

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytoprotection et Environnement

Présenté par : **BENLAMOUDI Wiam**

THÈME

**Essai de lutte biologique *in vitro* contre quelques maladies
fongiques de la tomate dans la région d'Oued Righ par
l'utilisation de souches autochtones de *Trichoderma harzianum*
Persoon (1794)**

Soutenu publiquement le : 26/05/2016

Devant le jury :

Mme. IDDER - IGHILI Hakima	M.C. (B)	Présidente	Univ. K. M. Ouargla
M. GUEZOUL Omar	M.C. (A)	Encadreur	Univ. K. M. Ouargla
Mme. DEHLIZ- LAKHDARI Wassima	M.R. (B)	Co- Encadreur	INRAA, Touggourt
Mme. LAALAM Hadda	M.A. (A)	Examinatrice	Univ. K. M. Ouargla

Année Universitaire 2015/2016

Dédicace

Nulle dédicace n'est susceptible d'exprimer mon immense gratitude à ma mère ***Khadidja*** pour tous les sacrifices qu'elle a consentis pour mon éducation. Puisse Dieu lui prêter bonne santé et longue vie.

Je dédie ce travail à :

Mes chères sœurs : ***Nahla, Khaoula, Zohra, Ines.***

Mon frère ***Mohammed Rafik.***

Mes chers amis et amis : ***Sara, Wissem, S.Noura, Hadda, Amel, Nacira, Latifa, Soumia, Meriem B, Brahim et Abdo.***

Mes compagnons pendant la période de réalisation de ce travail ***Salima, Kelthoum, et Badro Dekkoumi.***

Trouvez ici le témoignage d'une fidélité et amitié infinie.

Toutes mes chères collègues et amis d'***INRAA.***

B. Wiam



Remerciements

Merci à Dieu de m'avoir accordé le courage pour terminer mes études.

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier très spécialement mon encadreur **Mr. GUEZOUL Omar** d'avoir accepté de diriger ce travail, qu'il trouve ici mon respect et mes remerciements les plus sincères.*

*Je remercie également Ma co-encadreur **Mme DEHLIZ-LAKHDARI Wassima** Veuillez trouver ici l'expression de mes profonds sentiments de respect pour le soutien que vous n'aviez cessé de me porter. Je suis constamment impressionnée de constater à quel point elle m'a poussé pour atteindre mes buts et d'avoir identifié et stimulé mon potentiel.*

*Mes remerciements vont à la présidente de mon jury, **Mme IDDER-IGHILI Hakima**, merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, ainsi qu'à **Mme LAALAM Hadda** d'avoir accepté de faire partie de ce jury.*

*Comme je remercie pleinement **Mr. DEHLIZ Abderrahmène**, chercheur de l'INRAA. Qu'il trouve ici mon grand respect, pour ses orientations et sa disponibilité.*

*Je n'oublierais pas de remercier **Mr. Hafouda Lamine**, Directeur de la station expérimentale de l'INRAA de Sidi Mehdi ainsi que son personnel **Mr. TIRICHINE Aïssa**, **Mr. ALLAM Abdelkader**, **Mr. MADANI Habib**, **M^{lle} RANDA M'lik** **M^{lle} KHamissat Haïfa** et **M^{lle} HAMMI Hamida** pour leur accueil très chaleureux dans leur institution ainsi que pour leurs conseils très intéressants.*

Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous mes amis qui m'ont aidé pour le bon achèvement de cette étude ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
FAO	Food and Agriculture Organisation
INRAF	Institut National de la Recherche Agronomique France
OILB	Organisation Internationale de Lutte Biologique
ARLA	Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire Canada
CRCC	Centre de la Recherche sur la Conservation des Collections
INRAA	Institut National de la Recherche Agronomique Algérie
ROS	<i>Trichotecium roseum</i>
BT	<i>Botrytis cinerea</i>
ALT	<i>Alternaria</i> sp.
FORL et FUS	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i>
SC	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
FIG	Figure
SH	Souche

Liste des figures

Figures	Titre	Pages
1	Symptômes de l'alternariose sur feuille et tige de la tomate (HANSEN, 2009).....	7
2	Symptômes de la pourriture grise sur tige et fruit de la tomate (EGEL et SAHA, 2015).....	7
3	Symptômes de la fusariose vasculaire de la tomate (KENNETH, 2014).....	8
4	Symptômes du mildiou sur feuille et fruits de tomate (KENNETH, 2011).....	9
5	Symptômes de l' <i>Oidium neolycopersici</i> sur des feuilles de tomate (BABADOOST, 2014).....	10
6	Symptômes de <i>Passalora fulva</i> sur une feuille de tomate (EGEL et SAHA, 2015).....	10
7	Symptômes de la Stemphyliose sur une feuille de tomate (CERKAUSKAS, 2005).....	11
8	Symptômes de <i>Trichothecium roseum</i> sur un fruit de tomate (DAL BELLO, 2008)...	11
9	Symptômes de l'Anthracnose sur fruit de tomate (MARK et EDMUNDS.,2005).....	12
10	Sclérotés mûrs sur une tige de tomate (BABADOOST, 2014).....	13
11	Morphologie de Trichoderma:(A et B) Conidiophores grandes montrant une ramification vaste. (C et D) Phialides montrant la production de conidies (E) Conidies (BARNATT et HUNTER, 1977).....	20
12	Aspect macroscopique (A) de <i>T. harzianum</i> cultivé sur milieu PDA (GVEROSKA et ZIBEROSKI, 2012) et microscopique (B) (RAHMAN et al., 2009).....	21
13	Protocole expérimental de la confrontation directe <i>in vitro</i> de <i>T. harzianum</i> à l'agent phytopathogène.....	29
14	Vitesse de la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes (<i>T. roseum</i> , <i>B. cinerea</i> , <i>Alternaria</i> sp., <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> et <i>S. sclerotiorum</i>) en présence de <i>T. harzianum</i> (SH 1)	39
15	Vitesse de la croissance mycélienne des champignons en présence de (<i>T. roseum</i> , <i>B. cinerea</i> , <i>Alternaria</i> sp., <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> et <i>S. sclerotiorum</i>) en présence de <i>T. harzianum</i> (SH 2)	40
16	Vitesse de la croissance mycélienne des champignons en présence de (<i>T. roseum</i> , <i>B. cinerea</i> , <i>Alternaria</i> sp., <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> et <i>S. sclerotiorum</i>) en présence de <i>T. harzianum</i> (SH3).....	41
17	Effet inhibiteur <i>in vitro</i> de 3 souches de <i>T. harzianum</i> vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés	42
18	Taux d'inhibition de <i>T. harzianum</i> (SH 1) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés	44
19	Taux d'inhibition de <i>T. harzianum</i> (SH 2) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés	45
20	Taux d'inhibition de <i>T. harzianum</i> (SH 3) vis-à-vis des champignons phytopathogènes de la tomate testés	47

Liste des photos

Photos	Titre	Pages
1	Aspect morphologique de trois souches de <i>Trichoderma harzianum</i> cultivées sur milieu PDA (Photos originales).....	24
2	Échantillons de différents organes de tomate malades.....	25
3	Désinfection et séchage des fragments de tomate malades.....	26
4	Ensemencement des fragments de tomate malades.....	27
5	Purification des colonies des champignons.....	27
6	Différentes colonies de champignons formées sur boîtes de Pétri.....	31
7	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Botrytis cinerea</i> (G×40)	32
8	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d' <i>Alternaria</i> sp. (G×40).....	33
9	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i> (G×40).....	33
10	Aspect macroscopique de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	34
11	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Cladosporium fulvum</i> (G×40).....	34
12	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d' <i>Aspergillus niger</i> (G×40).....	35
13	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Trichothecium roseum</i> (G×40).....	35
14	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Penicillium</i> sp.(G×40).....	36
15	Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Stemphylium solani</i> de (G×40)....	36
16	Aspect macroscopique et microscopique d'une colonie non identifiée (G×40).....	37
17	Aspect macroscopique et microscopique d'une colonie non identifiée (G×40).....	37
18	Aspect macroscopique et microscopique d'une colonie non identifiée (G×40).....	37
19	Effet inhibiteur de <i>T. harzianum</i> (SH 1) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 6 jours d'incubation.....	43
20	Effet inhibiteur de <i>T. harzianum</i> (SH 2) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 5 jours d'incubation.....	45
21	Effet inhibiteur de <i>T. harzianum</i> (SH 3) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 6 jours d'incubation.....	46

Table des matières

	Pages
Dédicace	
Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Table des matières	
Introduction.....	2
Approche bibliographique	
Chapitre.01 : Généralités sur la tomate.....	5
1.1.Origine et description de la tomate.....	5
1.2.Taxonomie.....	6
1.3.Principales maladies fongiques de la tomate.....	6
1.3.1. Alternariose.....	6
1.3.2. Moisissure grise.....	7
1.3.3. Fusariose.....	8
1.3.4. Mildiou	8
1.3.5. Oïdium.....	9
1.3.6. Cladosporiose.....	10
1.3.7.Stemphyliose.....	10
1.3.8.Pourriture rose.....	11
1.3.9. Anthracnose	12
1.3.10. Sclérotiniose.....	12
Chapitre 02. Lutte biologique	15
2.1. Lutte biologique par l'utilisation des champignons antagonistes	15
2.2. Antagonisme entre les champignons	16
2.2.1. Mécanismes de l'antagonisme entre les champignons	16
2.2.1.1. Compétition	16
2.2.1.2. Mycoparasitisme.....	17
2.2.1.3. Antibiose.....	17
Chapitre 03. Généralités sur <i>Trichoderma</i>	19
3.1. Taxonomie de <i>Trichoderma</i>	19
3.2. Morphologie de <i>Trichoderma</i> spp.	19
3.3. Habitat de <i>Trichoderma</i> spp.	20
3.4. <i>Trichoderma harzianum</i>	20
Approche expérimentale	
Chapitre 01. Matériel et méthodes	24
1.1. Matériel	24
1.1.1. Matériel biologique.....	24
1.1.1.1. Agent antagoniste.....	24
1.1.1.2. Agents phytopathogènes.....	25
1.1.2. Matériel végétal.....	25
1.2. Méthodologie de travail.....	25
1.2.1. Préparation du milieu de culture.....	25
1.2.2. Isolement et identification des agents phytopathogènes.....	26
1.2.2.1. Désinfection et séchage.....	26
1.2.2.2. Ensemencement des fragments.....	27

Introduction

Introduction

La culture de la tomate a connu une importante évolution depuis l'indépendance. En effet, les superficies occupées par cette plante ne dépassaient pas 8370 ha en 1968 (MARA, 1968) alors qu'au début des années 2000 une valeur de 20789 ha est enregistrée (SNOUCI, 2010). Néanmoins, cette solanacée se trouve confrontée à plusieurs problèmes notamment d'ordre phytosanitaire. Parmi les différents bio-agresseurs de cette plante, les champignons phytopathogènes occupent la première place. En fait, la tomate est très sensible à ces micro-organismes mais des rendements acceptables peuvent être obtenus si l'on pouvait réduire les pertes dues à ces bio-agresseurs en utilisant des moyens respectueux de l'environnement et de la santé du consommateur. Les champignons antagonistes peuvent constituer l'un des outils de lutte contre les maladies cryptogamiques de la tomate. En réalité, des formulations à base de souches de *Trichoderma* ont longtemps été appliquées en lutte biologique contre les maladies des plantes (RANASINGH et al., 2006). De nombreux travaux ont mentionné l'activité inhibitrice de *Trichoderma harzianum* contre *Alternaria solani* (M'LIK et al., 2015), *Sclerotinia sclerotiorum* et *Sclerotinia minor* (IBARRA-MEDINA et al., 2010), *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (HIBAR et al., 2005), *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* sp., *Stemphylium botryosum*, *Alternaria* sp. (HAMITOU et DEHIMAT, 2012) et *Fusarium* sp. (HAMMI et al., 2015).

Dans le but de contribuer au développement de la lutte biologique contre les maladies cryptogamiques de la tomate en utilisant les champignons antagonistes, une étude sur la potentialité de trois souches de *T. harzianum* d'inhiber la croissance mycélienne de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, *Alternaria* sp. et *Trichotecium roseum* a été conduite en conditions contrôlées. Les souches antagonistes ont été récoltées sur pomme de terre, blé dur et palmier dattier dans la région de l'Oued Righ.

Notre document est composé de deux parties. La 1^{ère} est une synthèse bibliographique sur les maladies de la tomate, la lutte biologique en utilisant des souches antagonistes ainsi qu'une généralité sur *Trichoderma*. La seconde est réservée aux essais expérimentaux menés dans notre étude avec un détail des moyens et techniques utilisées et une présentation des résultats obtenus suivie par une discussion. Une conclusion générale et quelques recommandations sont présentées à la fin du document.

