



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Microbiologie

قسم : الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie

Option : Biotechnologie des Mycètes : Fermentation et production de substances fongiques

INTITULE

**Contribution à la lutte des maladies des légumineuses alimentaires
« Essai de lutte biologique contre la fusariose vasculaire du pois chiche ».**

Présenté et soutenu par : CHIBOUT Sirine
BERRHAIL BOUDOUDA Rayene

Le 13/06/2017

Jury d'évaluation :

Président du jury : *Pr. DEHIMAT Laid* (Professeur - UFM Constantine).

Rapporteur : *Dr. OUFROUKH Amar* (MCA - INRAA Constantine).

Tuteur : *Dr. HARRAT Wahiba* (CHERCHEUR - INRAA Constantine).

Examineur : *Dr. ALMI Hiba* (MAB - UFM Constantine).

Année universitaire 2016 - 2017

REMERCIEMENTS

Nous remercions, avant tout " ALLAH " tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous voudrions aussi par ces lignes, exprimer nos vifs remerciements à Monsieur le Pr. DEHIMAT L., pour nous avoir permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions, par sa disponibilité, ses conseils et ses orientations éclairées.

Notre profonde reconnaissance s'adresse également à Monsieur le Dr. OUFROUKH A. et Dr. HARRAT W. pour leur soutien, leur gentillesse mais aussi et surtout pour leur précieuse et conséquente aide apportée durant la réalisation de ce travail. Qu'ils en soient ici profondément remerciés.

Nous remercions également Madame ALMI Hiba, Docteur à l'université frères Mentouri Constantine pour avoir accepté de faire partie du jury et de juger notre travail.

Nos vifs remerciements vont également à toute l'équipe technique de l'UR Constantine, notamment Mlle Boussaha Saoussane, Mme Djamaa Serarma, Mme Saliha Imami et Mme Sihem Bencedira.

Enfin nous adressons nos profonds remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, nous ont aidés dans la concrétisation de ce travail

Berrhail Boudouda Rayene.

Chibout Sirine.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents

Ma chère mère

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon Cœur, ma vie et mon bonheur.

Mon cher père

Ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.

A mes frères Amine, A.nour, Salah Eddine

La joie de ma vie.

A mon binôme

***Sirine** merci pour son soutien et son amitié.*

A toutes les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures : mes aimables amis, collègues d'étude et toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.

Rayene

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents

Ma chère mère

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon Cœur, ma vie et mon bonheur.

Mon cher père

Ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.

A mes frères Bassem et Brahim

A mes sœurs Iaatidal et Narimane.

La joie de ma vie.

A mon fiancé

Zakaria

A mon binôme

Rayene merci pour son soutien et son amitié.

A toutes les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures : mes aimables amis, collègues d'étude et toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.

Sirine

Table de matière

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION 2

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Le pois chiche 5

1.1. Historique et origine 5

1.2. Taxonomie de *Cicer arietinum* 5

1.3. Morphologie de la plante 6

1.4. Propriétés nutritionnelles du pois chiche 8

1.5. Importance économique du pois chiche dans le monde et en Algérie 8

1.6. Caractéristiques agronomique 10

1.6.1. Exigences édapho-climatiques 10

1.7. Les principales maladies du pois chiche 11

1.7.1. Maladies virales 11

1.7.2. Maladies bactériennes 11

1.7.3. Nématodes 11

1.7.4. Maladies cryptogamiques 11

2. La fusariose vasculaire 12

2.1. Taxonomie 12

2.2. Présentation de la maladie 12

2.2.1. Symptomatologie 12

2.2.2. Cycle de vie 13

2.3. Méthodes de lutte 14

2.3.1. Lutte culturale 14

2.3.2. Lutte chimique 15

2.3.3. Lutte biologique 15

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel biologique.....	17
1.1. Matériel fongique pathogène.....	17
1.2. Matériel fongique antagoniste.....	17
2. Méthodes.....	17
2.1. Isolement du matériel fongique.....	17
2.2. Purification.....	18
2.3. Identification macroscopique et microscopique.....	18
2.4. Conservation.....	19
3. Confrontation <i>in vitro</i>.....	19
3.1. Technique de confrontation directe.....	19
3.2. Technique de confrontation indirecte.....	20

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats.....	22
1.1. Isolement et identification des champignons à partir du végétal du végétal.....	22
1.1.1. Caractéristiques des champignons.....	22
1.1.2. Caractéristiques de <i>F. oxysporum</i>	23
1.1.3. Caractéristiques des souches antagonistes.....	24
1.2. Résultats des confrontations.....	25
1.2.1. Confrontation directe.....	25
1.2.2. Confrontation indirecte.....	29
2. Discussion.....	32

CONCLUSION.....	35
------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Morphologie de la plante de pois chiche. (A) Vue d'ensemble d'un champ de pois chiche ; (B) Feuilles composées de pois chiche ; (C) Gousses jeunes vertes ; (D) Fleur mauve de <i>Cicer arietinum</i>	7
Figure 2. Types de pois chiche. (A) Kabuli et (B) Desi (Bunyamin, 2015)	7
Figure 3. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016).....	9
Figure 4. Symptômes de la fusariose vasculaire du pois chiche. (A) Symptômes de jaunissement et flétrissement du plant entier ; (B) Symptômes sur le collet montrant un brunissement en coupe longitudinale (Cunnington, 2009)	13
Figure 5. Cycle biologique de <i>Fusarium oxysporum</i>	14
Figure 6. Isolement du pathogène sur milieu PDA.....	18
Figure 7. Purification de <i>Fusarium sp.</i> sur milieu PDA	18
Figure 8. Présentation schématique de la technique de confrontation directe	19
Figure 9. Présentation schématique de la technique de confrontation indirecte.....	20
Figure 10. Aspect de <i>Chrysosporium sp.</i> ; <i>Penicillium sp.</i> ; <i>Cladosporium sp.</i> respectivement (A1, B1 et C1) aspect cultural ; (A2, B2 et C2) aspect microscopique.....	23
Figure 11. Aspect Culturelle (A) et microscopique (B) de <i>Fusarium oxysporum</i>	24
Figure 12. Aspect cultural et microscopique des isolats de <i>Trichoderma</i> testées	24
Figure 13. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i> sur le développement de l'agent pathogène <i>Fusarium oxysporum</i>	26
Figure 14. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.2</i> sur l'agent pathogène <i>Fusarium oxysporum</i>	27
Figure 15. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i> et <i>Trichoderma sp.2</i> , respectivement (A1, B1) ..	28
Figure 16. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i> sur l'agent pathogène <i>Fusarium oxysporum</i>	29
Figure 17. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.2</i> sur l'agent pathogène <i>Fusarium oxysporum</i>	30
Figure 18. Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i> et <i>Trichoderma sp.2</i> , respectivement (A1, B1) ..	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Valeur nutritionnelle moyenne pour (100 g) de pois chiche (Ciquel ,2013 in Boukraâ, 2016).....	8
Tableau 2. Production du pois chiche en Algérie (2010-2014) (MADR, 2015)	9
Tableau 3. Croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> en confrontation directe avec <i>Trichoderma sp.1</i>	25
Tableau 4. Croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> en confrontation directe avec <i>Trichoderma sp.2</i>	27
Tableau 5. Croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> en confrontation indirecte avec <i>Trichoderma sp.1</i>	29
Tableau 6. Croissance mycélienne de <i>Fusarium oxysporum</i> en confrontation indirecte avec <i>Trichoderma sp.2</i>	30

LISTE DES ABREVIATIONS

Mt : millions de tonnes.

t : tonnes.

q/ha : quintaux/hectare.

PDA: Potato Dextrose Agar.

mm: Millimètre.

cm : Centimètre.

m : Mètre.

ml: Millilitre.

mg : Milligramme.

g : Gramme.

Kj : Kilojoule.

°C : Celsius.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires à grosses graines occupent une place importante dans l'alimentation humaine dans le monde et en Algérie, en raison de leurs caractéristiques nutritionnelles, agro-économiques particulières, de leurs faibles exigences culturales et enfin, de leur capacité d'adaptation à des conditions pédoclimatiques difficiles (G.R.A.M, 1997).

Parmi les cultures de légumineuses les plus importantes dans le monde, le pois chiche « *Cicer arietinum* L. » occupe la troisième place après le haricot et le pois (Saxena, 1992).

En Algérie, le pois chiche est cultivé dans plusieurs zones agro écologiques (Zine-Zikara *et al.*, 2015), la superficie moyenne occupée par la culture de pois chiche est d'environ 29287,2 hectares avec une moyenne de production qui atteint les 290 600 quintaux durant la période 2010-2014 (MADR, 2015).

Les variations de la production de pois chiche d'une année à l'autre sont dues principalement aux stress biotiques et abiotiques. En effet, les maladies sont la contrainte majeure de l'amélioration de rendements, dont plus de 70 agents pathogènes ont été rapportés sur le pois chiche dans différentes régions du monde (Morjane et Harrabi, 1995).

Dans les pays du pourtour méditerranéen, les légumineuses à grosses graines sont confrontées à de nombreux problèmes phytosanitaires dont les plus dommageables sont causés par des champignons.

En Algérie, l'antracnose causée par *Ascochyta rabiei*, est la maladie la plus redoutable sur la culture de pois chiche, suivie par la fusariose causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* (Bouznad *et al.*, 1998). Ces deux pathogènes, constituent une menace pesante sur la culture de pois chiche, et sont considérés comme les plus importants facteurs limitant de la production de pois chiche dans les différentes régions du monde (Jiménez-Gasco *et al.*, 2004).

La fusariose est rapportée pour la première fois par Bouznad *et al.* (1990) est considérée parmi les maladies les plus importantes du pois chiche. Plusieurs moyens de lutte sont utilisés pour lutter contre cette maladie. Les fongicides sont le moyen de lutte le plus utilisé, les inconvénients de cette méthode sont généralement néfastes sur le consommateur et l'environnement. Le moyen de lutte le plus intéressant contre cette maladie reste l'utilisation de cultivars résistants, toutefois cette méthode est limitée par la grande variabilité pathologique du pathogène. La lutte biologique peut offrir ainsi, des potentialités de contrôle

des maladies où certains agents antagonistes sont capables de contrôler des maladies afin de limiter l'utilisation des fongicides (Hanson et Howell, 2002).

L'objectif de ce travail est une approche à la lutte biologique et consiste à l'étude de « l'effet *in vitro* de deux isolats de *Trichoderma* », isolés à partir de la rhizosphère (sol) et du végétal (partie aérienne de pois chiche), sur le développement du pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Le pois chiche

1.1. Historique et origine

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme depuis l'antiquité (Van Der-Maesen, 1987). Le pois chiche est originaire du Moyen-Orient, plus précisément du Sud-Est de la Turquie et de la Syrie (Saxena, 1984). Au cours de sa domestication, le pois chiche semble avoir connu plusieurs centres de diversification, dont le plus ancien serait le plateau Anatolien (Van Der-Maesen, 1984). Il s'est rapidement disséminé dans le monde pour devenir une culture importante des environnements subtropicaux et méditerranéens (Muehlbauer et Rajesh, 2008).

Cette culture a réussi à conquérir plusieurs régions du monde dont la partie septentrionale de l'Afrique. Ainsi, l'Afrique du nord constitue un centre de diversité important pour cette espèce (Zine-Zikara *et al.*, 2015). Cette plante est bien adaptée aux régions semi arides (Guignard *et al.*, 2005).

En Algérie, le pois chiche a toujours occupé la deuxième place après la fève, sa culture est située dans l'Est à Skikda, Guelma (zone littoral et sublittoral) et Mila (plains intérieures). Dans l'ouest du pays elle est cultivée principalement à Tlemcen et Sidi Bel Abbas (Zaghouane, 1997 ; Hamadache, 2000), sa production représente 351178 quintaux en 2014 avec un rendement qui demeure assez faible (MADR, 2015).

1.2. Taxonomie de *Cicer arietinum*

Le pois chiche appartient au genre *Cicer* à la classe des Dicotylédones, à la sous-classe des Dialypétales, l'ordre des rosales, famille de Fabaceae, la sous-famille des Papilionaceae, Règne : Plantae et à la section Monocicer (BOCK, 2009 ; Yadav *et al.*, 2007; Staginnus *et al.*, 1999 ; Singh et Diwakar, 1995; Moreno et Cubero, 1978).

Le genre *Cicer* comprend 43 espèces, 9 annuelles et 34 vivaces. Les espèces sauvages de *Cicer* les plus étroitement apparentées à *Cicer arietinum* sont les annuelles *Cicer reticulatum* Ladiz, et *Cicer echinospermum* P.H. Davis. *Cicer reticulatum* est une espèce rare originaire de Turquie, est parfois considérée comme une sous-espèce de *Cicer arietinum* ; sur les plans morphologique, biochimique et caryologique, ils sont très semblables et s'hybride sans problème (Bejiga *et al.*, 2006).

1.3. Morphologie de la plante

Le pois chiche est une plante annuelle de 30 à 70 cm de haut (Fig.1). Cependant, des types de haute taille mesurant plus de 1 m sont cultivés dans certaines régions de la Russie. La plante possède un système racinaire profond. Elle est considérée comme étant bien adaptée aux régions sèches (Street *et al.*, 2008).

