.1.2. Activité antifongique in vitro.....	36
II.4. Analyses statistiques des résultats.....	38

### **Chapitre III : Résultats et discussions**

III .1. Évaluation de l'activité antifongique des extraits végétaux et du fongicide de synthèse sur isolats fongique choisi.....	39
III .1.1 Activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> sur les souches tests (FOC blanc et FOC jaune).....	39
III.1.1.1 Taux d'inhibition de l'huile essentielle de <i>Lavandula officinalis</i> à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune).....	40
III .1.2 Activité antifongique de l'huile essentielle de <i>Eucalyptus globulus</i> et le fongicide chimique sur les souches tests (FOC blanc et FOC jaune).....	41
III.1.2.1 Taux d'inhibition de l'huile essentielle de <i>Eucalyptus globulus</i> à différentes concentrations ainsi que le fongicide chimique vis-à-vis des deux souches testées (FOC blanc et FOC jaune).....	43
III.2. Étude comparée de l'activité fongicide des huiles essentielles formulées de la <i>Lavandula officinalis</i> et l' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	44
III.3. Discussion générale.....	46

<b>Conclusion générale.....</b>	<b>50</b>
---------------------------------	-----------

<b>Annexe.....</b>	<b>52</b>
--------------------	-----------

<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>55</b>
--	-----------