***Approche
bibliographique***

Chapitre 1

Généralités sur la tomate

Chapitre 01 : Généralités sur la tomate

1.1. Origine et description de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) est l'élément incontournable de la gastronomie dans de nombreux pays, tout particulièrement dans ceux du bassin méditerranéen. En Algérie, cette plante est considérée comme culture stratégique car elle occupe la troisième place après la pomme de terre et les oignons secs (Annexe 1), avec une production d'environ 975.075 tonnes en 2013 (FAO STAT, 2016). Due à sa grande importance économique et gastronomique, elle est l'objet de nombreuses recherches scientifiques internationales et nationales.

Actuellement, cette culture est installée dans toute les régions du pays, tout au long de l'année, et cela grâce aux différents modes de production : culture sous serre, tunnel, multi-chapelle, mais également de plein champs de saison et d'arrière-saison (DEHLIZ, 2015).

La tomate est une plante herbacée, originaire des régions latines côtières du Nord-ouest de l'Amérique du Sud (PHILOUZE, 1993). C'est une plante du climat tempéré chaud, elle exige une hygrométrie moyenne, craint le gel et ne supporte pas les températures inférieures à 10 °C (NAIKA et *al.*, 1989) . Sa croissance est indéterminée, à l'exception de quelques variétés.

Quant à son appareil végétatif, il est caractérisé par:

- Un système racinaire de type pivotant à tendance fasciculé;
- Une tige de consistance herbacée en début de croissance qui tend à devenir un peu ligneuse en vieillissant;
- Des feuilles alternées composées imparipennées avec une longueur de 10 à 25 cm et un limbe avec un bord denté;
- Une tige et des feuilles portent des poils avec parfois une odeur caractéristique;
- Des fleurs hermaphrodites ayant une symétrie pentamère;
- Des fruits charnus et bails, de taille de quelques grammes (tomate groseille, tomate cerise) à près de deux kilogrammes selon la variété.

1.2. Taxonomie

La tomate est classée scientifiquement par LINNE en 1753 comme suit:

Règne : Plantae

Sous règne: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous classe : Asteridae

Ordre: Solanales

Famille : Solanaceae

Genre: Lycopersicum

Espèce : *Lycopersicon esculentum* L., 1753

1.3. Principales maladies fongiques de la tomate

Selon la liste adaptée par l'INRA (Annexe 2), les maladies fongiques de la tomate les plus répandues sont les suivantes :

1.3.1. Alternariose

L'alternariose (Fig. 01) est certainement l'une des maladies les plus fréquentes et répandues dans le monde, elle est retrouvée sur tous les continents (sous de nombreux climats), partout où cette solanacée est cultivée (en zones de production tropicales, subtropicales et tempérées). Sur feuilles, le parasite produit des taches arrondies, et anguleuses. Ses agents pathogènes ascomycètes aériens, passent la mauvaise saison sur les débris de cultures sous forme de mycéliums, conidies ou chlamydozoospores (TABUC, 2007). Les infections sont dues à la projection de spores sur la plante par le vent, la pluie ou directement par contact entre les feuilles et le sol. La germination des spores et l'infection nécessitent la présence d'une humidité élevée et d'une température de 18 °C et 25°C (ATTRASSI et *al.*, 2005).

Les agents causaux *Alternaria* spp. de cette maladie sont ubiquistes et peuvent atteindre toutes les parties de la plante, feuille, tige, collets, fruits et même les graines (JALAL H.S, 2010). *Alternaria* spp. peuvent se manifester à différents stades de développement de la culture (plantule et plante adulte).

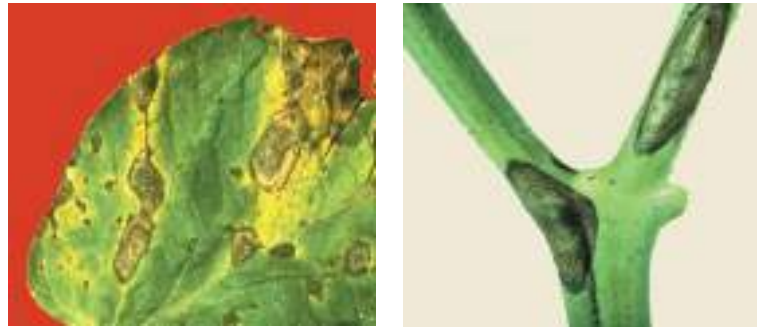


Figure 01. Symptômes de l'alternariose sur feuille et tige de la tomate (HANSEN, 2009)

1.3.2. Moisissure grise

Cette maladie a comme agent causal *Botrytis cinerea* Pers. (1794) qui est responsable de la pourriture grise (Fig. 02). Cette dernière continue à provoquer d'importants dégâts à n'importe quel stade de développement de la plante même en période de stockage (HMOUNI et al., 2003). Ce champignon phytopathogène est un ascomycète aérien, ubiquiste et très polyphage (VIRET et al., 2010). Il est observé sur tomate dans pratiquement toutes les zones de production de ce fruit-légume dans le monde. La conservation de ce microorganisme se fait sous forme de conidies, mycélium et sclérotés (KADRI et al., 2014). Il préfère une humidité de 95% et une température entre 17 à 23 °C. *B. cinerea* n'attaque le fruit qu'à partir d'une base nutritive constituée d'un organe sénescé qu'il colonise (HMOUNI et al., 2003).



Figure 02. Symptômes de la pourriture grise sur tige et fruit de la tomate (EGEL et SAHA, 2015)

1.3.3. Fusariose

Les *Fusarium* sont responsables de flétrissements vasculaires par leur envahissement des vaisseaux du xylème (Fig. 03). Comme ils décolorent la tige en commençant par un léger jaunissement longitudinal qui évolue en une bande jaune plus marquée jusqu'à l'apparition d'une nécrose beige à marron clair. Les symptômes foliaires surviennent souvent à un moment où les plantes commencent à être chargées en fruits. Ces agents telluriques qui appartiennent au groupe des ascomycètes peuvent persister dans le sol à grande profondeur (80 cm), dans les débris des végétaux, sous forme de chlamydospores ou même dans les graines (TIVOLI et al., 1983). Les *Fusarium* sont connus par leur aptitude à synthétiser certaines mycotoxines sur la plante. Ils ont comme conditions favorable une température de 28 °C (BOUSETA et al., 2005).

La tomate peut être attaquée par deux maladies fusariennes différentes, la flétrissure fusarienne causée par *Fusarium oxysporum lycopersici* W.C. Snyder & H.N. Hansen, (1940) "FOL" et la pourriture de la racine et du collet causées par *Fusarium oxysporum radicis-lycopersici* Jarvis et Shoemaker, (1979). *F. oxysporum lycopersici* est un champignon tellurique mondialement répandu car il est maintenant présent dans des dizaines de pays répartis sur tous les continents. Cependant, *Fusarium oxysporum radicis-lycopersici*, est apparu dans les tomates de serre au début des années 70 (DUVAL, 1991).



Figure 03. Symptômes de la fusariose vasculaire de la tomate (KENNETH, 2014)

1.3.4. Mildiou

Le mildiou est l'une des principales maladies aériennes de la culture de la tomate notamment lorsque les conditions sont fraîches et humides. L'agent phytopathogène est l'oomycète *Phytophthora infestans* dont la dissémination peut se faire par le vent ou la pluie.

Les jeunes feuilles mildiouées présentent des lésions premières qui s'élargissent rapidement donnant naissance à des taches pouvant être pâles ou brunes. Sur la face inférieure de ces organes un duvet blanc se forme lorsque les conditions sont particulièrement humides. Au cours de la progression de la maladie, le feuillage devient peu à peu jaune puis brun, s'enroule puis se ratatine avant de mourir. Sur fruit, des taches brunes apparaissent et une mince couche de mycélium peut se former lorsque les conditions climatiques sont humides et lorsque les températures sont comprises entre 15 et 25 °C (ROTEM et *al.*, 1970) , jusqu'à que les fruits deviennent pourris. A leur tour, les tiges finissent par noircir (Fig. 04).



Figure 04. Symptômes du mildiou sur feuille et fruits de tomate (KENNETH, 2011)

1.3.5. Oïdium

Cette mycose végétale est parmi les plus importantes maladies foliaires aériennes de la tomate, elle se trouve dans les zones chaudes et sèches, tropicales à subtropicales. En fait, elle est plus largement répartie dans le monde du fait de ses exigences thermiques 10 à 25 °C et hydriques (même les nuits fraîches avec rosée et brouillards matinaux) (DUFOUR, 2011).

Les agents causaux de l'oïdium chez la tomate sont des parasites obligatoires aériens, en nombre de deux: *Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud, (1921), et *Oïdium neolycopersici* (Annexe 2).

Ces champignons provoquent des taches poudreuses blanches ou jaunes sur la face supérieure des feuilles adultes (Fig. 05), un feutrage blanc poudreux à la face inférieure et le limbe peut se replier vers le haut. Les parties atteintes brunissent ultérieurement, se nécrosent au centre, se dessèchent et se déchirent facilement. Ces micro-organismes préfèrent une humidité de 50 à 70%, et une température de 20 à 25 °C (AYDI, 2013).



Figure 05. Symptômes de l'*Oidium neolycopersici* sur des feuilles de tomate (BABADOOST, 2014)

1.3.6. Cladosporiose

Cette maladie, appelée également «moisissure olive», est très spécifique à la tomate. Elle est mondialement répandue en particulier dans les zones humides, tropicales, subtropicales, et dans les régions tempérées. Les conditions favorables à cette maladie sont une température comprise entre 20 et 22 °C et une humidité de 80 à 90% (DECLERT, 1990).

L'agent causal est, *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous, (2003), il semble présenter de grandes affinités pour la tomate, en particulier pour ses folioles. Il se manifeste par des taches jaunâtres, chlorotiques qui se nécrosent progressivement sur la face supérieure des feuilles et par une moisissure grise verdâtre sur la face inférieure (Fig. 06). Ses spores sont parfois très abondantes dans l'air extérieur.



Figure 06. Symptômes de *Passalora fulva* sur une feuille de tomate (EGEL et SAHA, 2015)

1.3.7. Stemphyliose

Cette maladie est mondialement répartie et elle est particulièrement grave dans les zones de production tropicales et subtropicales humides. En conditions de températures (20-30 °C) et humides de (85%) favorables, les champignons de celle-ci engendrent de sévères dégâts sur les variétés sensibles à cause des défoliations importantes provoquées par ceux-ci

(MWAKUTUYA, 2006). La stemphyliose est donc une maladie foliaire dont les symptômes sont classiquement associés à trois espèces d'ascomycètes différentes de *Stemphylium*. *S. solani* G.F. Weber, (1930), *S. lycopersici* et *S. botryosum* f. sp. *Lycopersici*. Les spores de ces derniers sont transportées par le vent, la pluie, le brouillard ou la rosée. Cette maladie se manifeste par des taches grises sur les feuilles (Fig. 07) qui deviennent sèches et cassantes par la suite.



Figure 07. Symptômes de la Stemphyliose sur une feuille de tomate (CERKAUSKAS, 2005)

1.3.8. Pourriture rose

Cette maladie est due à *Trichothecium roseum* (Pers.) Link, (1809). Ce champignon semble plus confidentiel sur tomate sur laquelle il a été rapporté notamment sur des fruits produits sous abri. D'une manière générale, la présence de ses micro-organismes est une des plus importants facteurs de la dépréciation de la qualité des fruits frais. Cet ascomycète peut synthétiser une mycotoxine dans les tissus altérés : le trichothécène (TOKAI et *al.*, 2007). Sur fruit, le champignon est à l'origine de lésions circulaires imbibées d'eau qui peuvent être auréolées d'une zone brune et elles se couvrent d'une moisissure rose pâle recouverte de blanc (Fig. 08). Le fruit devient par la suite mou et émis une odeur aigre et tombe prématurément (DAL BELLO, 2008).



Figure 08. Symptômes de *Trichothecium roseum* sur un fruit de tomate (DAL BELLO, 2008)

1.3.9. Anthracnose

Cette maladie, induite par *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. Hughes, (1958), est très redoutée par les producteurs de tomate d'industrie notamment lorsqu'elle touche les fruits. On parle dans ce cas de «l'anthracnose» ou de la pourriture racinaire ou maladie du charbon. En fait, celle-ci occasionne des dégâts plus ou moins conséquents, en sol comme en culture hors sol. *C. coccodes* est un ascomycète parasite très cosmopolite et polyphage. Il est signalé dans de nombreux pays producteurs de tomate dans tous les continents. Il occasionne des dégâts sur les racines, les feuilles, les tiges et les fruits (YONGHAO, 2013). Ce champignon se développe par temps humide avec une température de 16 à 17 °C (DILLARD, 1989). Il se conserve dans le sol sous forme de sclérotés et hiverne sur les débris des végétaux infectés et même dans les graines. Ses isolats semblent présenter des pouvoirs phytopathogènes, des taux de croissance et des dimensions de sclérotés assez variables (DAVET, 1970). Les symptômes de cette maladie sont caractérisés par l'apparition de taches concaves, rondes ou allongées, bien délimitées, de couleur brun-noir avec des punctuations noires au centre (Fig. 09). Les tissus se dessèchent, flétrissent et finissent par mourir pendant la croissance. Ces signes se manifestent sur divers organes de la plante.