Les Feuilles sont alternes (Chekroun, 2011) et composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées (Fig.1-B). Les faces inférieures des feuilles sont couvertes par un duvet formé de poils unis et pluricellulaires (Saxena, 1984 ; Brun *et al.*, 1988), la fleur est bisexuée constituée des organes reproducteurs mâles et femelles.

La corolle est de type papilionacé très zygomorphe, solitaires ou en grappe de deux fleurs (Leport *et al.*, 2006; Chekroun, 2011).La pétale supérieur est très dominante (Chekroun, 2011).

Les gousses mesurent 8 à 41 mm de long et 6 à 15 mm de large (Fig.1-C). Chaque gousse contient généralement 2 graines. Le poids de 100 graines varie entre 7,5 et 68 g. On distingue deux principales catégories de pois chiche, selon la taille et la forme de la graine : le type « Desi », aux petites graines marron foncé et à l'enveloppe rugueuse (Fig.2-B). Les plantes sont buissonnantes à folioles et fleurs relativement petites, à tiges contenant des pigments d'anthocyane violacés et à fleurs d'un bleu violet (Bejiga *et al.*, 2006 ; Street *et al.*, 2008).

Le deuxième type est nommé le type « Kabuli », aux graines plus grandes de couleur blanche crème et à l'enveloppe plus lisse (Fig.2-A). Ce type de pois chiche possède une croissance érigée et à fleurs blanches et tolère le froid (Bejiga *et al.*, 2006 ; Chekroun, 2011).

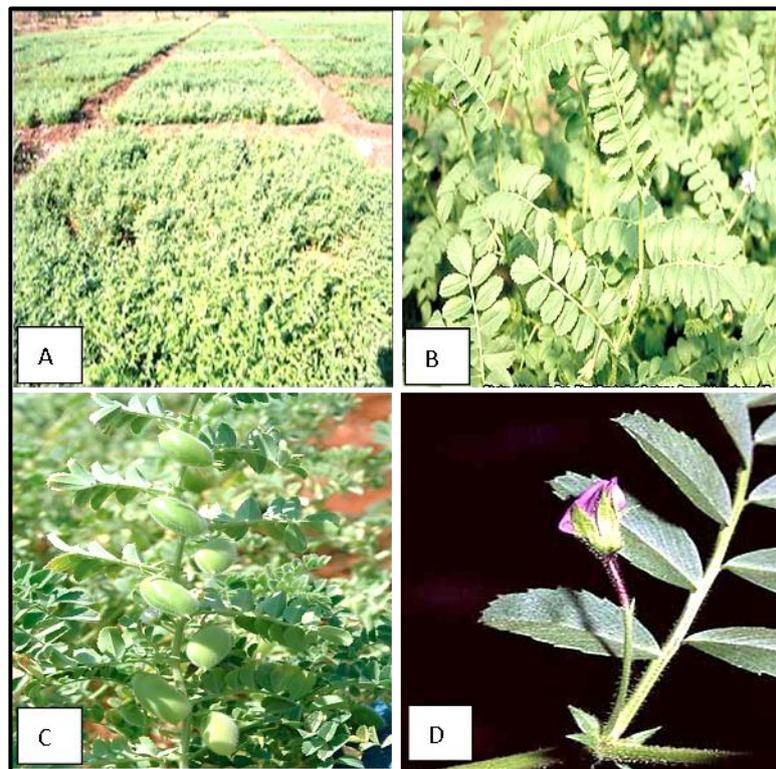


Figure 1. Morphologie de la plante de pois chiche. (A) Vue d'ensemble d'un champ de pois chiche ; (B) Feuilles composées de pois chiche ; (C) Gousses jeunes vertes ; (D) Fleur mauve de *Cicer arietinum*



Figure 2. Types de pois chiche. (A) Kabuli et (B) Desi (Bunyamin, 2015)

1.4. Propriétés nutritionnelles du pois chiche

Le pois chiche, comme toutes les légumineuses, est un aliment naturellement riche en protéines végétales, et comme tous les aliments végétaux il ne contient pas de cholestérol (Anonyme 3, 2016).

Le pois chiche renferme 18 à 30 % de son poids en protéines. De teneur intéressante en matière grasse, il est très bien pourvu en fibres et en minéraux en particulier en Calcium et Chlore. De plus, il offre une quantité importante de vitamines B1, B2 et B9. Le pois chiche s'intègre bien aux régimes végétariens (Charly, 2008).

Les principaux acides gras qui le composent, sont : acide linoléique, acide oléique, acide palmitique, et acide stéarique. Le pois chiche est aussi riche en leucine et en lysine qui sont des acides aminés essentiels (Bejiga *et al.*, 2006).

Tableau 1. Valeur nutritionnelle moyenne pour (100 g) de pois chiche (Ciquai, 2013 in Boukraâ, 2016)

Composés	Quantité	Composés	Quantité
Apport énergétique	1288Kj	Provitamine A	0180mg,
Fibres alimentaires	15,5g	Vitamine B1	0,518mg
Protides	18,6g	Vitamine B2	0,134mg
Eau	8,77g	Vitamine B9	0,340mg
Cendre totales	2,94g	Vitamine C	5,1mg
Glucides	44,3g	Vitamine K	0,264mg
Amidon	41,89g	Calcium	124mg
Sucres	2,41g		
Lipides	5,92g	Chlore	80mg
Acide linoléique	2593mg		
Arginine	1480mg		
Histidine	530mg		

1.5. Importance économique du pois chiche dans le monde et en Algérie

La consommation moyenne annuelle des algériens en pois chiche est estimée à 7 kg par personne soit un besoin de 250 000 tonnes par ans, alors que la production ne dépasse pas les 50 000 tonnes induisant un déficit de 200 000 tonnes (Benabdeli *et al.*, 2010).

Durant cette période, l'Inde représentait entre 60 à 70 % de la production mondiale. Les pays du sous-continent indien, ainsi que l'Australie, produisent surtout du pois « Desi », alors que le Canada produit à la fois du « Desi » et du « Kabuli ».

Les autres pays produisent surtout du « Kabuli ». En moyenne, la production mondiale est constituée de 75 % de « Desi » et 25 % de « Kabuli ». La production de « Kabuli » est plus dispersée (Anonyme 1, 2006).

En 2016 l’Australie premier exportateur mondial de ce légume sec, a atteint une production record de 1,2 million de tonnes, soit une hausse de 21%, selon le ministère australien de l’Agriculture. Cette production est exportée principalement vers l’Inde, le Pakistan et le Bangladesh (Le figaro et AFP, 2016).

Tableau 2. Production du pois chiche en Algérie (2010-2014) (MADR, 2015)

Année	Wilaya	Superficie (ha)	Production (q)
2010	A.Temouchent	6120	58300
	Tlemcen	5228	42000
	Mascara	3200	30070
	Total Algérie	25525	234737
2011	A.Temouchent	6795	57575
	Tlemcen	5319	40000
	Mascara	2700	22530
	Total Algérie	27734	240512
2012	A.Temouchent	8 080	66280
	Tlemcen	5620	39100
	Mascara	2460	24450
	Total Algérie	30562	276750
2013	Tlemcen	5 350	73000
	A.Temouchent	6195	66270
	Mascara	2400	25000
	Total Algérie	29320	349802
2014	Tlemcen	7200	73500
	A.Temouchent	6 490	56526
	Mascara	2640	31700
	Total Algérie	33295	351178

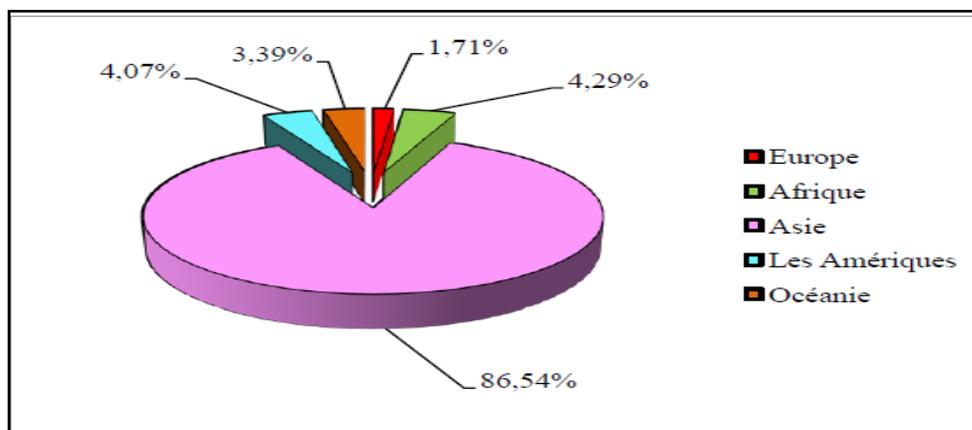


Figure 3. Pourcentage de production du pois chiche par continent en 2013 (FAO, 2016)

1.6. Caractéristiques agronomique

Le pois chiche est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une relation symbiotique avec *Rhizobium ciceris*. Il participe ainsi à fertiliser les sols pauvres, particulièrement dans les zones arides et les terres marginales en Afrique et en Asie (Saxena, 1990), selon Tawaha *et al.*, (2005) le pois chiche ne nécessite pas un grand taux de phosphate, ce qui lui permet de croître sur les sols calcaires très répandus dans les pays méditerranéens ; il permet en conséquence de réduire l'utilisation des engrais chimiques onéreux et néfastes pour l'environnement (David et Khan, 2001). La culture du pois chiche est pratiquée en rotation avec le maïs ou le blé surtout dans les zones arides et semi-arides et les terres sablonneuses non irriguées (Winch, 2006).

1.6.1. Exigences édapho-climatiques

- **Température** : Les graines du pois chiche germent à une température optimum entre 28 à 33°C (Singh et Diwakar, 1995), mais elles peuvent germer entre 10 et 45°C (Singh et Diwakar, 1995). La plante est adaptée au climat intermédiaire, la température optimale exigée varie entre 18°C et 29°C le jour et 20°C la nuit (Girard, 1985). Cette plante souffre dans les environnements chauds (35°C) jour et (18°C) nuit (Lopez-Bellido *et al.*, 2004).
- **Eau** : Peu de besoins en eau, résistant assez bien au stress hydrique, le pois chiche ne demande qu'une pluviométrie moyenne (Singh et Diwakar, 1995; Singh et Bushan, 1979). Sa consommation en eau a été estimée entre 110 et 240 mm par an pour produire des rendements en grains allant de 9 à 30 qx / ha (Singh et Bushan, 1979).
- **Lumière** : Le pois chiche est une plante de jour long, mais fleuri dans toutes les photopériodes. La plus part des légumineuses à grains sont des plantes qui préfèrent le soleil et réagissent à l'ensoleillement en fournissant un grand rendement (Vincent et Gregory, 1986).
- **Sol** : Le pois chiche se cultive dans différents types de sols (Babar *et al.*, 2009; Khan *et al.*, 2009; Yusuf *et al.*, 2002), mais il semble qu'il préfère les sols meubles, profonds, plus ou moins argileux avec une bonne capacité de rétention (Singh et Diwakar, 1995; Moolani et Chandra, 1970).

1.7. Les principales maladies du pois chiche

Les maladies pouvant affecter le pois chiche regroupent plus de cinquante espèces (Nene *et al.*, 1991). Le règne viral et le règne bactérien sont peu représentés alors que la dominance du règne fongique est indéniable (Nene *et al.*, 1996).

1.7.1. Maladies virales

Les maladies virales les plus dévastatrices sont causées par : Le CCDV (Chickpea Chlorotic Dwarf Virus) du pois chiche et le virus de l'enroulement des feuilles de pois (Horn *et al.*, 1995).

1.7.2. Maladies bactériennes

Parmi les maladies bactériennes, on peut citer l'antracnose bactérienne causée par:

- *Xanthomonas campestris* pv. *cassiae* (Nene *et al.*, 1996).
- *Pseudomonas andropogonis* (Smith) Stapp.

1.7.3. Nématodes

Des attaques au niveau des nœuds racinaires peuvent être provoquées par *Meloidogyne incognita* et *Pratylenchus thornei*

1.7.4. Maladies cryptogamiques

Parmi les maladies observées sur la culture du pois chiche en Algérie, l'antracnose causée par *Ascochyta rabiei* est la maladie la plus fréquemment rencontrée et celle qui cause plus des dégâts (Zikara-Zine et Bouznad, 2007).

Le pois chiche est aussi sensible à la pourriture grise causée par *Botrytis cinerea*, dans certains pays tempérés et subtropicaux (Davidson *et al.*, 2004).

Le flétrissement, causé par les champignons du genre *Fusarium*, est considéré parmi les maladies les plus importantes sur pois chiche où des prospections réalisées dans les différentes régions du pays, ont révélé la forte présence de cette maladie (Bouznad *et al.*, 1990). Dans le Nord-Ouest du pays 20 à 45 % des champs prospectés sont affectés par la fusariose du pois chiche (Maatougi, 1996).

De même la fusariose du pois chiche, causée principalement par *Fusarium oxysporum*, est surtout présente dans les sols lourds et les sols mal drainés (Anonyme 2, 2011).

2. La fusariose vasculaire

Les *Fusarium* sont des champignons ubiquistes dans les sols, certains d'entre eux sont pathogènes et responsables des fusarioses vasculaires qui entraînent des pertes économiques considérables sur un grand nombre de légumineuse (Belabid *et al.*, 2000). Les espèces de *Fusarium* provoquent des maladies qui entraînent des pertes économiquement importantes comme le flétrissement vasculaire (Fravel *et al.*, 2003). Le *Fusarium oxysporum* est capable de survivre pendant plusieurs années dans les conditions les plus défavorables, en absence de plante hôte (Kommeshal *et al.*, 1970).

2.1. Taxonomie

Le *Fusarium oxysporum* appartient aux Hyphomycètes (champignons imparfaits, Fungi imperfecti), La forme imparfaite (anamorphe) est caractérisée par un mycélium septé. Les conidies sont hyalines généralement unicellulaires sur des conidiophores libres (Lepoivre, 2003). C'est un Deutéromycète. Ses hyphes sont septes et ramifiés. Les micro-conidies ovales, droites, ou incurvées sont portées par des conidiophores courts ou latéralement par les hyphes (Benfreha, 2008).

2.2. Présentation de la maladie

La fusariose est répandue presque dans toutes les régions de culture du pois chiche, et provoque des pertes de rendement qui peuvent atteindre les 100% (Landa *et al.*, 2004), elle peut être aussi l'un des facteurs limitant majeur de la productivité du pois chiche (Haware *et al.*, 1996). La fusariose du pois-chiche est surtout présente dans les sols lourds et les sols mal drainés des terres de basse altitude. Elle est principalement causée par *Fusarium oxysporum* (Anonyme 2, 2011).

2.2.1. Symptomatologie

La maladie se manifeste par un flétrissement, partiel ou total, suivi d'un jaunissement et d'un dessèchement de la plante. Lorsque le pied de la tige est sectionné, on observe un brunissement au niveau des vaisseaux attaqués (Nasraoui, 2000). Les gousses des plantes du pois chiche malades apparaissent normales, mais les graines sont généralement plus petites, froissées et décolorées (Pande *et al.*, 2007). Selon le type de symptômes, deux pathotypes sont

décrits chez le *F. oxysporum*. Le 1^{er} pathotype est responsable d'un jaunissement foliaire progressif avec un brunissement des tissus vasculaires et une mort tardive des plants. Le 2^{ème} pathotype est responsable du flétrissement en induisant une chlorose sévère et rapide avec un brunissement des tissus vasculaires et une mort précoce des plants (Trapéro-Casas et Jiménez-Díaz, 1985).



Figure 4. Symptômes de la fusariose vasculaire du pois chiche. (A) Symptômes de jaunissement et flétrissement du plant entier ; (B) Symptômes sur le collet montrant un brunissement en coupe longitudinale (Cunnington, 2009)

2.2.2. Cycle de vie

Le *F. oxysporum* est un parasite tellurique doué d'une vie saprophytique. Par ces organes de résistance, les chlamydospores, il est capable de survivre pendant plusieurs années dans les conditions les plus défavorables (Haware *et al.*, 1986). Les plantes peuvent être infectées à travers les racines par les blessures ou au moment de la formation des racines latérales (Agrios, 1988).

Le mycélium peut se développer dans l'espace intercellulaire des racines pour atteindre les tissus vasculaires. En se développant, le mycélium produit les microconidies. La prolifération de la croissance mycélienne dans les vaisseaux conducteurs provoque le flétrissement et la mort de la plante (Klein et Correll, 2001).

La fusariose se développe dans les tissus en décomposition, visiblement présentant des sporodochies sur la partie inférieure de la plante. Les spores sont dispersées par le mouvement de plantes elles-mêmes, par le vent et l'eau (Agrios, 1988). Généralement, l'infection débute par la germination des chlamydospores, le tube germinatif s'introduit à travers l'épiderme du système racinaire induit par conséquent une pourriture racinaire par sécrétion des enzymes pectolytique (Gupta *et al.*, 1986).

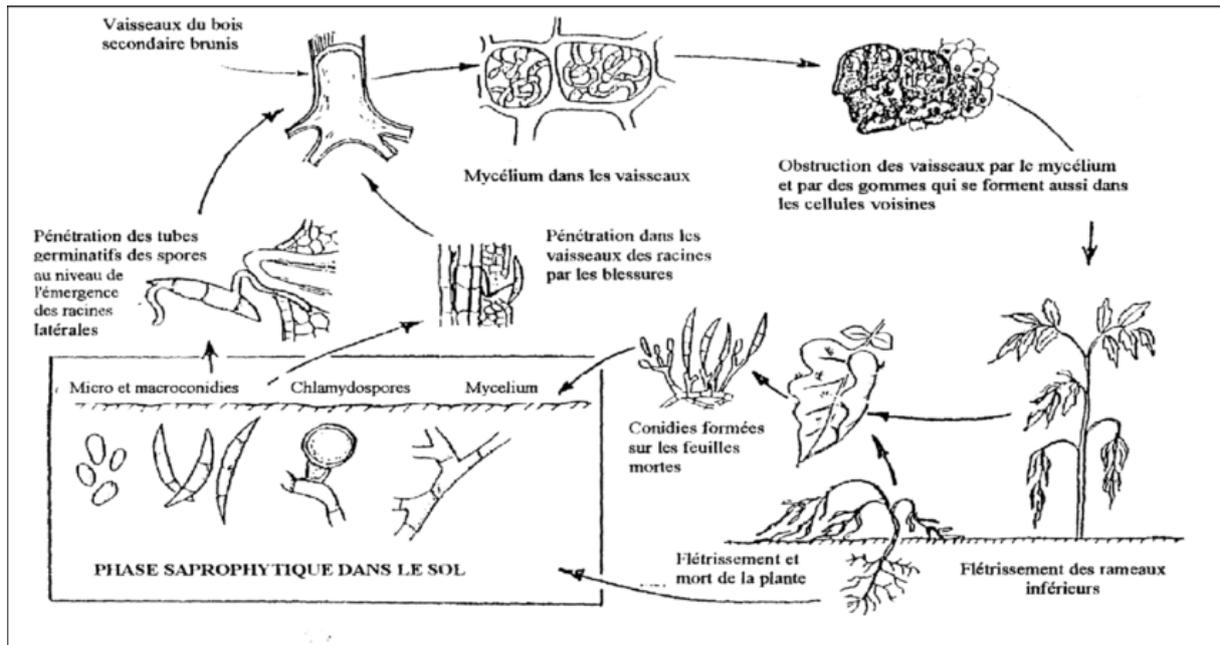


Figure 5. Cycle biologique de *Fusarium oxysporum*

2.3. Méthodes de lutte

2.3.1. Lutte culturale

Les méthodes de lutte culturale contre les maladies fongiques en générale concernent toutes les actions culturales qui peuvent créer des conditions défavorables aux pathogènes et favorables aux plantes. Parmi ces actions, la destruction (ramasser ou brûler) des repousses et des hôtes alternatifs qui peuvent former des réservoirs de pathogènes durant la saison où la culture est absente, est une action importante qui réduit le niveau d'inoculum primaire. L'interruption du cycle biologique de certains pathogènes est possible par la destruction de leurs hôtes secondaires comme dans le cas des rouilles (Nasraoui, 2008).

Selon Chérif *et al.*, (2007) l'utilisation des semences non infectées ou traitées pour prévenir l'infection du pois chiche durant la saison de croissance. Aussi, l'avancement de la date de semi du pois chiche du début de printemps vers la fin de l'hiver empêche le développement épidémique du flétrissement et minimise la sévérité de la maladie (Navas-Cortes *et al.*, 1998).

2.3.2. Lutte chimique

Les fongicides appliqués en pulvérisation ou en saupoudrage sur les plantes sont utilisés pour lutter contre les maladies fongiques. L'application de fongicides selon la famille chimique peut être préventive ou curative. Les fongicides sont également utilisés en traitement des semences et en traitement du sol. Leur inconvénient reste cependant la possibilité de développer des souches fongiques résistantes. Les matières actives les plus couramment utilisées en traitement de semences sont : *Carbendazime*, *Carboxine*, *Thirame* et ceux utilisés contre les maladies foliaire sont : *Carbendazime*, *Thiophanate-méthyl* (Nasraoui, 2008).

2.3.3. Lutte biologique

La lutte biologique contre les agents pathogènes des plantes est définie comme l'utilisation de processus biologiques pour diminuer la densité d'inoculum des agents pathogènes dans le but de réduire leur capacité à induire la maladie. La lutte biologique peut être conduite de manière directe ou indirecte. Les stratégies indirectes comportent, par exemple, l'utilisation d'amendements du sol de façon à augmenter la population d'antagonistes microbiens contre un agent pathogène spécifique (Lydie, 2010).

La résistance du pois chiche vis-à-vis des attaques pathogéniques par le contrôle biologique peut faire appel à des microorganismes antagonistes tels que les bactéries du genre : *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Rhizobium* ou à des champignons antagonistes, cas de quelques espèces du genre *Trichoderma*. Les agents de lutte biologique vont permettre d'induire une résistance chez la plante à travers l'accumulation des composés phénoliques et de phytoalexines et l'activation de ces mécanismes de défense (Chérif *et al.*, 2007).

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

Ce travail consiste à évaluer l'effet *in vitro* de deux espèces de *Trichoderma* sur le développement de *Fusarium oxysporum*. Pour cela deux méthodes de confrontation (directe et indirecte) sont testées.

1. Matériel biologique

1.1. Matériel fongique pathogène

Le matériel fongique a été obtenu par isolement des pathogènes à partir d'échantillon de plantes infectées présentant des symptômes types caractéristiques de la maladie issus des prospections réalisées par le personnel de l'INRAA – URC dans l'Ouest algérien. Il s'agit d'échantillons de tiges, du collet, feuilles, Gousse, Graine et de racines.

1.2. Matériel fongique antagoniste

Deux isolats antagonistes du genre *Trichoderma* (*T.sp.1*, *T.sp.2*), utilisées dans les deux types de confrontation, sont obtenus à partir de la collection de l'Unité de recherche de Constantine, un est isolé à partir du sol et l'autre est issu d'isolement de la partie aérienne d'un plant de pois chiche.

2. Méthodes

2.1. Isolement du matériel fongique

Les méthodes utilisées sont des techniques conventionnelles adoptées par l'URC. Les isollements sont réalisés à partir de parties de plants de pois chiche (feuilles, collet et racines) présentant des symptômes caractéristiques de la maladie (flétrissement et jaunissement).

Des petits fragments sont coupés et désinfectés à l'eau de Javel à 2% pendant 1 minute, par la suite les échantillons sont rincés deux fois à l'eau distillée stériles pendant 1 minute à chaque fois.

Après le séchage sur papier buvard en conditions stériles, les fragments sont déposés dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA - Potato Dextrose Agar (Annexe1). Les boîtes sont ensuite incubées à l'obscurité et à 28 °C pendant 5 à 6 jours (Fig.6).



Figure 6. Isolement du pathogène sur milieu PDA

2.2. Purification

La purification a concerné principalement les colonies dont l'aspect cultural est similaire à celui du *Fusarium*. Il s'agit donc de prélever une petite bouture mycélienne et de l'ensemencer de manière aseptique au centre d'une boîte de Pétri contenant du PDA (Fig.7).

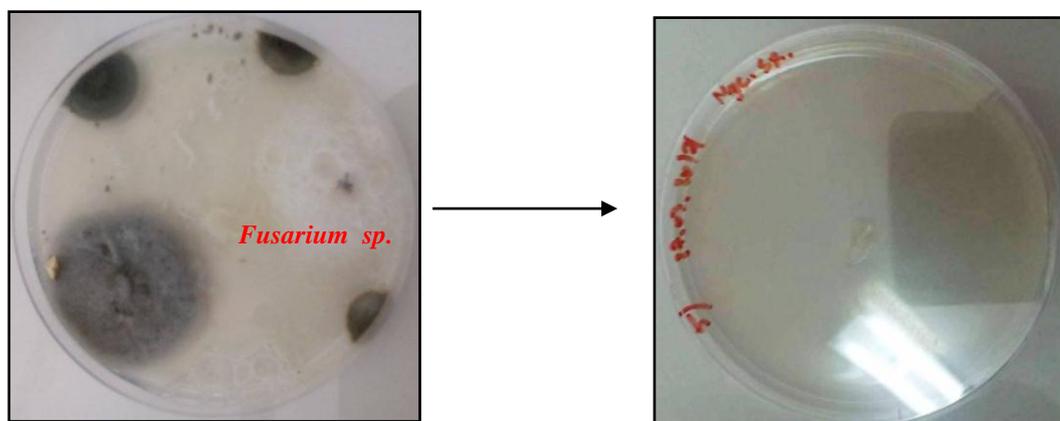


Figure 7. Purification de *Fusarium sp.* sur milieu PDA

2.3. Identification macroscopique et microscopique

L'identification des isolats obtenus de chaque pathogène est réalisé par l'observation macroscopique en fonction de l'aspect des cultures observées et par observation microscopique selon l'aspect du mycélium et des spores observées sous microscope. Les observations portent sur les critères culturaux, indispensables à la détermination de l'espèce.