Figure 09. Symptômes de l'Anthracnose sur fruit de tomate (MARK et EDMUNDS, 2005)

1.3.10. Sclérotiniose

C'est une maladie fongique qui s'appelle également "Pourriture du Collet" ou "Pourriture Blanche" est induite chez la tomate par deux agents: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (1884) ou *Sclerotinia minor* Jagger 1920. Ces deux ascomycètes, assez polyphages, sont largement répandus dans le monde. Néanmoins, la majeure partie des dégâts sur cette solanacée est occasionnée par *S. sclerotiorum*. Ce dernier s'attaque aussi bien aux plantules qu'aux plantes adultes. Ce champignon peut se conserver pendant 5 ans au minimum sous forme de sclérotés qui se manifestent sous forme de masses

dures très résistantes ou de nodules noirs de quelques millimètres d'épaisseur constitués de mycélium très condensé (MAHEU, 1999). Ces dernières peuvent se former à l'intérieur comme à l'extérieur de la tige dans une large gamme de températures allant de 0 à 30 °C (ACHBANI et *al.*, 1995). Des températures douces de 15 à 20 °C, avec une forte humidité sont des terrains propices au développement de la sclérotiniose (HAO et *al.*, 2003). Toutes les parties aériennes présentent des taches jaunâtres ou noirâtres (Fig. 10), le feuillage se flétrit, les fruits et la plante finit par pourrir entièrement.



Figure 10. Sclérotés mûrs sur une tige de tomate (BABADOOST, 2014)

Chapitre 2

Lutte biologique

Chapitre 02. Lutte biologique

La lutte biologique connaît ces dernières années une popularité due en partie à un certain échec de la lutte chimique qui constitue un danger sur l'environnement et sur l'homme. En fait, l'utilisation des moyens de lutte biologique contre les agents phytopathogènes antagonistes a connu un essor considérable durant les deux dernières décades (MOURIA *et al.*, 2013). Selon l'OILB, la lutte biologique utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance.

2.1. Lutte biologique par l'utilisation des champignons antagonistes

En fait, Plusieurs genres de champignons appartenant à différents groupes sont antagonistes de champignons phytopathogènes. Parmi ceux-ci, on peut citer :

- *Microdochium dimerum* (Penz.) Arx 1984 est un agent fongique potentiel de lutte contre *Botrytis cinerea* (AJOUZ, 2009).
- *Ampelomyces quisqualis* (Ces.) 1852 est un hyperparasite fongique naturel de l'*oïdium* (HOFSTEIN *et al.*, 1996).
- *Paraconiothyrium minitans* (W.A. Campb.) est un parasite fongique obligatoire de *Sclerotinia sclerotiorum* qui se développe au détriment de son hôte dont il empêche sa prolifération (VERKLEY *et al.*, 2004).
- -*Pythium sp.* sont les antagonistes de large spectre des maladies fongiques à l'image de *Fusarium roseum* et *Alternaria alternata* (MAHFOUD et LASBAHANI 2015 ; BOUNEGHOU, 2010).
- -*Penicillium restrictum* a un effet antagoniste sur de nombreux champignons phytopathogènes.
- *Gliocladium virens* est efficace contre plusieurs agents phytopathogènes comme des espèces des champignons décomposeurs du bois (HIGHLEY et RICARD, 1988).
- *Trichoderma spp.* semblent être les champignons les plus utilisés dans la lutte biologique contre de nombreux champignons phytopathogènes : *Phytophthora cryptogea* (MOAYEDI et MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA R., 2009), *Botrytis cinerea* (HMOUNI *et al.*, 1999 ; TRONSMO et YSTAAS, 1980). *Sclerotium rolfsii* (ELAD *et al.*, 1979), *Rhizoctonia solani* (CAMPOROTA, 1985 ; AZIZ *et al.*,

1996), *Sclerotinia sclerotiorum* et *Sclerotium cepivorum* (CASTILLO et al., 2011), *Bipolaris* (BERBER et al., 2009), *Alternaria alternata* (El-GALI, 2015), *Absidia*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Melanconium*, *Monilella*, *Penicillium*, *Phoma*, *Pythium*, *Scopulariopsis*, *Scytalidium*, et *Ulocladium* (BOUZIANE et al., 2011).

- -De nombreux chercheurs se sont intéressés par l'étude de *Trichoderma harzianum*, qui semble être l'espèce qui a fait l'objet de polémique et l'espèce qui fait choix de notre travail. En effet, il est testée contre *Phytophthora capsici* (EZZIYYANI et al., 2004), *Phytophthora infestans* (KERROUM et al., 2015), *Sclerotium rolfsii* (ELAD et al., 1979.), *Rhizoctonia solani* (ELAD et al., 1979 ; CARON et al., 2002), *Botrytis cinerea* (FERREIRA, 1990), *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (HIBAR et al., 2005), *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* et *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (SIVAN et CHET, 1989), *Pythium ultimum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, et *Verticillium dahliae* (CARON et al., 2002) et *Alternaria alternata* (GVEROSKA, et ZIBEROSKI, 2012).

2.2. Antagonisme entre les champignons

En phytopathologie, l'antagonisme se réfère à l'action d'un organisme vivant qui supprime la croissance normale et l'activité d'un agent phytopathogène des plantes ou même interfère avec celle-ci. Ce phénomène se manifeste généralement soit par une compétition, un mycoparasitisme, ou une antibiose (SOUFIANE, 1998).

2.2.1. Mécanismes de l'antagonisme entre les champignons

De nombreux micro-organismes de sol qui existent spontanément dans la nature sont antagonistes et exercent un contrôle biologique plus ou moins efficace sur les agents phytopathogènes des plantes. Ceux-ci agissent généralement à une action d'antagonisme de différents mécanismes.

2.2.1.1. Compétition

IZALLALEN (1997) a défini la compétition comme étant deux populations ou plusieurs sont limitées, en termes de vitesse de croissance ou de taille de population, par une dépendance commune envers un facteur externe nécessaire pour la croissance. Par exemple, une concurrence entre *Trichoderma lignorum* et *Rhizoctonia* afin de tirer profit des exsudats

racinaires du haricot a réduit l'effet de la fonte de semi établie par *Rhizoctonia* (AZIZ et al., 1997).

2.2.1.2. Mycoparasitisme

Le mycoparasitisme est une association étroite entre deux espèces fongique, elle se représente dans l'attaque directe d'un microorganisme par un autre dans un but nutritionnel. Le parasite tire de l'hôte un profit de ressources normalement destinée à sa croissance, sa survie et sa reproduction (SOUFIANE, 1998). En effet, SCHUBERT et al. (2008) ont conclu que *Trichoderma* spp. ont pu se proliférer et parasité le mycélium du champignon de la pourriture du bois.

2.2.1.3. Antibiose

Ce phénomène se passe quand un microorganisme sécrète des substances antibiotiques contre les microorganismes situées à sa proximité. Plusieurs genres fongiques sont considérés comme des producteurs d'antibiotiques. Certains métabolites sont capables d'interférer avec la germination, la croissance mycélienne et/ou la sporulation des agents phytopathogènes par une inhibition de la germination des spores des champignons ou une lyse du mycélium des champignons (SOUFIANE, 1998). D'autres sont toxiques, modifient l'aspect et/ou la couleur des colonies. Selon l'ARIA (2002), *Trichoderma harzianum* sécrète plusieurs antibiotiques (volatiles et non volatiles) comme les diterpènes, peptaibols, butenolides, furanones, pyrones et pyridones. De même, *Penicillium notatum* sécrète des substances antibiotiques bactéricides furent nommées pénicillines.

En fait, le genre *Trichoderma* a fait l'objet de nombreuses études qui ont montré que ce groupe a évolué de nombreux mécanismes, à la fois pour attaquer d'autres champignons et pour améliorer la croissance des plantes (MOURIA et al., 2007; CARON et al., 2002 ; NAHER et al., 2014).

Chapitre 3

Trichoderma

Chapitre 03. Généralités sur *Trichoderma*

Le nom *Trichoderma* est donné à un genre de micro-organismes classé parmi les Ascomycètes. Dans les deux dernières décennies, le nombre des espèces de *Trichoderma* reconnues a triplé, atteignant 100 (DRUZHININA et al., 2006). *Trichoderma* spp. sont connus en tant qu'agents de lutte biologique contre les agents phytopathogènes et comme source d'enzymes et de métabolites d'intérêts industriels (SADFI-ZOUAOUI et al., 2008). En fait, les métabolites antifongiques sont des composés tels que les peptaïbols (trichokonines, trichosporines, hypomurocines et trichorovines) (BENKADA, 2006) ou les mycotoxines comme les trichothécènes (TABUC, 2007).

D'autre part, selon le CRCC, les *Trichoderma* ont un intérêt agro-alimentaire dans la production de cellulase et d'hémicellulase et comme exhausteur d'arômes.

3.1. Taxonomie de *Trichoderma*

Selon BISSETT (2004) (in BENKADA, 2006), la position taxonomique des *Trichoderma* sp. est comme suit:

Embranchement	Amastigomycètes
Sous embranchement	Ascomycètes
Classe	Sordariomycètes
Ordre	Hypocréales
Famille	Hypocraceae
Genre	<i>Trichoderma</i>

3.2. Morphologie de *Trichoderma* spp.

Selon le CRCC, les colonies de *Trichoderma* sont laineuses, à croissance rapide, de couleur blanche, jaune-verte ou verte et les conidiophores sont hyalins, en touffes plus ou moins compactes. Ces cellules conidiogènes, qui sont solitaires ou groupées en verticille, peuvent être des chlamydospores (spores de résistance) souvent à paroi épaisse, terminales ou intercalaires (TABUC, 2007). *Trichoderma* est un champignon qui porte un mycélium cloisonné bien ramifié et des conidies à forme conique ou pyramidale (Fig. 11) (GAMS et BISSETT 1998 in SHAHZAD et al., 2013).

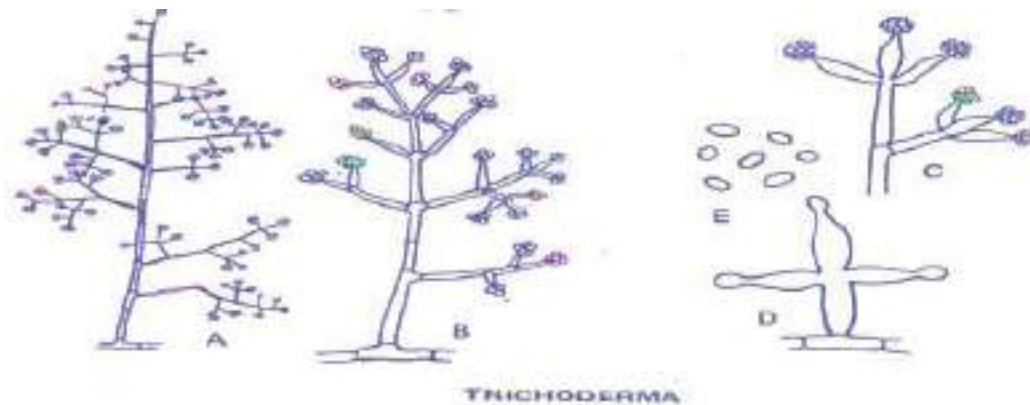


Figure 11. Morphologie de *Trichoderma*: (A et B) Conidiophores grandes montrant une ramification vaste. (C et D) Phialides montrant la production de conidies (E) Conidies (BARNETT et HUNTER, 1977)

3.3. Habitat de *Trichoderma* spp.

Trichoderma spp. sont souvent prédominante dans toutes les zones climatiques (BISSETT et LILLIANA, 2011). Ces espèces sont généralement saprophytes et se développent quasiment dans tous les sols et sur les végétaux en décomposition (BENKADA, 2006). Ces champignons ubiquistes sont très abondantes sur le bois en décomposition et dans le sol en raison de leur succès de développer de variables interactions hétérotrophes.

3.4. *Trichoderma harzianum*

Cette espèce agit comme un inhibiteur en colonisant d'autres champignons phytopathogènes telluriques, au moment du contact physique, les hyphes de *T. harzianum* s'enroulent autour de l'hôte en effondrant ses hyphes (HIBAR et *al.*, 2005). Ce microorganisme améliore à la fois la croissance des plantes et leur résistance aux maladies, et colonise les racines ce qui améliore la hauteur des plantes et la surface foliaire (El-GALI, 2015). Cet ascomycète est également utilisé contre les champignons intérieurs associés aux semences (HAMITOU et DEHIMAT, 2013).