2.4. Conservation

Les isolats purifiés et identifiés sont conservés à 4°C dans des tubes à essai contenant le milieu PDA incliné.

3. Confrontation *in vitro*

3.1. Technique de confrontation directe

La confrontation directe est réalisée selon la technique décrite par Dennis et Webster (1980).

Cette technique consiste à déposer sur la même boîte de Pétri contenant 15 ml de milieu PDA, deux pastilles gélosées de 6 mm, l'une portant la souche antagoniste à tester (*Trichoderma sp.1* et *Trichoderma sp.2*) et l'autre l'agent pathogène *Fusarium oxysporum*, suivant un axe diamétrale de 3 cm. L'incubation est réalisée à 28 ± 2 °C pendant 10 jours (Fig.8).

La comparaison se fait alors par rapport à une boîte témoin en absence d'antagoniste

L'évaluation de l'inhibition est estimée par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne selon la formule décrite par (Whipps, 1997) :

$$I(\%) = (1 - D_n / D_o) \times 100$$

I(%) : représente inhibition moyenne de la croissance mycélienne

D_n : le diamètre moyen du champignon pathogène

D_o : le diamètre moyen du champignon témoin

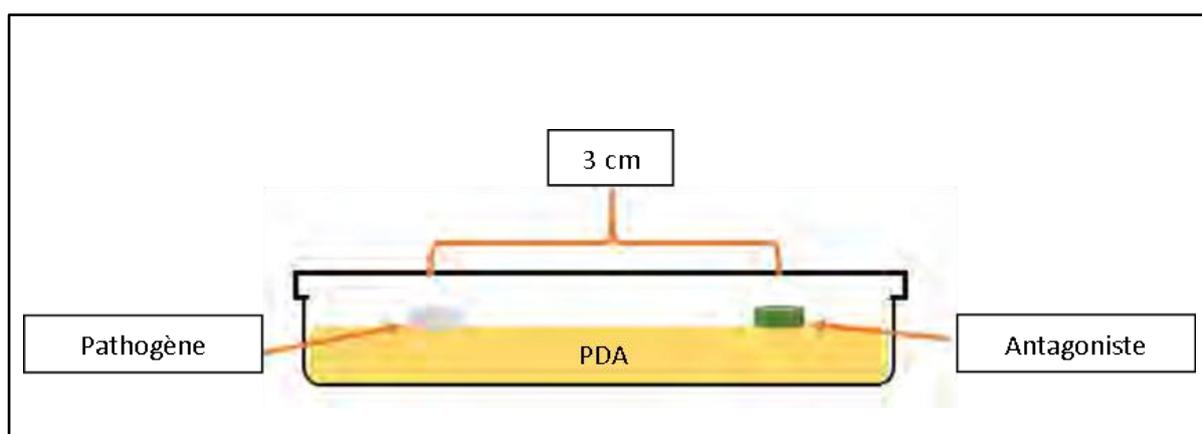


Figure 8. Présentation schématique de la technique de confrontation directe

3.2. Technique de confrontation indirecte

Cette méthode est appelé également technique des « métabolites volatiles ». Le principe utilisé dans cette méthode repose sur la technique utilisée par Camporta (1985). Elle consiste à déposer les deux pastilles gélosées, dans deux boîtes de Pétri différentes, contenant chacune 15 ml du milieu PDA. Les deux boîtes sont ensuite reliées de manière superposée par un parafilm dans des conditions aseptiques. L'incubation se fait aussi à 28 ± 2 °C pendant 10 jours (Fig.9).

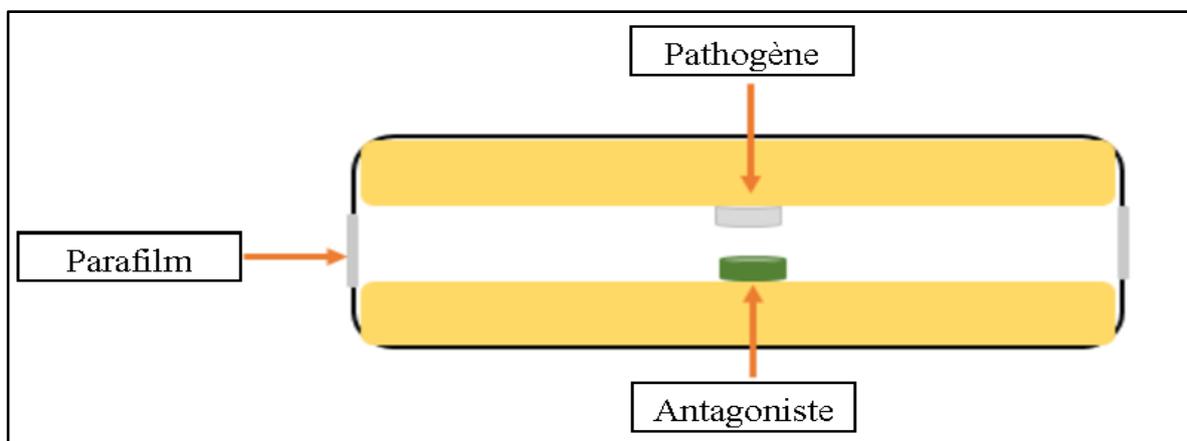


Figure 9. Présentation schématique de la technique de confrontation indirecte

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

L'approche de lutte biologique contre l'agent causal de la fusariose du pois chiche « *Fusarium oxysporum* » en utilisant deux isolats du genre *Trichoderma* et en se basant sur des méthodes de confrontation directe et indirecte *in vitro*, a révélée plusieurs résultats intéressants.

1.1. Isolement et identification des champignons à partir du végétal du végétal

Lors de l'isolement de l'agent pathogène à savoir le *F. oxysporum*, plusieurs autres champignons ont été révélés. L'identification macroscopique et microscopique a révélé une diversité importante des cultures obtenues. En tout quatre genres se sont révélés : *Penicillium sp.*, *Chrysosporium sp.*, *Cladosporium sp.* (Fig.10) et *Fusarium sp.* (Fig.11).

1.1.1. Caractéristiques des champignons

- Le mycélium du *Penicillium* est de type cloisonné portant de nombreux conidiophores isolés, ramifiés, terminés par un pénicille (Fig.10-B).
- Le *Chrysosporium sp.* est caractérisé par un mycélium végétatif qui donne naissance à des conidies terminales ou latérales. Les conidies sont unicellulaires et ovoïdes (Fig.10-A).
- L'observation microscopique du *Cladosporium sp.* révèle des hyphes septés et pigmentés. Ils produisent des conidiophores de longueurs variable, l'ensemble des conidies forme de longues chaînes acropètes, ramifiées (Fig.10-C).

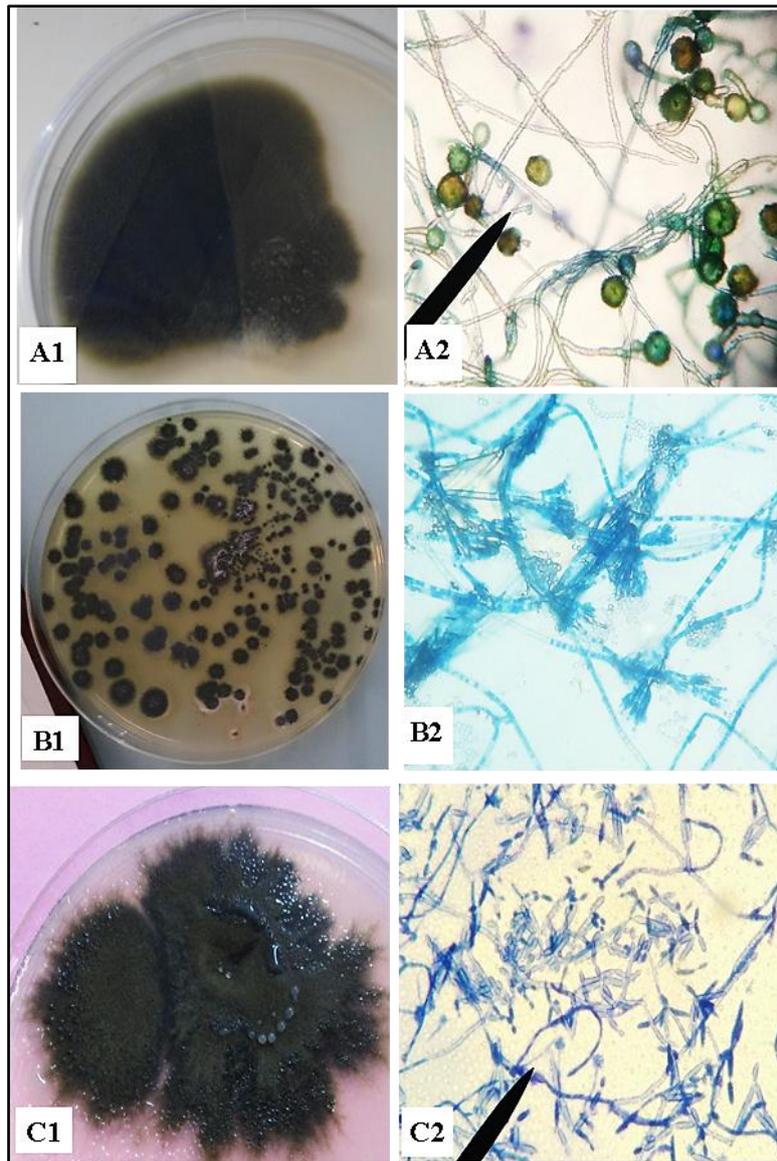


Figure 10. Aspect de *Chrysosporium sp.*; *Penicillium sp.* ; *Cladosporium sp.* respectivement (A1, B1 et C1) aspect cultural ; (A2, B2 et C2) aspect microscopique (G×40)

1.1.2. Caractéristiques de *F. oxysporum*

L'isolement sur milieux solide à partir de matériel végétal a révélé un mycélium blanchâtre-rosâtre et cotonneux (Fig.11-A). Après purification l'observation microscopique a révélé un thalle à croissance rapide, des spores sous forme courte et amincie aux deux extrémités et peuvent présenter 2 à 3 cloisons (macroconidies fusiformes), des microconidies septées, courbées ou ovoïdes, ainsi que des chlamydospores (Fig.11-B).

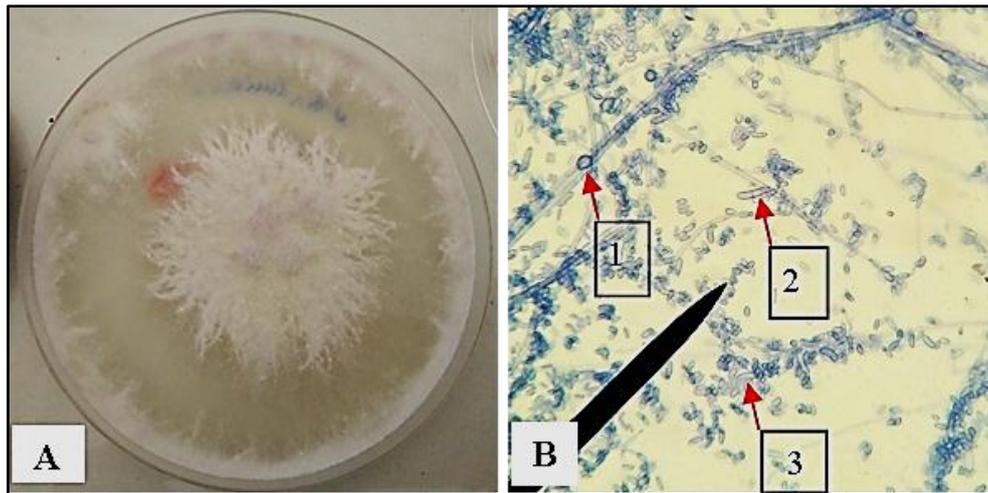


Figure 11. Aspect Culturelle (A) et microscopique (B) de *Fusarium oxysporum*
 B : Chlamydospores (1) ; macrospores (2) et microspores (G×40) (3)

1.1.3. Caractéristiques des souches antagonistes

Les deux isolats antagonistes du genre *Trichoderma*, utilisées pour la réalisation des confrontations appartiennent à la collection de l'Unité de Recherche de Constantine. Les cultures sont de couleur verte plus ou moins intense selon l'isolat. Sous microscope le *Trichoderma sp.* présente des conidies unicellulaires globuleuses, des phialides en forme de quille, verticillées sur des conidiophores ramifiés à angle droit ou sur leurs branches latérales (Fig.12).

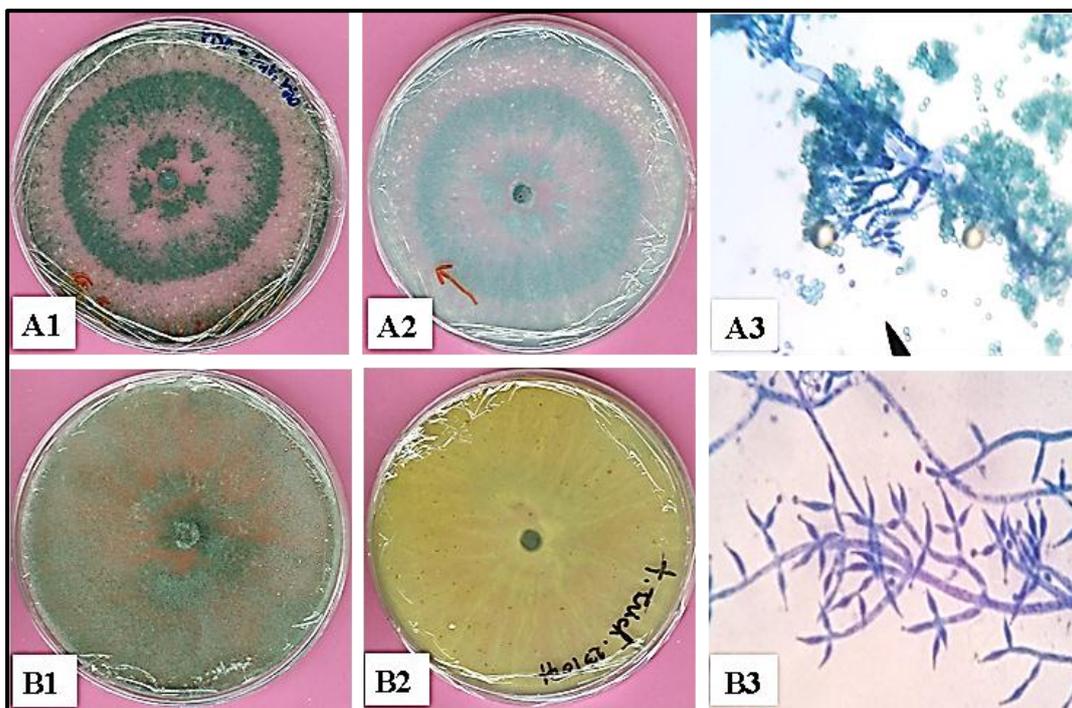


Figure 12. Aspect culturel et microscopique des isolats de *Trichoderma* testées

- (A) Aspect de *Trichoderma sp.1*. Recto de la boîte (A1) ; Verso de la boîte (A2) et Aspect microscopique (G×40) (A3)
- (B) Aspect de *Trichoderma sp.2*. Recto de la boîte (B1) ; Verso de la boîte (B2) et Aspect microscopique (G×40) (B3)

1.2. Résultats des confrontations

La confrontation directe du *F. oxysporum* avec les antagonistes *Trichoderma sp.1* (isolé à partir du sol), *Trichoderma sp.2* (isolé à partir du végétal) a révélé des différences des effets inhibiteurs des antagonistes.

1.2.1. Confrontation directe

a. *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma sp.1*

Les résultats obtenus après 10 jours d'incubation à $28 \pm 2^\circ\text{C}$, ont montré que la croissance mycélienne du témoin pathogène est plus importante que celle obtenue avec celle du pathogène en confrontation. En effet, la croissance du *F. oxysporum* cultivé seul est de 45 mm, contrairement qu'en présence de *Trichoderma sp.1* où la croissance est de 13,33 mm seulement soit une diminution d'environ 32 mm soit un taux d'inhibition de 69,64%. (Fig.13; Tab.3).

A la fin des 10 jours d'incubation l'agent antagoniste a atteint 64,33 mm de croissance mycélienne (Tab.3).

Tableau 3. Croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en confrontation directe avec *Trichoderma sp.1*

Jours	Agent pathogène <i>F. oxysporum</i>	Témoin <i>F. oxysporum</i>	Agent antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i>	Témoin <i>Trichoderma sp.1</i>	Pourcentage d'inhibition (%)
1	3,66	4	4	5	8,5
2	8	9	13	11	11,11
3	12,66	14	29,33	29	9,57
4	13 ,66	21	39,66	43	34,95
5	13 ,66	26	41	44	47,46
6	13 ,66	31	42	44	55,93
7	13 ,66	36	42,66	44	62,05
8	13 ,66	41	48,33	45	66,68
9	13 ,66	45	53,33	45	69,64
10	13 ,66	45	64,33	45	69,64

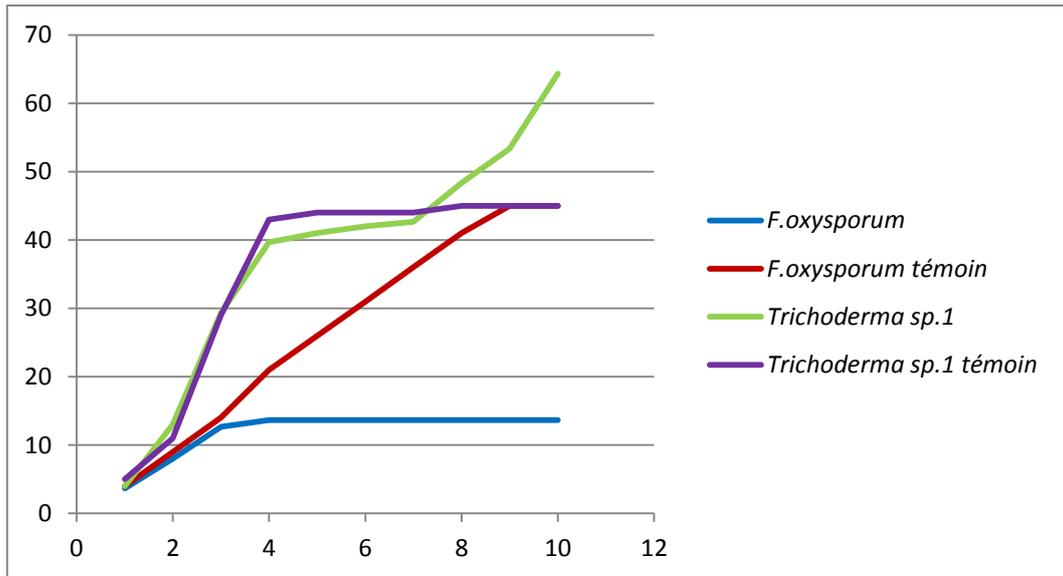


Figure 13. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.1* sur le développement de l'agent pathogène *Fusarium oxysporum*

b. *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma sp.2*

Les résultats obtenus après 10 jours d'incubation à 28 ± 2 °C, ont montré que la croissance mycélienne du témoin pathogène est plus importante que celle obtenue avec celle du pathogène en confrontation. En effet, la croissance du *F. oxysporum* cultivé seul est de 45 mm, contrairement qu'en présence de *Trichoderma sp.2* où la croissance est de 15 mm seulement soit un taux d'inhibition de 66,66% (Fig.14 ; Tab.4).

A la fin des 10 jours d'incubation l'agent antagoniste a atteint 60 mm de croissance mycélienne (Tab.4).

Les valeurs obtenues montrent qu'il n'existe pas une nette différence entre les deux antagonistes testés. Le *Trichoderma sp.1* possède un effet inhibiteur supérieur à celui de *Trichoderma sp.2* d'environ 2 mm sur la croissance mycélienne du pathogène étudié (Fig.15)

Tableau 4. Croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en confrontation directe avec *Trichoderma sp.2*

Jours	Agent pathogène <i>F. oxysporum</i>	Témoin <i>F. oxysporum</i>	Agent antagoniste <i>Trichoderma sp.2</i>	Témoin <i>Trichoderma sp.2</i>	Pourcentage d'inhibition (%)
1	4	4	4,66	5	0
2	8,66	9	12	14	3,77
3	13,33	14	22	25	4,78
4	15	21	35,33	40	28,57
5	15	26	38,66	41	42,31
6	15	31	42	42	51,61
7	15	36	44	43	58,33
8	15	41	46	44	63,41
9	15	45	50	45	66,66
10	15	45	60	45	66,66

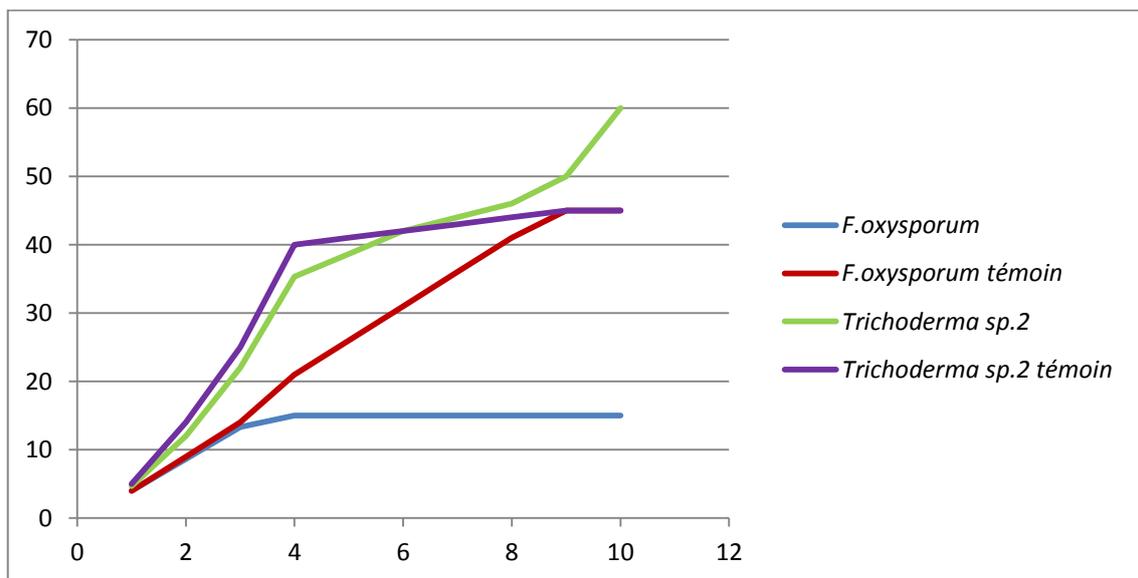


Figure 14. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.2* sur l'agent pathogène *Fusarium oxysporum*

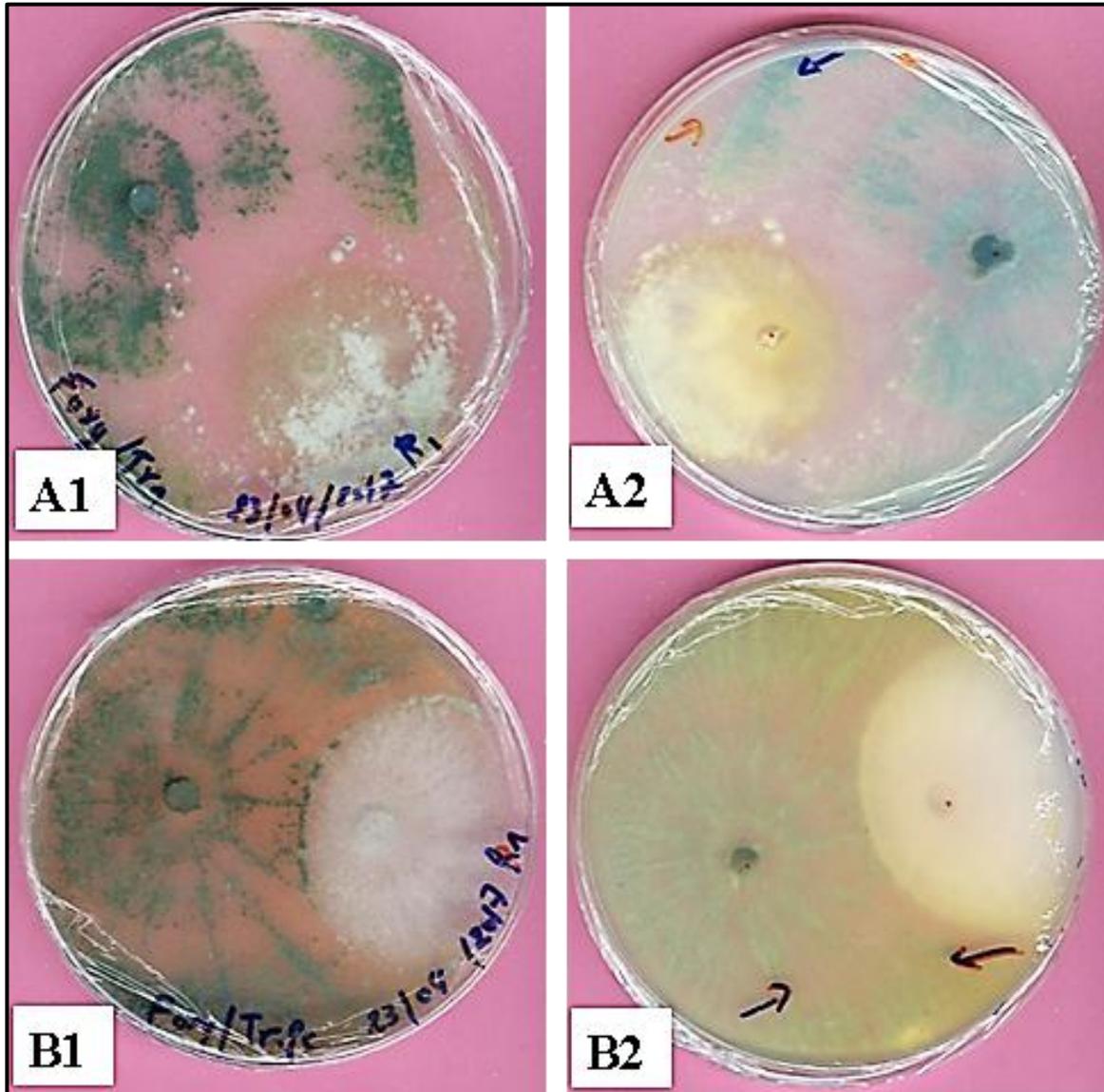


Figure 15. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.1* et *Trichoderma sp.2*, respectivement (A1, B1) recto et (A2, B2) verso de la boîte, sur l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* en confrontation directe

1.2.2. Confrontation indirecte

a. *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma sp.1*

La croissance mycélienne du pathogène est de 39 mm à la fin du 10^{ème} jour d'incubation. Elle est de 45 mm au niveau du témoin (Fig.18-A1 ; Tab.5).