L'aspect macroscopique de *T. harzianum* est obtenu à partir de culture sur gélose nutritive. Il se manifeste par un mycélium d'abord blanc puis vert (Fig. 12), en forme de cercles concentriques réguliers correspondant à la conidiogénèse abondante et aisée (ROUSSOS, 1987).

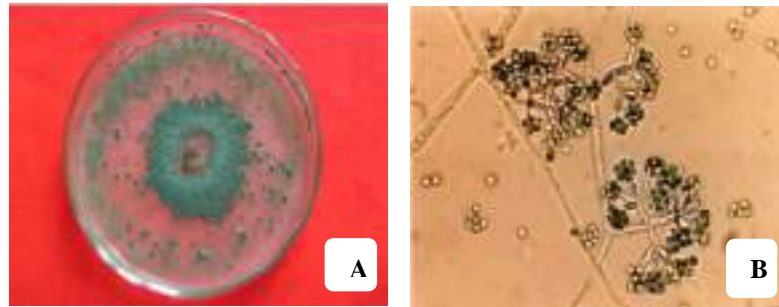


Figure 12. Aspect macroscopique (A) de *T. harzianum* cultivé sur milieu PDA (GVEROSKA et ZIBEROSKI, 2012) et microscopique (B) (RAHMAN et *al.*, 2009)

***Approche
expérimentale***

Chapitre 1

Matériel et méthodes

Chapitre 01. Matériel et méthodes

L'objectif de cette étude est de vérifier la capacité de trois souches autochtones de *Trichoderma harzianum* à coloniser le milieu et valoriser leur pouvoir antagoniste pour éliminer les agents phytopathogènes essentiels de la tomate. Nous avons étudié *in vitro* (par confrontation directe) l'interaction entre *T. harzianum* et cinq champignons (*Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Alternaria* sp., et *Trichothecium roseum*) capables de croître sur la tomate sous serre au sein de la région d'Oued Righ.

1.1. Matériel

1.1.1. Matériel biologique

1.1.1.1. Agent antagoniste

L'agent antagoniste utilisé dans cet essai est *Trichoderma harzianum*. Cette espèce est présentée en trois souches isolées de différentes cultures, à partir des feuilles de pomme de terre (SH 1), des semences du blé dur (SH 2) et de folioles de palmier dattier (SH 3). Celles-ci sont originaires du laboratoire de protection des végétaux de l'INRAA (Touggourt) où elles sont déjà conservées sur milieu gélosé (Fig. 13).

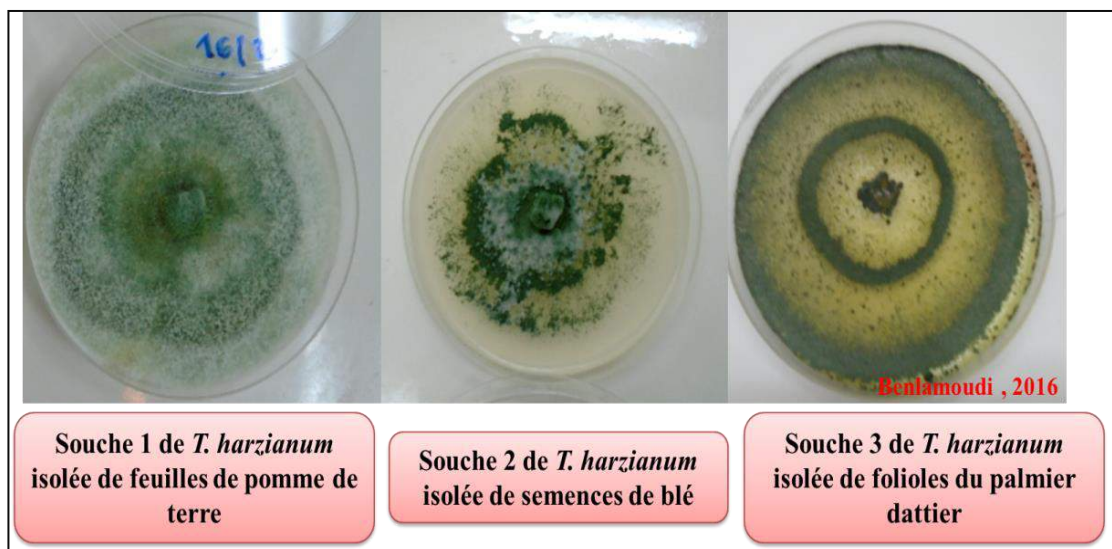


Photo 1. Aspect morphologique de trois souches de *Trichoderma harzianum* cultivées sur milieu PDA (Photos originales)

1.1.1.2. Agents phytopathogènes

Les isolats des champignons (*Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Alternaria* sp, et *Trichothecium roseum*) utilisés dans cette étude ont été obtenus à partir des racines, des tiges, des feuilles et des fruits de tomate présentant des symptômes d'attaques. L'identification des agents phytopathogènes a été faite au laboratoire de la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.

1.1.2. Matériel végétal

Les prélèvements des échantillons ont été effectués en cinq stations (fermes) situées à la région d'Oued Righ, elles s'agissent de Timacine, Nezla, Zaouia Abidia, Megarine et Barkadjia, sur une culture de tomate conduite sous serre. Les organes portant des symptômes maladifs (déformations morphologiques ou chlorotiques, taches, brûlures, pourriture...) ont été récoltés et ramenés au laboratoire (Fig. 14).

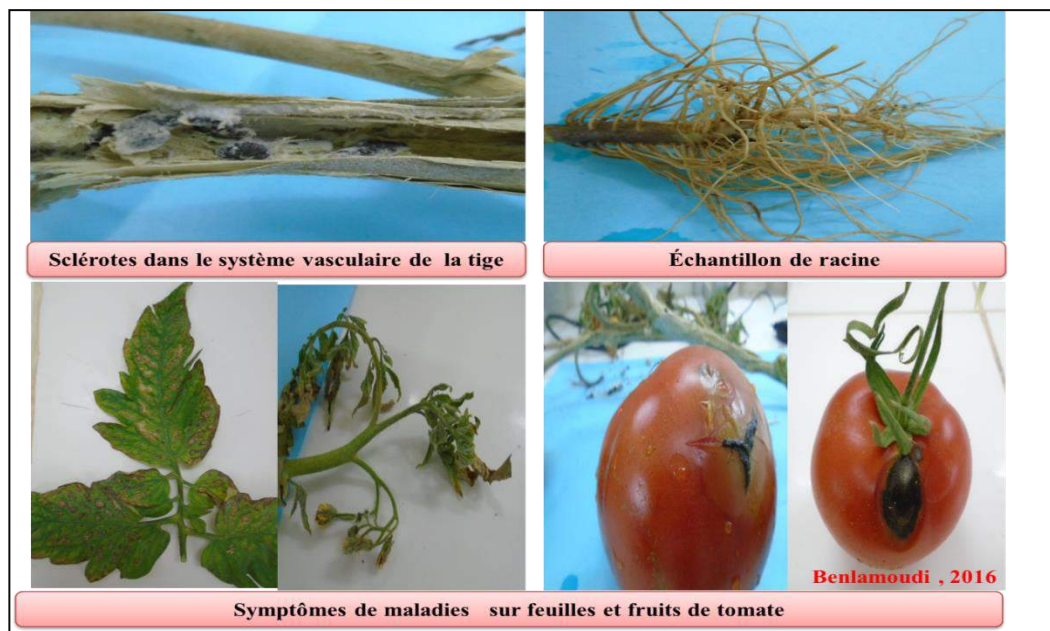


Photo 2. Échantillons de différents organes de tomate malades

1.2. Méthodologie de travail

1.2.1. Préparation du milieu de culture

Dans notre étude, nous avons utilisé le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) qui sert à l'ensemencement et la purification des souches fongiques ainsi que pour la

réalisation des tests d'antagonisme. Ce milieu est largement employé et il fournit la nutrition nécessaire à la croissance mycélienne des champignons.

Le milieu PDA est préparé comme suit :

- Peser de 250 g de pomme de terre épluchée, lavée et découpée en petits cubes de 12 mm ;
- Faire bouillir la pomme de terre dans l'eau pendant 20 minutes puis l'écraser pour obtenir une purée qui est filtrée à l'aide d'une mousseline ;
- Faire dissoudre 20 g de glucose et autant d'agar-agar, en homogénéisant la solution ;
- Ajuster le mélange obtenu en ajoutant de l'eau distillée pour obtenir un volume final d'un litre ;
- Stériliser le mélange dans une cocote minute à 125 °C, pendant 20 minutes, en tenant compte que les récipients ne doivent pas être remplis à ras et les bouchons doivent être dévissés avant la stérilisation ;
- Près de bec Bunsen, couler le milieu obtenue dans des boîtes de Pétri.

1.2.2. Isolement et identification des agents phytopathogènes

1.2.2.1. Désinfection et séchage

Les sujets atteints sont rincés à l'eau du robinet, découpés en petits fragments et désinfectés à l'Hypochlorite de Sodium (eau de Javel) (2%) pendant trois minutes. Cette opération a pour but d'éliminer la flore saprophyte. Les fragments sont ensuite rincés deux fois à l'eau distillée, séchés sur un papier filtre stérile près du bec Bunsen (Fig. 15).



Photo 3. Désinfection et séchage des fragments de tomate malades

1.2.2.2. Ensemencement des fragments

Les tissus obtenus de pieds de tomate malades ont été ensemencés aseptiquement dans le milieu gélosé PDA placé en boîte de Pétri, à raison de 04 fragments par boîte. Celles-ci sont ensuite fermées hermétiquement à l'aide d'un para film. L'incubation a lieu à une température de 25 °C et sous un régime héméroperiodique de 12 h d'obscurité et 12 h de lumière, afin de favoriser la sporulation (Fig. 16).

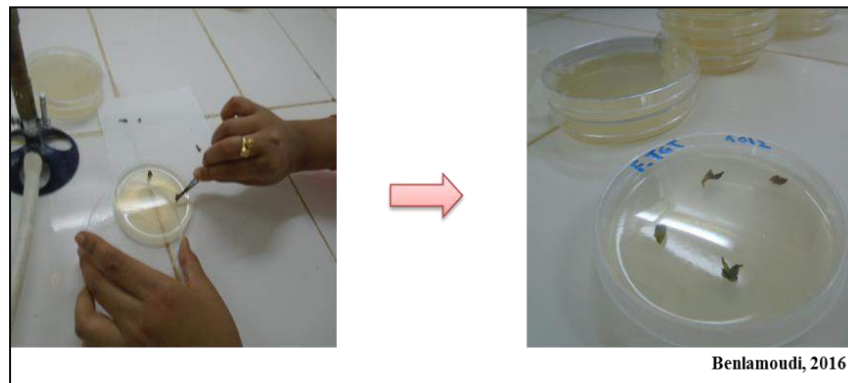


Photo 4. Ensemencement des fragments de tomate malades

1.2.2.3. Purification des colonies

La purification a pour but de faciliter l'identification. En fait, les colonies développées autour des fragments du végétal ne sont jamais pures et dans la plupart des cas sont associées à d'autres champignons ou bactéries, ce qui nécessite une opération de purification avant toute manipulation. Pour cela, nous avons réalisé des repiquages successifs de manière aseptique à l'aide d'un scalpel stérile. Des explants de culture ne présentant aucune contamination sont choisis dans la zone périphérique de croissance des colonies et redéposés soigneusement dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA (Fig. 17).



Photo 5. Purification des colonies des champignons.

1.2.2.4. Identification des agents phytopathogènes

L'identification des champignons fait essentiellement appel aux caractères culturels morphologiques, à la pigmentation et la forme des colonies (poudreuse, duveteuse, cotonneuse..). En plus, nous nous sommes basés sur l'aspect microscopique de ces microorganismes, en prenant en considération les caractères suivants :

- La forme du mycélium, la présence ou l'absence de cloisons ainsi que le mode de ramification.
- La taille, la morphologie, la coloration et la segmentation des spores.

Dans notre travail, nous nous sommes servis des clés de détermination de BARNETT et HUNTER (1977) et ELLIS (1971) pour l'identification des souches obtenues.

1.2.3. Essai de lutte biologique

1.2.3.1. Test d'antagonisme *in vitro*

L'activité antagoniste de *Trichoderma harzianum* a été testée *in vitro* selon la méthode de (BENHAMOU et CHET, 1996), sur milieu de culture, par confrontation directe vis-à-vis des agents phytopathogènes. Cette technique consiste à placer dans une boîte de Pétri de 9 cm, contenant le milieu PDA, deux disques mycéliens gélosés de 5 mm de diamètre pour chacun, l'un portant *T. harzianum* et l'autre l'agent phytopathogène. Les deux fragments sont placés suivant un axe diamétral de 30 mm et à équidistance du centre de la boîte (Fig. 18).