En ce qui concerne le *Trichoderma sp.1*, la croissance à la fin de l'incubation est de 45 mm soit l'égal du témoin de ce dernier (Fig.18-A2 ; Tab.5).

Ce qui montre que l'antagoniste testé a eu un effet inhibiteur à distance de la croissance de *F. oxysporum* de 6 mm (Fig.16 ; Fig.18).

Tableau 5. Croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en confrontation indirecte avec *Trichoderma sp.1*

Jours	Agent pathogène <i>F. oxysporum</i>	Témoin <i>F. oxysporum</i>	Agent antagoniste <i>Trichoderma sp.1</i>	Témoin <i>Trichoderma sp.1</i>
1	4	4	4	5
2	9	9	9	11
3	15,66	14	28	29
4	21,33	21	41,66	43
5	26,66	26	42,33	44
6	30	31	42,66	44
7	30	36	42,66	44
8	31	41	44	45
9	32	45	45	45
10	39	45	45	45

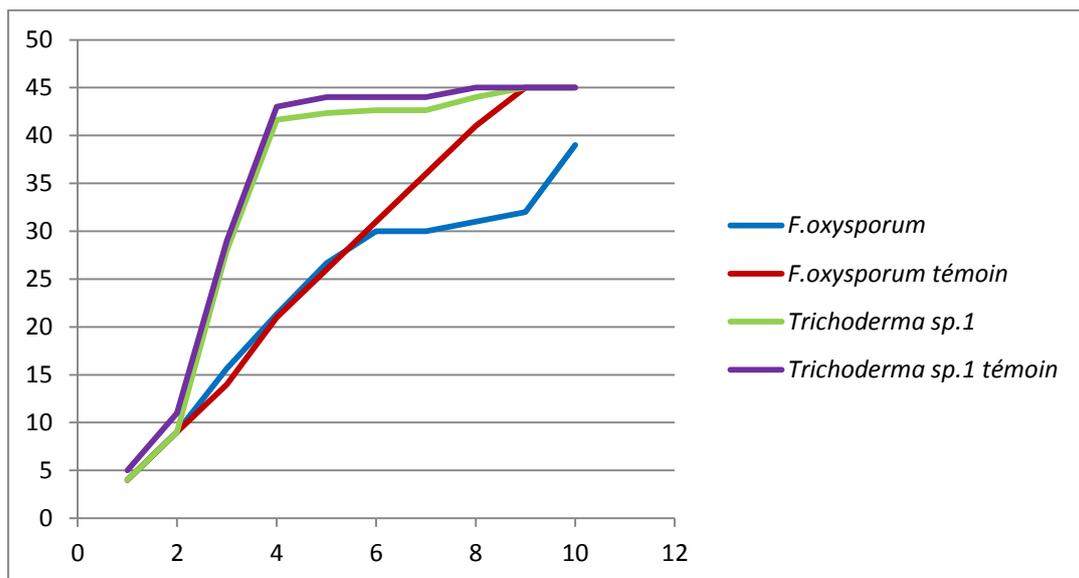


Figure 16. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.1* sur l'agent pathogène *Fusarium oxysporum*

b. *Fusarium oxysporum* et *Trichoderma sp.2*

La croissance mycélienne du pathogène *Fusarium oxysporum* est de 40,66 mm à la fin du 10^{ème} jour d'incubation elle est peu réduite par rapport au témoin (45 mm) (Fig.18-B1).

En ce qui concerne le *Trichoderma.sp.2*, la croissance à la fin de l'incubation est de 42,66 mm (Fig.18-B2).

Le repiquage simultané de *Trichoderma sp.2* et du *F. oxysporum*. montre une réduction de croissance du pathogène d'environ 5 mm soit 1 mm en moins que l'inhibition causée par *Trichoderma.sp.1* (Fig.17 ; Tab.6).

Tableau 6. Croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* en confrontation indirecte avec *Trichoderma sp.2*

Jours	Agent pathogène <i>F. oxysporum</i>	Témoin <i>F. oxysporum</i>	Agent antagoniste <i>Trichoderma sp.2</i>	Témoin <i>Trichoderma sp.2</i>
1	4	4	5	5
2	9	9	13,33	14
3	16	14	27,33	25
4	21,33	21	36,66	40
5	22,66	26	38,33	41
6	24	31	40	42
7	24,33	36	40,66	43
8	29,66	41	42	44
9	34,66	45	42,66	45
10	40,66	45	42,66	45

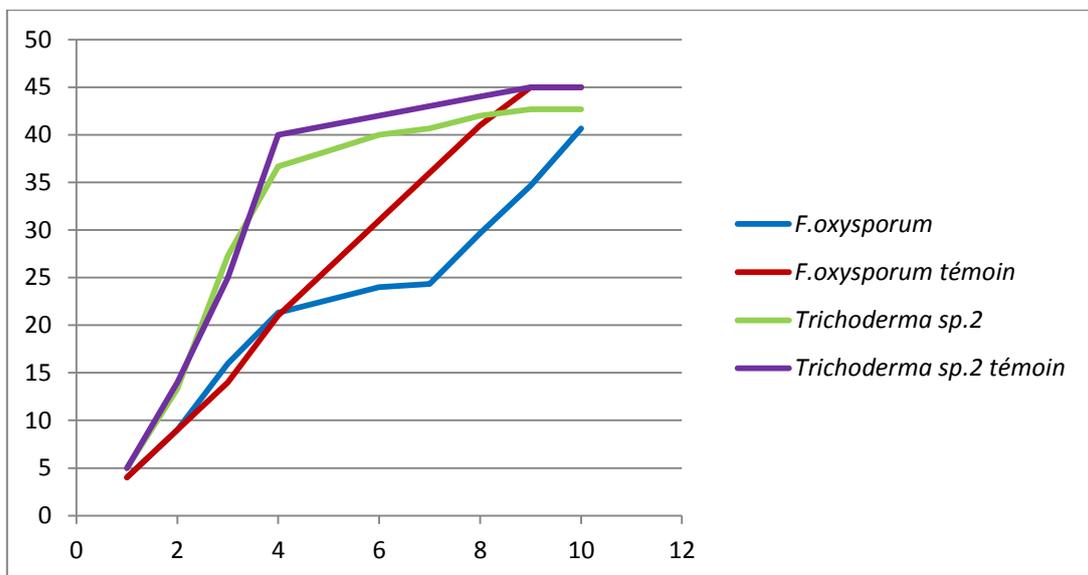


Figure 17. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.2* sur l'agent pathogène *Fusarium oxysporum*

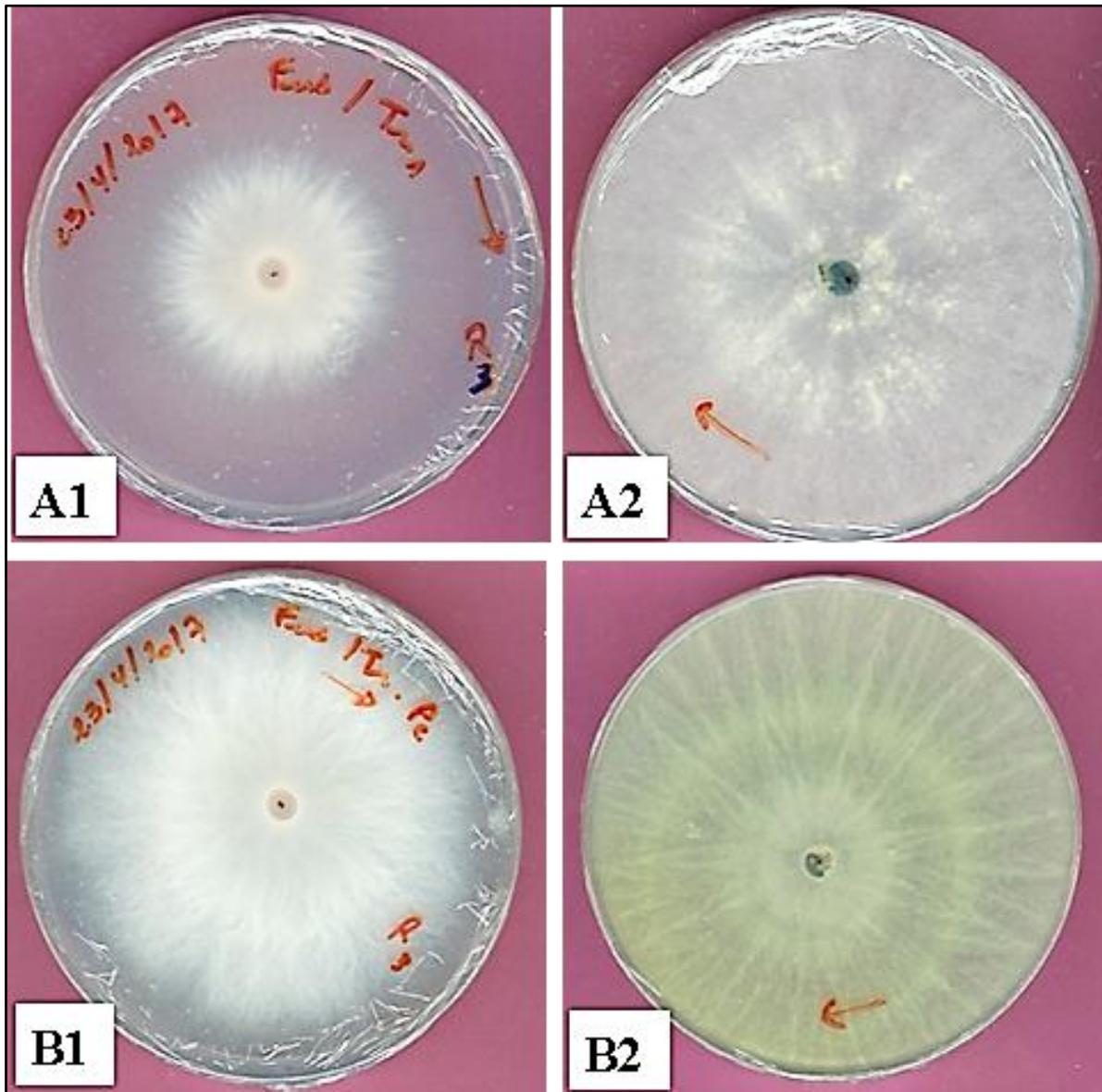


Figure 18. Effet de l'antagoniste *Trichoderma sp.1* et *Trichoderma sp.2*, respectivement (A1, B1) face pathogène et (A2, B2) face antagoniste de la boîte, sur l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* en confrontation indirecte

2. Discussion

La lutte biologique est considérée comme le moyen de lutte alternative à la lutte chimique le plus efficace et économique contre les maladies des plantes

Cette étude consiste en une approche de control biologique de *Fusarium oxysporum* qui est l'agent responsable du flétrissement vasculaire du pois chiche, en utilisant un agent antagoniste d'un genre largement utilisé dans la lutte biologique. Deux isolats de *Trichoderma sp.* ont été testés *Trichoderma sp.1* et *Trichoderma sp.2*.

Après isolement à partir d'échantillon de plantes de pois chiche présentant des symptômes types caractéristiques de la fusariose vasculaire les quatre genres de champignons sont isolés et identifiés (*Fusarium sp*, *Penicillium sp*, *Chrysosporium sp* et *Cladosporium sp.*).

L'effet antagoniste de deux isolats de *Trichoderma* a été testé en utilisant deux techniques de confrontation (directe et indirecte).

La confrontation directe sur milieu PDA de *Fusarium oxysporum* avec les agents antagonistes « *Trichoderma sp.* », Démontre que les moyennes de la croissance mycélienne du pathogène en présence de l'antagoniste sont inférieures à celles du témoin. Cette réduction est suivie par un arrêt complet de la croissance correspondant à un pourcentage d'inhibition de 69,64% en présence de *Trichoderma sp.1* et 66,66% en présence de *Trichoderma sp.2*. Nous remarquerons que *Trichoderma sp.1* est plus efficace que *Trichoderma sp.2*.