Pour les boîtes des témoins, un disque mycélien du pathogène de 5 mm de diamètre a été déposé au centre d'une boîte contenant le PDA. Cinq répétitions ont été retenues par agent phytopathogène et autant pour les témoins. L'incubation a été conduite dans une étuve à 26 °C.

Des mesures radiales quotidiennes des mycéliums du champignon et de l'agent antagoniste, faites à l'aide d'une règle et estimées en millimètres, ont été prélevées chaque jour. Le test a été achevé lorsque les mycéliums ont couvert l'ensemble des lots témoins.

L'évaluation du taux d'inhibition exercé par *T. harzianum* a été estimée par la formule de YONG et WOLF (1995):

$$I (\%) = (1 - Cn/Co) \times 100$$

Où : **I(%)** est le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

Cn est le diamètre moyen des colonies en présence de l'antagoniste.

Co est le diamètre moyen des colonies témoins.

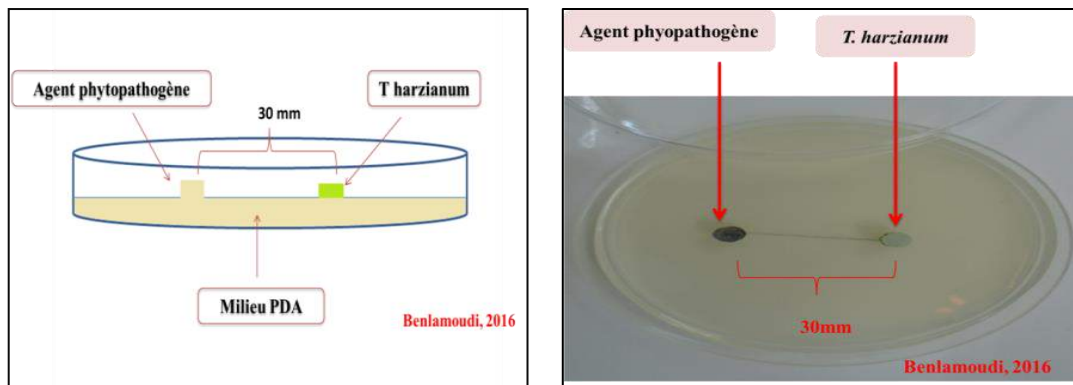


Figure 13. Protocole expérimental de la confrontation directe *in vitro* de *T. harzianum* à l'agent phytopathogène

1.2.3.2. Estimation de la vitesse de croissance mycélienne

La vitesse de la croissance mycélienne de chaque champignon a été déterminée par la formule de CAHAGNIER et MOLARD (1998).

$$VC = [D1/Te1] + [(D2-D1)/Te2] + [(D3-D2)/Te3] + \dots + [(Dn-Dn-1)/Ten]$$

Où : **D** : est le diamètre de la zone de croissance journalière en mm.

Te : est le temps d'incubation par heure.

1.2.3.3. Analyse statistique

L'analyse statistique utilisée est l'ANOVA (analysis of variance), faite par le logiciel EXCEL STAT Pour tous les tests. La comparaison des moyennes est faite sur la base de test de FISHER. Le but était de distinguer des groupes homogènes selon les valeurs des moyennes des deux variables testées qui sont représentées par les trois souches de *Trichoderma harzianum* et les champignons phytopathogènes de la tomate.

Chapitre 2

Résultats et discussion

Chapitre 2. Résultats et discussion

2.1. Résultats

2.1.1. Isolement et identification de la flore fongique

Cette étude nous a permis de distinguer 12 colonies de champignons. La caractérisation de celles-ci a été faite en examinant la couleur et la texture des thalles formés sur la surface des boîtes. Les chiffres de la figure 19 indiquent les différents champignons obtenus.

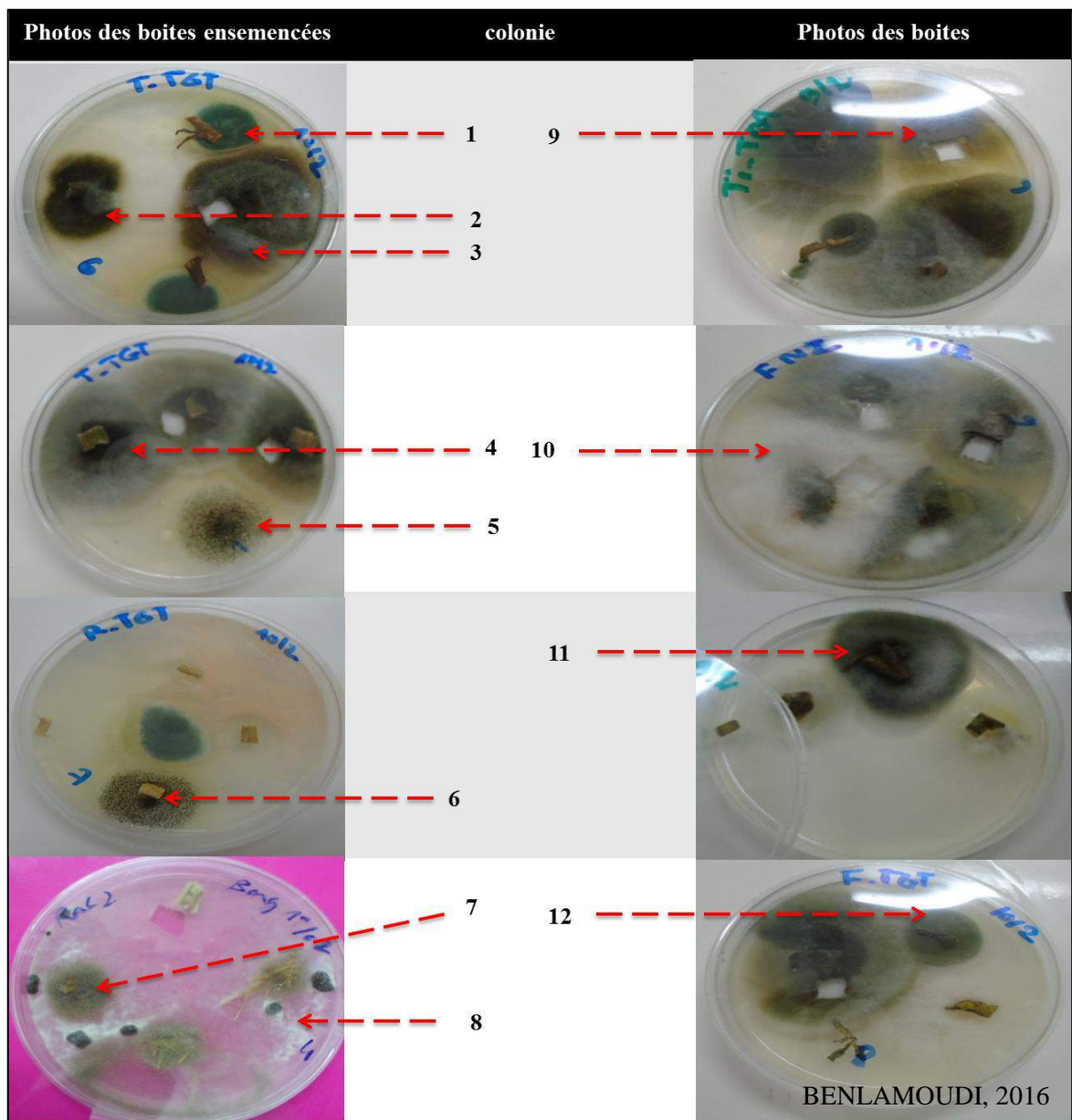


Photo 6. Différentes colonies de champignons formées sur boîtes de Pétri.

2.1.2. Aspect microscopique et macroscopique des souches isolées

2.1.2.1. *Botrytis cinerea*

L'aspect macroscopique de *Botrytis* est présenté par une colonie de couleur brunâtre ayant un développement rasé sur toute la boîte. Les conidiophores dressés grisâtres (gris brunâtre ou gris cendré) présentent des ramifications à leur sommet (A). Les macroconidies sont ovoïdes contrairement aux micro-conidies qui sont sphériques et de petite taille (B). Dans certaines conditions de son développement, le champignon a produit des sclérotes (Fig. 20).

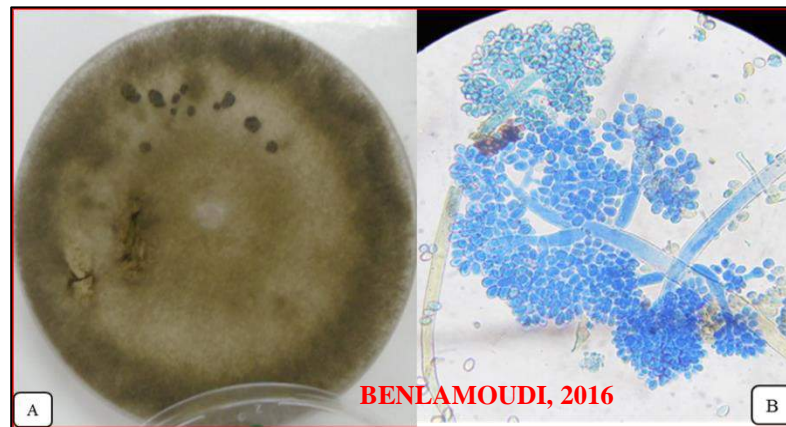


Photo 7. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Botrytis cinerea* (G×40)

2.1.2.2. *Alternaria* sp.

Les colonies de cette souche ont une croissance rapide sur milieu PDA. Elles sont d'une couleur verdâtre au départ qui devient rapidement foncée (A). L'étude microscopique démontre la présence d'hyphes septés (B). Certains filaments sont pigmentés en brun. Les conidiophores sont cloisonnés, bruns, pluricellulaires, d'aspect piriforme ou ovoïde avec une partie basale arrondie et une extrémité apicale allongée en bec plus ou moins important (Fig. 21).

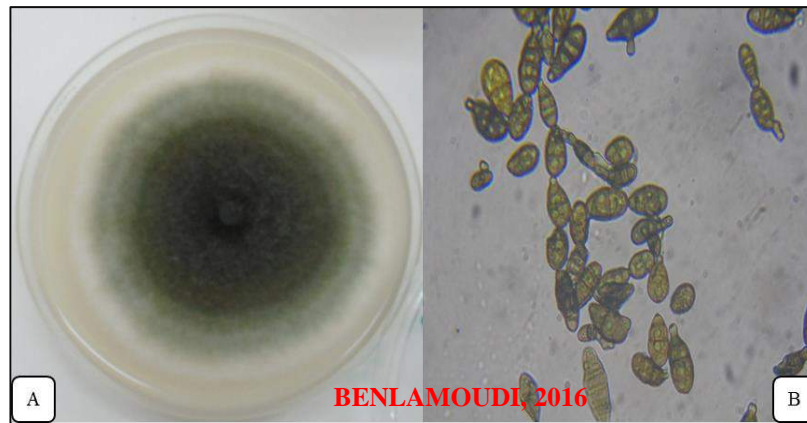


Photo 8. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'*Alternaria* sp. (G×40)

2.1.2.3. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Cette espèce forme des colonies duveteuses ou cotonneuses de couleur blanche (A). Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macro-conidies fusiformes et cloisonnées (B). Les phialides sont courtes et larges et formées sur le mycélium aérien, les micro-conidies sont absentes (Fig. 22).

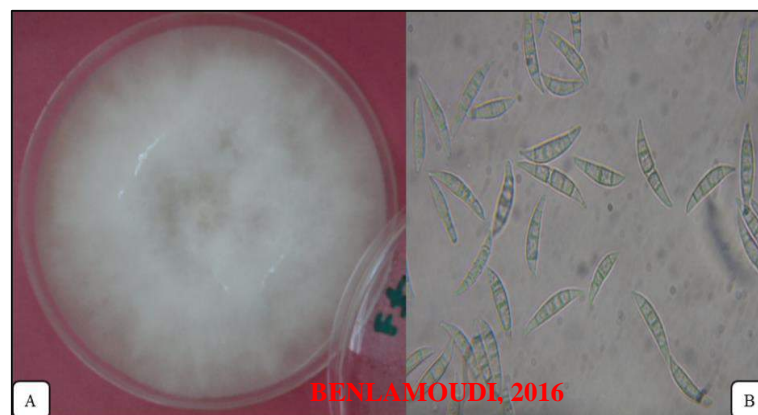


Photo 9. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (G×40)

2.1.2.4. *Sclerotinia sclerotiorum*

L'aspect macroscopique de *Sclerotinia* (A) est présenté par un mycélium de couleur blanche neige qui a un développement très rapide avec un aspect rasé sur toute la boîte ; la présence des sclérotés noirs a lieu au bout de trois jours d'incubation (Fig. 23).



Photo 10. Aspect macroscopique de *Sclerotinia sclerotiorum*

2.1.2.5. *Cladosporium fulvum*

Les *Cladosporium* ont une croissance lente. Les colonies ont une texture veloutée ou floconneuse, parfois poudreuse avec une couleur verte olive (A). La morphologie microscopique démontre des hyphes septés et pigmentés qui produisent des conidiophores de longueurs variables(B). Les premières conidies formées à l'extrémité des conidiophores sont de grande taille, uni ou pluricellulaires. L'ensemble forme de longues chaînes acropètes et ramifiées présentant des arbuscules fragiles qui se dissocient lors du montage (Fig. 24).

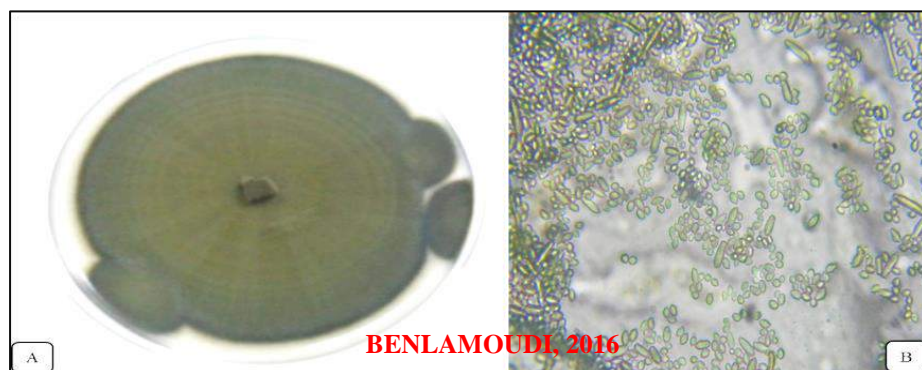


Photo 11. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Cladosporium fulvum* (G×40)

2.1.2.6. *Aspergillus niger*

Les colonies d'*A. niger* ont une couleur noirâtre et les conidies sont habituellement globuleuses et brunes (A), parfois légèrement aplaties. Les phialides sont plus ou moins allongées, présentant plusieurs sites de bourgeonnement (polyphialides) (Fig. 25).

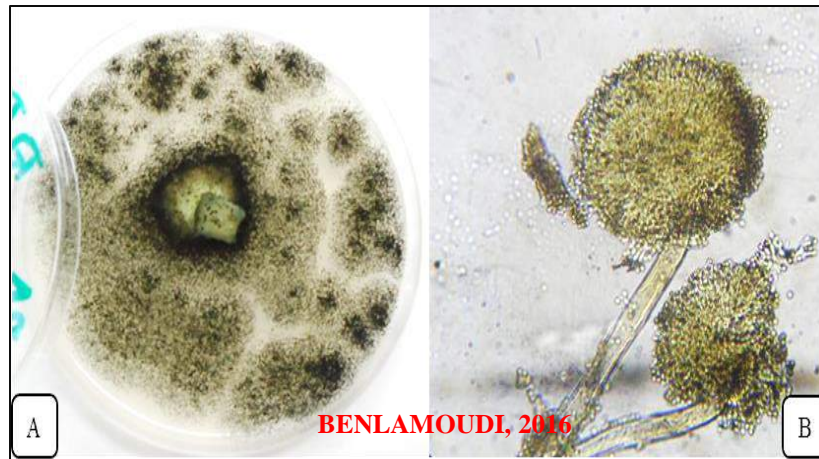


Photo 12. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'*Aspergillus niger* (G×40)

2.1.2.7. *Trichothecium roseum*

Les colonies de *T. roseum* sont initialement blanches, puis elles développent rapidement une couleur rosâtre avec un aspect poudreux et velouté (A). Les conidiophores sont dressés et les conidies sont bicellulaires et hyalines (Fig. 26).

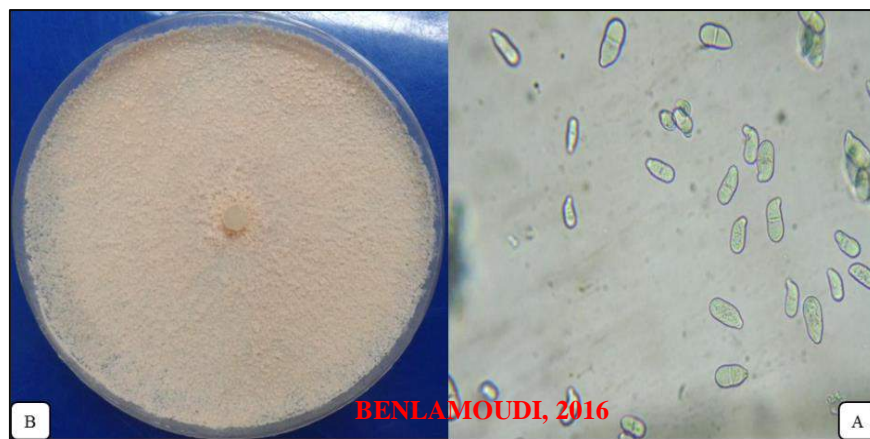


Photo 13. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Trichothecium roseum* (G×40)

2.1.2.8. *Penicillium* sp.

Les colonies de cette souche sont de couleur vert bleuâtre (la couleur des phialides) et d'aspect velouté (A). Les phialides sont ampulliformes et les conidies sont sphériques à forme ovoïde ou sphérique (Fig. 27).

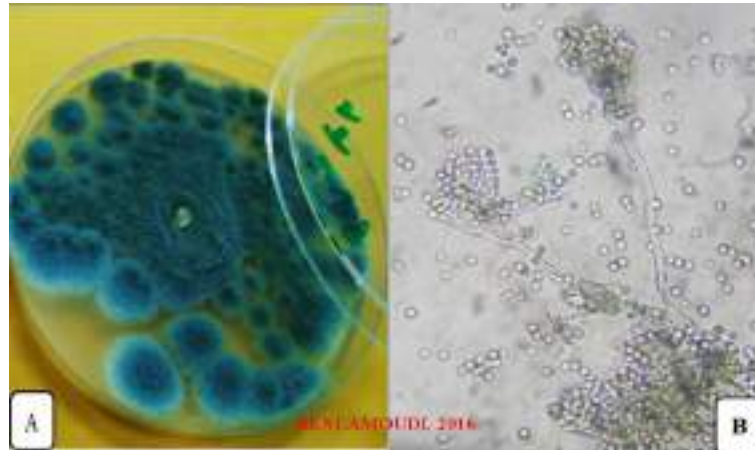


Photo 14. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Penicillium* sp. (G×40)

2.1.2.9. *Stemphylium solani*

Les colonies de *S. solani* ont une croissance rapide, daims à cotonneuses dans la texture, et brun-noir en couleur (A). Les conidies sont solitaires, arrondies aux extrémités, divisée par plusieurs cloisons longitudinales et transversales (Fig. 28).

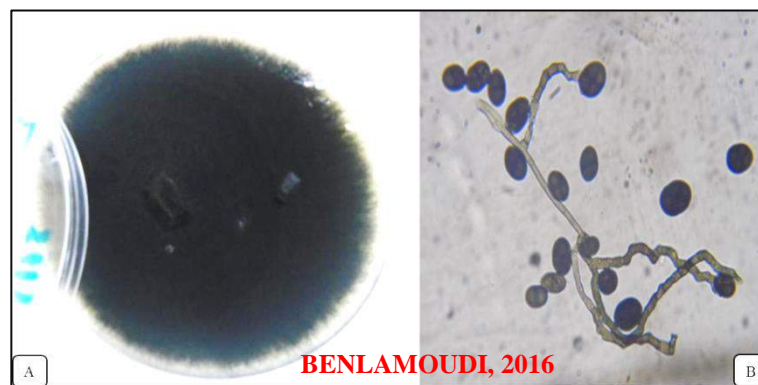


Photo 15. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Stemphylium solani* de (G×40)

2.1.2.10. Champignons non identifiés

Trois champignons (Fig. 29, 30, 31) n'ont pas encore été identifiés.

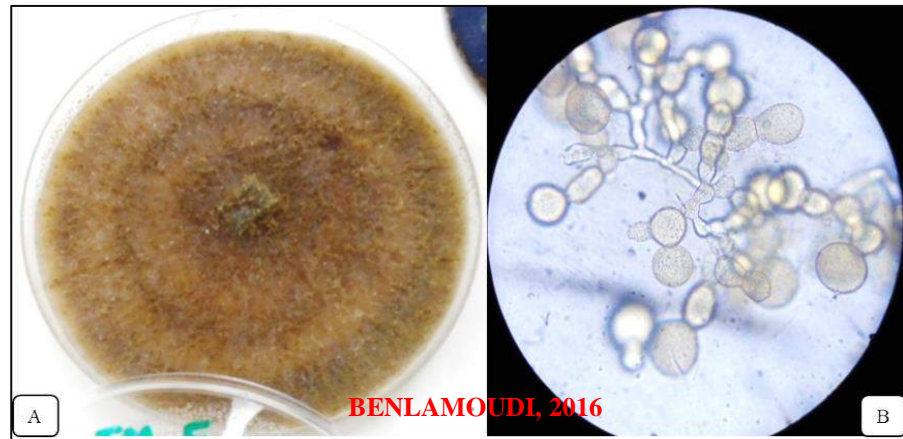


Photo 16. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'une colonie non identifiée (G×40)

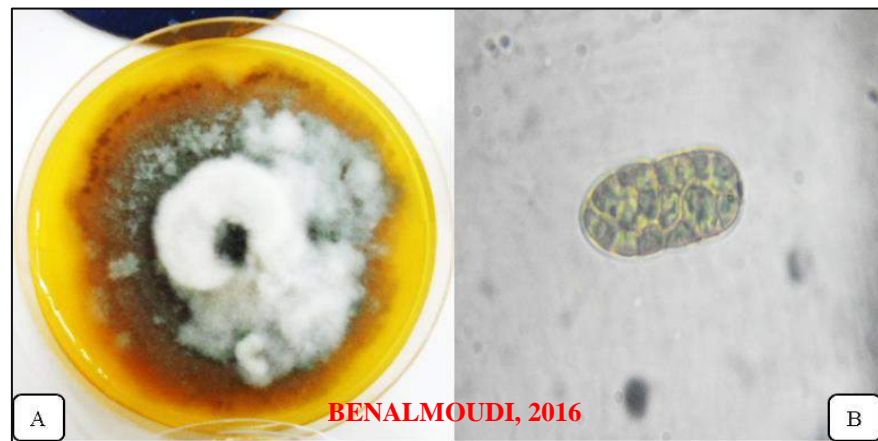


Photo 17. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'une colonie non identifiée (G×40)

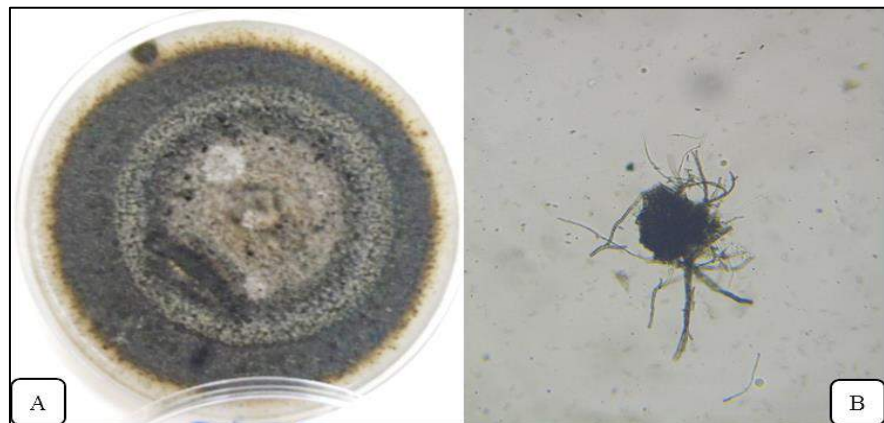


Photo 18. Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'une colonie non identifiée (G×40)

2.1.3. Confrontation directe *in vitro* de *T. harzianum* aux champignons phytopathogènes

2.1.3.1. Etude de la vitesse de la croissance mycélienne des différents champignons

L'étude de la croissance mycélienne des champignons nous a permis de connaître l'importance du développement des champignons phytopathogènes en présence des trois souches de *T. harzianum* obtenues de différents milieux. Les mesures, en millimètres et en fonction du temps (jour), du diamètre de ceux-ci avec les 3 souches : pomme de terre, blé dur et palmier dattier sont présentées dans les tableaux (Annexe 3, 4, 5) respectivement.