Aussi, l'apparition d'une zone d'inhibition seulement en présence de *Trichoderma sp.1* à partir du septième jour d'incubation. Ces résultats sont conformes avec les travaux de Benzohra *et al.* (2016) sur l'effet du *Trichoderma* contre *Ascochyta rabiei* et de Bekkar (2015) sur *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*.

Elad (2000) a montré que *T. harzianum* attaque les champignons phytopathogènes par mycoparasitisme et production d'antibiotiques. De même, Bekkar (2015) a montré que les espèces appartenant au genre *Trichoderma* notamment *T. harzianum*, *T. koningii* et *T. longibrachiatum* peuvent être utilisées comme des agents de lutte en phytoprotection.

La confrontation à distance démontre que les moyennes de la croissance mycélienne de *F. oxysporum* en présence de *Trichoderma sp.* sont peu inférieurs que celles du témoin. Cette réduction est déterminée par la sécrétion des substances volatiles photogènes. Ces résultats sont similaires aux travaux du Almi *et al.* (2015).

Selon Howell (2003) et Harman *et al.*, (2004) l'antibiose est un autre mode d'antagonisme effectué par *T. harzianum* et *T. viride* par la sécrétion de substances volatiles comme les glio-viridines et les glio-toxines, substances qui jouent des rôles d'antibiotiques, capables d'inhiber le développement de plusieurs deutéromycètes phytopathogènes.

Nous remarquons que les métabolites diffusibles sont hautement plus efficaces que les métabolites volatiles.

L'efficacité des souches du genre *Trichoderma* a également été prouvée par les différents résultats des études de Bassin *et al.* (1999), Faheem Amin *et al.* (2010), Inbar *et al.* (1994), Sivan et Chet (1993) et Ubalua *et al.* (2007), qui ont signalé que le *Trichoderma* a des effets inhibiteurs importants sur les pathogènes tels que *Fusarium solani* et *Cylindrosporium sp.*

CONCLUSION

CONCLUSION

Le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) est l'une des plus importantes légumineuses alimentaires cultivées dans le monde. En Algérie, le pois chiche est la seconde légumineuse alimentaire après la fève. Cependant cette culture est exposée à de nombreuses maladies bactériennes virales et notamment fongiques dont la fusariose vasculaire causé par *Fusarium oxysporum*.

La lutte biologique contre les agents causaux du flétrissement vasculaire et la pourriture racinaire à l'aide de champignons antagonistes semble être une alternative prometteuse à l'emploi des fongicides. De ce fait, pour entreprendre une lutte biologique contre les maladies des plantes, le choix des microorganismes antagonistes des agents pathogènes est un critère très important. Parmi ces agents antagonistes quelques espèces du genre *Trichoderma* sont déjà commercialisées pour le contrôle biologique de nombreux agents pathogènes des plantes.

Ce présent travail est une étude de l'effet antagoniste *in vitro*, de *Trichoderma sp.1* (isolé à partir du sol) et *Trichoderma sp.2* (isolé à partir des parties aérienne de la plante), sur la croissance mycélienne *F. oxysporium*.

Les résultats des confrontations ont révélé un effet inhibiteur important des antagonistes sur le pathogène étudié. En ce qui concerne les isolats confrontés directement, le *Trichoderma sp.1* présente un taux d'inhibition de 69,64% avec formation de zone d'inhibition. Le *Trichoderma sp.2* présente un taux d'inhibition de 66,66% légèrement inférieur à celui de *Trichoderma sp.1*.

Les résultats obtenus sont intéressent et doivent être confirmés *in situ* afin de mieux valoriser l'effet antagoniste des deux isolats testés et d'élargir l'utilisation des agents antagonistes dans les contrôles biologique surtout de genre *Trichoderma* pour diminuer l'utilisation des fongicides chimiques et protéger les cultures des légumineuses.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Agrios G. N.**, 1988. Plant pathology. 3rd edition. San Diego (CA): Academic Press, Inc. 803p.
2. **Almi H., Oufroukh A., Dehimat L., Kacem Chaouche N., Sabri A. et Thonart P.**, 2015. Effect of Two *Trichoderma harzianum* Species in *Fusarium solani* and *Cylindrosporium sp*, pathogens of *Lens culinaris*. International Journal of Recent Scientific Research. 6, pp: 7556-7560.
3. **Anonyme 1**, 2006. Pois chiche. Bulletin bimensuel. 19(13), pp: 2-4.
 <<manualzz.com/doc/18249441/le-bulletin-bimensuel-pois-chiches-situation-et-perspec>>.
4. **Anonyme 2**, 2011. Lutte biologique contre la fusariose vasculaire du pois-chiche. Agropedia.<<<http://agropedia.iitk.ac.in/content/lutte-biologique-contre-la-fusariose-vasculaire-du-pois-chiche>>>.
5. **Anonyme 3**, 2016. Pois chiche. Encyclopédie des aliments.
 <<http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=pois_chi_che_nu>>.
6. **Babar B. M., Shah T. M., Abbas G. et Ahsanul haq M.**, 2009. Genotype X environment interaction for seed yield in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum L.*) genotypes developed through mutation breeding. Pakistan Journal of Botany. 4, 1883p.
7. **Basin H., Ozturk S. B. et Yegen O.**, 1999. "Efficacy of a biological fungicide (Planter Box *Trichoderma harzianum* Rifai (T=22) against seedling root rot pathogens (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium sp.* of cotton" GAP-Environmental Symposium, Sanleurfa, Turkey. pp: 137-144.
8. **Bejjiga G. et Vander Maesen L. J. G.**, 2006. *Cicer arietinum L.* PROTA
 <<<https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?g=pe&p=Cicer+arietinum+L.>>>.
9. **Bekkar A. A.**, 2015. Pouvoir antagoniste et mode d'action de *Trichoderma* vis-à-vis de quelques champignons phytopathogènes. Thèse de Doctorat, Université de Mascara. 4p.
10. **Belabid L., Fortas Z., Dalli D., Khiare M. et Amdjad D.**, 2000. Flétrissement et pourriture racinaire de la lentille dans le nord-ouest Algérien. , Phytopathologie, Institut d'agronomie, BP 763, Mascara, 29000 Algérie. Cahiers Agricultures.
11. **Benabdeli K., Louissi M. et Belhadi A.**, 2010. Impact de la gestion négative des ressources naturelles (sol et eau) sur les potentialités alimentaires dans le monde arabe:

- cas de l'Algérie. Séminaire international sur la sécurité alimentaire et le libre échange. AMAECO Rabat (Maroc) 25-26 juin 2009.
12. **Benferha M.**, 2008. Caractérisation biologique et génétique du *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri agent du flétrissement chez le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), par la compatibilité végétative et le test de sa sensibilité aux triazoles. Mémoire de Magister, Université d'Oron.
 13. **Benzohra I. E., Bendahmane B. S. et Youcef Benkada M.**, 2016. Essais de lutte biologique in vitro par l'utilisation de *Trichoderma harzianum* et de *Trichoderma viride* contre *Ascochyta rabiei*, agent de l'antracnose du pois chiche en Algérie. Journal Algérien des Régions Arides (JARA). 10(13), pp: 52-54.
 14. **Bock B.**, 2009. *Cicer arietinum* L. Tela botanica, Base de données Nomenclaturale de la flore de France. BDNFFV4.02.<http://www.tela-botanica.org>.
 15. **Bouznad Z., Maatougui M. E. H., Mouri N. et Beniwal S. P. S.**, 1998. Comportement en plein champ de quelques fongicides utilisés en 60 traitement contre *Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab. agent de l'antracnose du pois chiche. Céréaliculture ITGC. 32, pp: 15-18.
 16. **Bouznad Z., Solh M., Labdi M., Rouibah M. et Tebbal H.**, 1990. Preliminary results on the causes of wilt and root rot of chickpea in Algeria. In the 8th congress of the Mediterranean phytopathological union. pp: 345-346. Agadir -Morocco.
 17. **Braun Ph., Planquaert Ph. et Wery J.**, 1988. Le pois chiche: Utilisation. Ed. ITCF, Montpellier, France. 11p.
 18. **Bunyamin T.**, 2015. Pois chiche. Historica Canada.
«http://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/pois-chiche/#h3_jump_0».
 19. **Campora P.**, 1985. Antagonisme in vitro de *Trichoderma spp.* vis-à-vis de *Rhizoctonia solani* Kuhn. Agronomie. 5(7), pp: 613-620.
 20. **Charly F.**, 2008. Pois chiche. Languedoc-Roussillon. 1p.
 21. **Chekroun C.**, 2011. Etude des effets des filtrats de culture d'*Ascochyta rabiei* (Pass) Lab., agent de l'antracnose sur des cals de *Cicer arietinum*. Thèse de magister, Université d'Oron. 4p.
 22. **Chérif M., Arfaoui A. et Rhaim A.**, 2007. Phenolic compound and their rol in Biocontrol and resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. Tunisian Journal of Plant protection. 2(1), pp: 7-21.

23. **Ciqual, 2013 in : Boukraâ D., 2016.** Effet de l'acide salicylique sur les composantes du rendement et la résistance biotique et abiotique chez *Cicer arietinum*. Thèse de Doctorat, Université de Mascara. 16p.
24. **Cunnington J., Lindbeck K., Rodney H. et Jones, 2009.** Diagnostic methods for *Fusarium* wilt of chickpea (*Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*) Padil .Plant biosecurity Toolbox. pp: 1-22.
25. **David J. et Khan K. S., 2001.** Effect of nitrogen application on nodulation in inoculated chickpea (*Cicer arietinum L.*). Online Journal of Biological Sciences. 1(3), pp: 87-89.
26. **Davidson J. A., Pande S., Bretag T. W., Lindbeck K. D. et Kishore G. K., 2004.** Biology and management of *Botrytis spp.* in legume crops. In: Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N (Eds). *Botrytis: Biology, Pathology and Control* .Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp: 295-318.
27. **Dennis C. et Webster J., 1980.** Antagonistic Properties of Species-Groups of *Trichoderma*. I. Production of Non-Volatile Antibiotics. Trans. Br.Mycol. Soc. 84, pp: 25-39.
28. **Elad Y., 2000.** Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. Plant Protection. 19, pp: 709-714.
29. **Faheem Amin V. K., Razdan F. A., Mohiddin K. A., Bhat. et Sheikh P. A., 2010.** Effect of volatile metabolites of *Trichoderma* species against seven fungal plant pathogens in vitro. Journal of Phytology 2010. 2(10), pp: 34-37.
30. **F.A.O. Stat, 2016.** Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>
31. **Fravel D., Olivain C. et Alabouvette C., 2003.** *Fusarium oxysporum* its biocontrol. New Phytologist. 157, pp: 493-502.
32. **Girard C., 1985.** L'installation du pois chiche du printemps. In Bulltin FNAMS
33. **Groupe de Recherches Agronomiques Méditerranéennes (G.R.A.M), 1997.** Les légumineuses alimentaires méditerranéennes: contraintes biotiques et potentialités de développement.2^{ème} séminaire GRAM. Rennes (France).20-22 Février. 158p.
34. **Guignard J.L. et Dupont F., 2005.** Botanique. 13^{ème} Edition Masson.
35. **Gupta O. M., Kotasthane S. R. et Khare M. M., 1986.** *Fusarium* wilt of chickpea (*Cicer arietinum*).Agricult.Rev. 7, pp: 87-97.

36. **Hamadache**, 2000. Etude de la période de compétition des mauvaises herbes vis-à-vis d'une culture de pois chiche. Céréaliculture. n°22.Ed-ITGC EL-HARRACH Alger : 13.
37. **Hanson L. E.** et **Howell C. R.**, 2002. Biocontrol efficacy and other characteristics of proplaste fusants between *Trichoderma koningii* and *T. virens*. Mycological Research. 1063, pp: 321-328.
38. **Harman G. E.**, **Howell C. R.**, **viterbo A.**, **Chet I.** et **Lorito M.**, 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature reviews –Microbiology 02, pp: 43-66.
39. **Haware M. P.**, **Nene Y. L.** et **Mathur S. B.**, 1986. Seed borne diseases of chickpea .Technical Builetin from the Danish Gouvernement Institute of Seed Pathology for Developing Countries. Copenhagen Danmark. 1, 14p.
40. **Haware M. P.**, **Nene Y. L.** et **Natarajan M.**, 1996. Survival of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* in soil in the absence of chickpea. Phytopathologia Mediterranean. pp: 35-9-12.
41. **Horn N. M.**, **Reddy S. V.** et **Reddy D. V. R.**, 1995. Assessment of yield losses caused by chickpea chlorotic dwarf geminivirus in chickpea (*Cicer arietinum*) in India. European Journal of Plant Pathology. 101, pp: 221-224. <http://legume.ipmpipe.org>
42. **Howell C. R.**, 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Disease. 87, pp: 04-10.
43. **Inbar J.**, **Abramsky.** et **Cohen D.**, 1994. Plant growth enhancement and disease control by *T.harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. European J PlaPathol. 100, pp: 337-346.
44. **Jiménez-Gasco M. M.**, **Navas-Cortés J. A.** et **Jiménez-Díaz R. M.**, 2004. The *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris/Cicer arietinum* pathosystem: a case study of the evolution of plant pathogenic fungi into races and pathotypes. *Internat. Microbiol.* 7(2), pp: 95-104.
45. **Khan H.**, **Zeb A.**, **Ali Z.** et **Shah S. M.**, 2009. Impact of five insecticides on chickpea (*Cicer arietinum L.*) nodulation, yield and nitrogen fixing rhizospheric bacteria. Soil and environnement. 1, pp: 56-59.