2.1.3.1.1. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons en présence de *T. harzianum* (SH 1)

Les résultats de cet essai indiquent que le développement des champignons phytopathogènes semble être entravé par la souche antagoniste, à l'exception de *B. cinerea* qui a montré pratiquement la même vitesse de croissance avec et sans traitement par cette souche et celle obtenue du blé dur. Concernant les autres espèces, les valeurs de croissance mycélienne journalière de ceux-ci sont moins importantes en présence de *T. harzianum* (Fig. 32). En effet, *T. roseum*, *Alternaria* sp, *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *S. sclerotiorum* ont enregistré des valeurs de 0.52, 0.53, 0.54, et 0.6 mm/h respectivement. Par contre, le témoin a montré une vitesse de croissance plus importante s'étalant entre 0.71 et 0.99 mm/h.

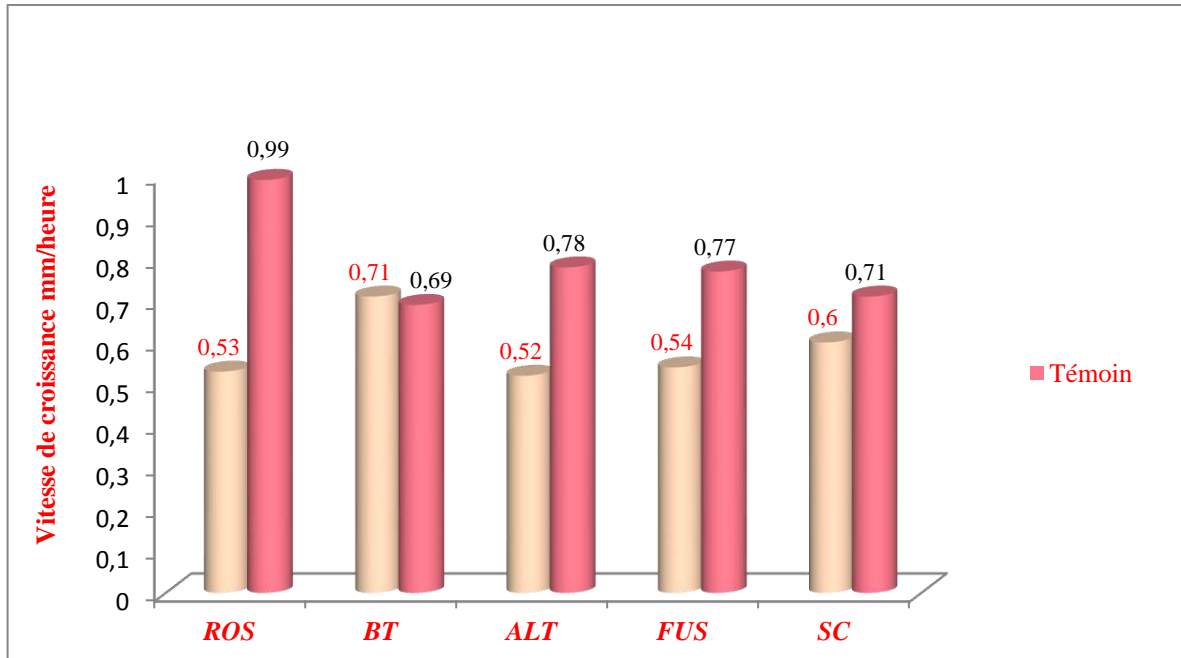


Figure 14. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes (*T. roseum*, *B. cinerea*, *Alternaria* sp., *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *S. sclerotiorum*) en présence de *T. harzianum* (SH 1).

2.1.3.1.2. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes en présence de *T. harzianum* (SH2)

Cette expérimentation révèle que cette souche a également exercé un effet antagoniste sur les champignons phytopathogènes de la tomate. En effet, *T. roseum*, *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, *Alternaria* sp. et *S. sclerotiorum* ont enregistré des valeurs de 0.51, 0.58, 0.62, et 0.63 mm/h respectivement (Fig. 33). Par contre, le témoin a montré une vitesse de croissance plus importante s'étalant entre 0.73 et 1.26 mm/h. Il apparaît également que l'espèce la plus sensible au traitement avec cette souche antagoniste est *S. sclerotiorum* car sa vitesse de croissance a été réduite à la moitié de celle du témoin.

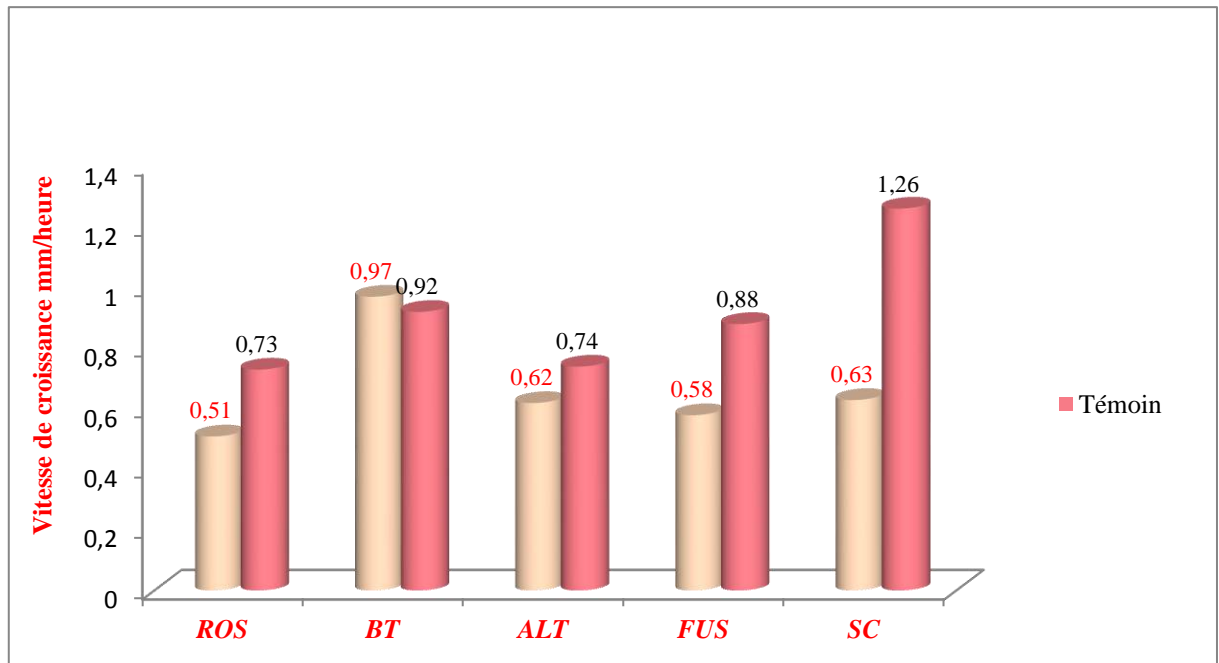


Figure 15. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons en présence de (*T. roseum*, *B. cinerea*, *Alternaria* sp., *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *S. sclerotiorum*) en présence de *T. harzianum* (SH 2).

2.1.3.1.3. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes en présence de *T. harzianum* (SH 3)

Les résultats de cette étude montrent que *T. harzianum* isolé du palmier dattier a ralenti le développement de tous les champignons phytopathogènes de la tomate utilisés dans notre essai, y compris *B. cinerea* (Fig. 34). La vitesse de la croissance mycélienne journalière de *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, *Alternaria* sp, *T. roseum*, *B. cinerea*, et *S. sclerotiorum* n'a été que de 0.32, 0.38 , 0.44, 0.77 et 0.78 mm/h pour ces champignons respectivement; au moment où celle des témoins a été de 0.42, 0.52 ,0.62, 1.02 et 1.06 mm/h pour ces derniers respectivement.

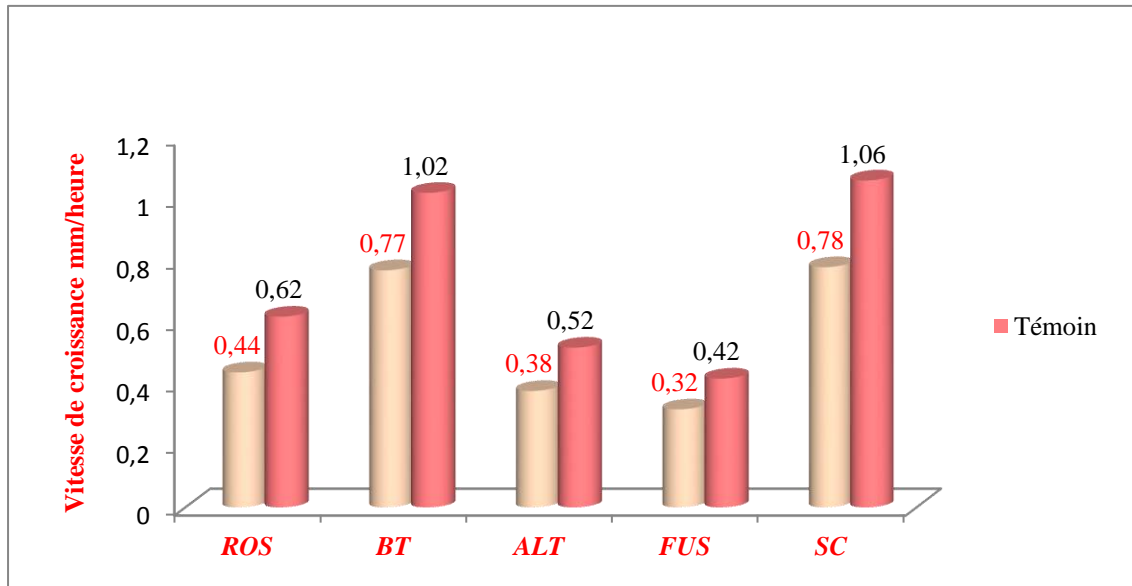


Figure 16. Vitesse de la croissance mycélienne des champignons en présence de (*T. roseum*, *B. cinerea*, *Alternaria* sp., *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *S. sclerotiorum*) en présence de *T. harzianum* (SH 3)

2.1.4. Test d'antagonisme *in vitro* entre *T. harzianum* et les champignons phytopathogènes de la tomate

L'activité antifongique des trois souches de *T. harzianum* est révélée par le taux d'inhibition de celle-ci vis-à-vis des agents phytopathogènes de la tomate (Annexe 6). Les mesures radiales quotidiennes de chaque test d'antagonisme (y compris le diamètre du disque) permettent d'estimer l'effet inhibiteur de chaque souche antagoniste sur la cinétique de la croissance mycélienne des champignons.

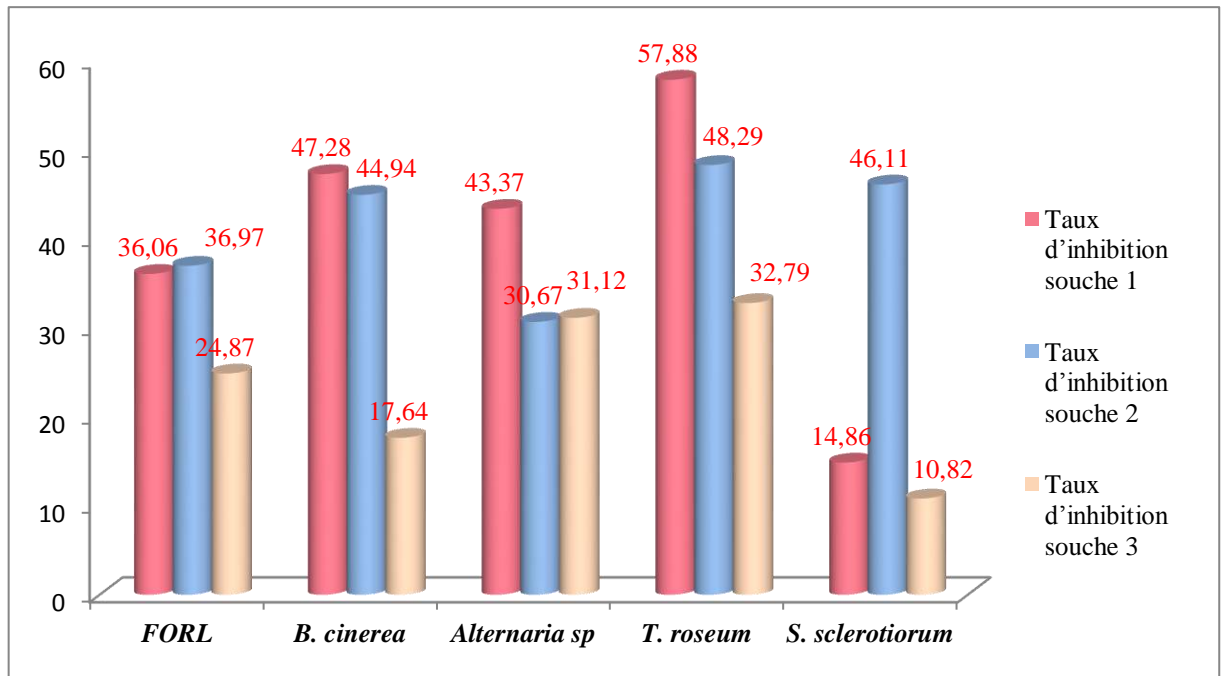


Figure 17. Effet inhibiteur in vitro de 3 souches de *T. harzianum* vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés

- Souche 1 : pomme de terre
- Souche 2 : blé dur
- Souche 3 : palmier dattier

2.1.4.1. Test d'antagonisme *in vitro* entre *T. harzianum* (SH 1) et les champignons phytopathogènes

Au bout de six jours d'incubation, les boîtes des lots témoins de l'ensemble des souches fongiques sont totalement envahies par le mycélium. Le taux d'inhibition enregistré dans le dernier jour de l'essai donne une idée sur la cinétique de la croissance de chaque champignon, antagoniste ou phytopathogène (Fig. 35). Les résultats indiquent que *T. harzianum* a inhibé la croissance mycélienne de tous les champignons mais avec des taux bien différents (Fig. 36). Le meilleur taux d'inhibition est de 57,88% enregistré contre *T. roseum* suivi par 47%, 43% et 36 % à l'égard de *B. cinerea*, *Alternaria sp.* et *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* respectivement. Le taux le plus faible (14%) a été obtenu contre *S. sclerotiorum*.