46. **Klein K. K.** et **Correll J. C.**, 2001. Vegetative compatibility group diversity in *Fusarium*. In: *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*. (Eds. Summerell B.A., Leslie J.F., Backhouse D., Bryden W.L., Burgess L. W.), APS Press. St. Paul, MN.
47. **Kommedhal T.**, **Christensen J. J.** et **Frederiksen R. A.**, 1970. A half century of research in Minnesota on flax wilt caused by *Fusarium oxysporum*. University Minnesota Agric. Exper. Stn. Techn. Bull. USA. n°273. 35 p.
48. **Landa B. B.**, **Navas-Cortes J. A.** et **Jimenez-Diaz R. M.**, 2004. Integrated management of *Fusarium* wilts of chickpea with sowing date, host resistance and biological control. *Phytopathology*. 94, pp : 946-960.
49. **Le figaro.fr avec AFP**, 2016. La production de pois chiches en Australie.
 <<<http://www.lefigaro.fr/flash-eco/2016/12/09/97002-20161209FILWWW00132-la-production-de-pois-chiches-explose-en-australie.php>>>.
50. **Lepoivre P.**, 2003. Phytopathologie: bases moléculaires de biologiques des pathosystemes et fondement des strategies de lutte. De Boeck & Presses Agronomiques de Gembloux (Eds.), Brussels, Belgium. pp: 149-167.
51. **Leport L.**, **Turner N. C.**, **Davies S. L.** et **Siddique K. H. M.**, 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Europ. J. Agronomy*, 24, pp: 236-246.
52. **Lopez-Bellido L.**, **Lopez-Bellido R. J.**, **Castillo J. E.** et **Lopez-Pellido F. J.**, 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat I. Biomass and seed yield. *Field Crops Research*. 88, pp: 191-200.
53. **Lydie S.**, 2010. La lutte biologique. *Isabella sick*. 323, pp: 163-164.
54. **M.A.D.R.**, 2015. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Annuaire Statistiques, K, série B.
55. **Maatougui M. E. H.**, **Bouznad Z.** et **Labdi M.**, 1996. Chickpea in Algeria. In N.P., Saxena, M.C., Johansen C., Virmani S. M., and Harris H. (eds). A chapter from adaptation of chickpea in the west Asia and North Africa region. pp: 89-99.
56. **Moolani M. K. Y.** et **Chandra S.**, 1970. Gram cultivation in Haryana.
57. **Moreno M. T.** et **Cubero J. L.**, 1978. Variation in *Cicer arietinum L.* *Euphytica*. 27, pp : 465-485.
58. **Morjane H.** et **Harrabi M.**, 1995. Détection et analyse de la variation génétique chez le pois chiche par les empreintes génétiques. *Revue de l'I. N. A. T.* 10 (1), pp: 65-73.

59. **Muehlbauer F. J.** et **Rajesh P. N.**, 2008. Chickpea, a Common source of protein and starch in the semi-arid tropics. PH. Moore, R Ming (eds.) Genomics of tropical Crop plants.
60. **Nasraoui B.**, 2000. Principales maladies fongiques des céréales en Tunisie. Main Fungal Diseases of Cereals in Tunisie. Centre de Publication Universitaire. 129, 101p, Tunisie.
61. **Nasroui B.**, 2008. Principales maladies fongiques des céréales et légumineuses. 129, pp: 42-101.
62. **Navas -Cortes J. A.**, **Hau B.** et **Jimenez-Diaz R. M.**, 1998. Effect of sewing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum f.sp .Ciceris* on development of *Fusarium* wilt of chickpea .Phytopathology. 88, pp: 1338-1346.
63. **Nene Y. L.**, **Reddy M. V.**, **Haware M. P.**, **Ghanekar A. M.** et **Amin K. S.**, 1991. Field diagnosis of chickpea diseases and their control. In: Information Bulletin n°28, ed. By International Crops Research Institute for the semi-Arid Tropics, Patancheru, India.
64. **Nene Y. L.**, **Sheila V.** et **Sharma S.**, 1996. A world list of chickpea and pigeon pea pathogens. ICRISAT Pulse Pathol. Progr. Rep
65. **Pande S.**, **Narayana R. J.** et **Sharma M.**, 2007. Establishment of the chickpea wilt pathogen *Fusarium oxysporium f.sp .Ciceris* in the soil through seed transmission .The Plant Pathology Journal. 1, pp: 3-6.
66. **Ronald** et **Atlas M.**, 1997. Hand Book of microbiology media. Edition 2. New York.
67. **Saxena M. C.**, 1984.The physiology of tropical field's crops.ed.John Wiley and Sons Ltd, London. pp: 419-452.
68. **Saxena M. C.**, 1990. Status of chickpea in Mediterranean basin. CIHEAM, Options Méditerranéennes. 9, pp: 17-24.
69. **Saxena M. C.**, 1992. Current status and prospects of Kabuli chickpea production. In: Disease Resistance Breeding in Chickpea International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Aleppo, Syria. 185p.
70. **Saxena N.P.**, 1984. Chickpea. In: Goldsworthy P.R., Fisher N.M. The Physiology of Tropical Field Crops. pp: 419-452.
71. **Singh F.** et **Diwakar B.**, 1995. Chickpea Botany and production Practices. Skill Development series ICRISAT India. 16, pp: 502-324.
72. **Singh G.** et **Bushan L. S.**, 1979. Water use, water use efficiency and yield of dryland chickpea as influenced by fertilization, stored soil water and crop season rainfall. Agricultural Water Management. 2, pp: 299-305.

73. **Sivan A.** et **Chet I.**, 1993. Integrated control of media on growth and interactions between a range of soilborne glasshouse pathogens and antagonistic fungi. *Phytopathol.* 10, pp: 127-142.
74. **Staginnus C., Winter P., Schmidt T.** et **Kahl G.**, 1999. Molecular structure and chromosomal localization of major repetitive DNA families in the chickpea (*Cicer arietinum L.*) genome. *Plant molecular Biology.* 39, pp: 1037-1050.
75. **Street K., Rukhkyan N.** et **Ismail A.**, 2008. Directives pour la régénération: pois chiche. In: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M. A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 11p.
76. **Tawaha A. R. M., Turk M. A.** et **Kyung Dong Lee**, 2005. Adaptation of chickpea to Cultural Practices in a Mediterranean Type Environment. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* 1(2), pp: 152-157. Thèse de Master, Université de Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 161p.
77. **Trapero-Casas A.** et **Jiménez-Díaz R. M.**, 1985. Fungal wilt and root rot disease of chickpea in southern Spain. *Phytopathology.* 75, pp: 1146-1151.
78. **Ubalua A. O.** et **Oti E.**, 2007. Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post-harvest cassava root rot pathogens. *African Journal of Biotechnology.* 6 (21), pp: 2447-2450,
79. **Van Der-Maessen L. J. G.**, 1984. "Taxonomy, distribution and evolution of the chickpea and its wild relatives". In "genetic resources and their exploitation, chickpea, faba beans and lentils". pp: 95-104. J. R.WITCOMBE and W.ERCHINE Eds, martinusnighoff Neder lands; for ICARDA, 1984.
80. **Van Der-Maessen L. J. G.**, 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. *In:* SAXENA M.C., SINGH K.B., Ed .The Chickpea. pp: 11-37.
81. **Vincent C.** et **Gregory P. J.**, 1986. Differences in the growth and development of chickpea seedling roots (*C. arietinum*). *Experimental Agriculture.* 22, pp: 233-242. vue de l'appréciation de la résistance de la féverole à l'antracnose. Thèse de D.E.A. W, Sharma B. (eds). Chickpea Breeding and Management. CABI: Wallingford, UK. pp: 1 - 13.
82. **Whipps J.K.**, 1997. Developpement in the biological control of soil-borne plant pathogens. *Advances in botanical Research.* 26, pp: 1-134.
83. **Winch T.**, 2006. Growing Food. A Guide to Food Production. Eds. Springer. 333p.

- 84. Yadav S. S., Redden R., Chen W. et Sharma B., 2007.** Chickpea breeding and management. Cambridge Library of Congress. (Livre).
- 85. Yusuf A. M., Krishnamurthy L., Saxena N. P., Rupela O. P., Kumar J. et Johansen C., 2002.** Scope for genetic manipulation of mineral acquisition in chickpea. *Plant and soil*. 245, pp: 123-134.
- 86. Zaghouane O., 1997.** La situation actuelle et les perspectives du développement de légumineuses alimentaire en Algérie, le développement et le rendement en grain du pois chiche (*Cicer arietinum L*). *céréaliculture*. n° 28.Ed, IGTC. pp: 13- 17.
- 87. Zikara-Zine F. et Bouznad Z., 2007.** Virulence et groupes de compatibilité dans les isolats d'*Ascochyta rabiei* en Algérie. *INRA Algérie - Recherche Agronomique*. n°19, pp: 48 -55.
- 88. Zikara-Zine F., Bouzid L. et Yekkour A., 2015.** Le pois chiche en Algérie : Situation, Potentialités et Perspectives, INRAA, Laboratoire des ressources phytogénétiques, CRP Mehdi Boualem, Baraki, Alger. pp : 35-36.

ANNEXE

Annexe1

(Milieu de culture)

Milieu PDA (Ronald et Atlas, 1997) : pH $5.6 \pm 0,2$.

Composants	Quantités (g/L)
Pomme de terre	200
D-Glucose	20
Agar	20

Résumé

Le pois chiche est une légumineuse alimentaire qui présente une grande importance sur le plan économique et nutritionnel. Cependant cette culture est exposée à de nombreux problèmes phytosanitaires notamment les maladies fongiques telles la fusariose vasculaire causée par l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*.

Cette étude porte sur l'évaluation des effets antagonistes de deux isolats de *Trichoderma* sp. (*T. sp.1* et *T. sp.2*) sur la croissance mycélienne du pathogène. Les résultats obtenus des essais de confrontation directe et indirecte ont révélé un effet inhibiteur important des deux antagonistes testés. Le *T. sp.1* est plus efficace que le *T. sp.2* avec un pourcentage d'inhibition 69,64% en confrontation directe, et une présence d'une zone d'inhibition.

Mots -clés : pois chiche, flétrissement vasculaire, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*, lutte biologique, *Trichoderma* sp.

Abstract

Chickpea is a food legume that is of great importance economically and nutritionally. However, this culture is exposed to many plant health problems including fungal diseases such vascular wilt caused by the pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*. This study examined the antagonistic effects of two isolates of *Trichoderma* sp. (*T. sp.1* and *T. sp.2*) on mycelial growth of the pathogen. The results obtained from the direct and indirect confrontation tests revealed a significant inhibitory effect of the two antagonists tested. The *T. sp.1* is more effective than *T. sp.2* with a percent inhibition 69.64% by direct confrontation, and presence of a zone of inhibition.

Keywords: Chickpea, vascular wilt, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris*, biocontrol, *Trichoderma* sp.

Contribution à la lutte des maladies des légumineuses alimentaires « Essai de lutte biologique contre la fusariose vasculaire du pois chiche ».

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en science biologique,
Spécialité : Microbiologie, Option: Biotechnologie des Mycètes : Fermentation et production de substances fongiques

Résumé

Le pois chiche est une légumineuse alimentaire qui présente une grande importance sur le plan économique et nutritionnel. Cependant cette culture est exposée à de nombreux problèmes phytosanitaires notamment les maladies fongiques telles la fusariose vasculaire causée par l'agent pathogène *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceris*.

Cette étude porte sur l'évaluation des effets antagonistes de deux isolats de *Trichoderma sp.* (*T. sp.1* et *T. sp.2*) sur la croissance mycélienne du pathogène. Les résultats obtenus des essais de confrontation directe et indirecte ont révélé un effet inhibiteur important des deux antagonistes testés. Le *T. sp.1* est plus efficace que le *T. sp.2* avec un pourcentage d'inhibition 69,64% en confrontation directe, et une présence d'une zone d'inhibition.

Mots clés : Pois chiche, *Fusarium oxysporum f. sp. Ciceris*, lutte biologique.

Laboratoire de recherche : Laboratoire microbiologie / INRAA-Constantine

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mr. DEHIMAT Laid (Professeur - UFM Constantine)

Rapporteur : Dr. OUFROUKH Amar (MCA – INRAA Constantine)

Tuteur : Dr. HARRAT Wahiba (CHERCHEUR - INRAA Constantine)

Examineur : Dr. ALMI Hiba (MAB- UFM Constantine)

Date de soutenance : 13/06/2017