L'analyse statistique (Annexe. 7) confirme ces résultats. L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatif de *T. harzianum* sur les différents champignons ($Pr < 0,0001$), en obtenant un F observé de l'ordre de 32,805. Notre étude montre que les champignons *T. roseum*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *Alternaria* sp. sont les plus sensibles à *T. harzianum* (SH 1) alors que *S. sclerotiorum* est la moins sensible. Cette constatation est confirmée par les groupes homogènes du test Fisher (Annexe. 8).



Photo 19. Effet inhibiteur de *T. harzianum* (SH 1) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 6 jours d'incubation

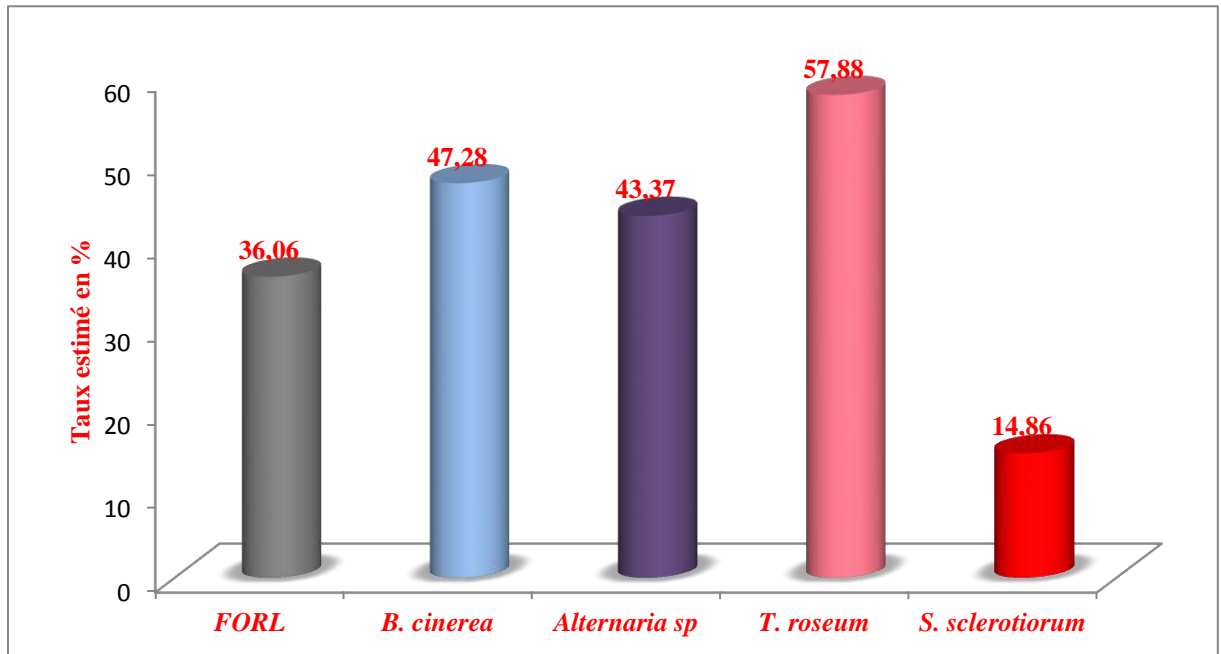


Figure 18. Taux d'inhibition de *T. harzianum* (SH 1) vis-à-vis des champignons phytopathogènes de la tomate testés

2.1.4.2. Test d'antagonisme *in vitro* entre *T. harzianum* (SH 2) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate

Au bout de cinq jours d'incubation, les boîtes des lots témoins sont totalement envahies par le mycélium. Les mesures du dernier jour donnent une idée sur l'effet inhibiteur de *T. harzianum* sur la cinétique de croissance de chaque champignon (Fig. 37). Les résultats montrent que *T. harzianum* inhibe la croissance mycélienne des champignons avec des taux différents (Fig. 38). Les meilleurs taux d'inhibition ont été enregistrés contre les quatre espèces *T. roseum*, *B. cinerea*, *S. sclerotiorum* avec des valeurs entre 46% et 48% alors que *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *Alternaria* sp. n'ont été inhibés qu'avec des taux de 36.9 et 30.6% respectivement.

L'analyse statistique (Annexe. 9) confirme l'effet antagoniste de cette souche sur ces champignons, en obtenant un F observé de l'ordre de 12,790 et en enregistrant un effet très hautement significatif de *T. harzianum* sur la croissance des différents champignons ($Pr < 0,0001$). Notre travail révèle que les champignons *S. sclerotiorum*, *T. roseum*, *B. cinerea* sont les plus sensibles à *T. harzianum* (souche blé dur) alors que *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* et *Alternaria* sp. sont les moins sensible. Cette constatation est confirmée par les groupes homogènes du test Fisher (Annexe. 10).

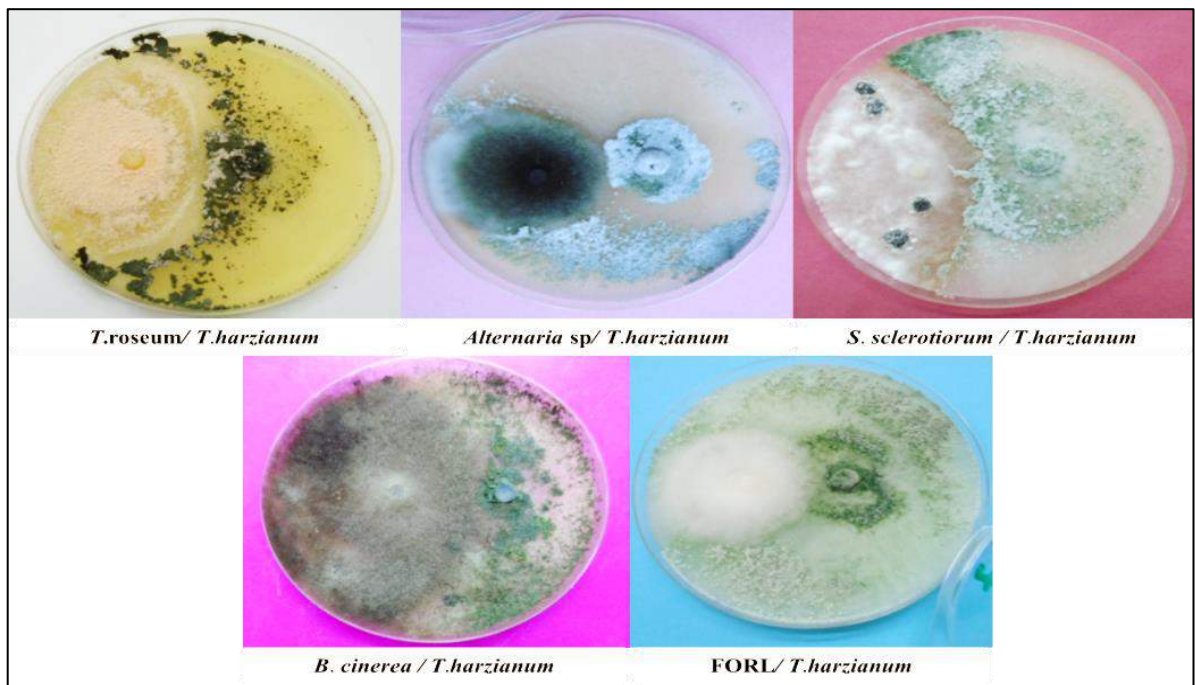


Photo 20. Effet inhibiteur de *T. harzianum* (SH 2) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 5 jours d'incubation

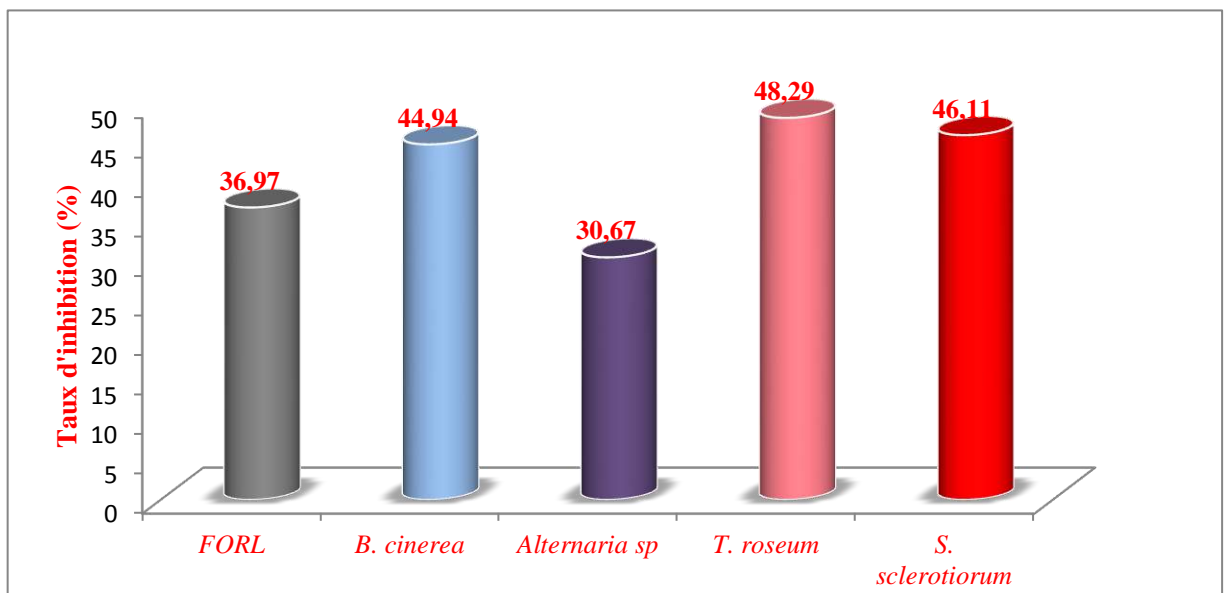


Figure 19. Taux d'inhibition de *T. harzianum* (SH 2) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés

2.1.4.3. Test d'antagonisme *in vitro* entre *T. harzianum* (SH 3) contre les champignons phytopathogènes de la tomate

Après une incubation de 6 jours, les mesures du dernier jour manifestent l'effet inhibiteur de *T. harzianum* (SH 3) sur la cinétique de croissance de chaque champignon

(Fig. 39). Cette souche inhibe également la croissance mycélienne des champignons utilisés dans notre test (Fig. 40). Les meilleurs taux d'inhibition ont été enregistrés contre *T. roseum*, *Alternaria* sp. et *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* avec des valeurs entre 24 et 32%, suivis par *B. cinerea* (17.64%) et *S. sclerotiorum* (10.82%).

L'analyse de la variance ANOVA confirme l'effet antagoniste très hautement significatif de cette souche vis-à-vis les champignons testés ($Pr < 0,0001$), en obtenant un F observé de l'ordre de 37,379 (Annexe 11). Notre test révèle que les champignons *T. roseum*, *Alternaria* sp. et *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* sont les plus sensibles à *T. harzianum* (SH 3) alors que *B. cinerea* et *S. sclerotiorum* sont les moins sensibles. Cette constatation est confirmée par les groupes homogènes du test Fisher (Annexe. 12).

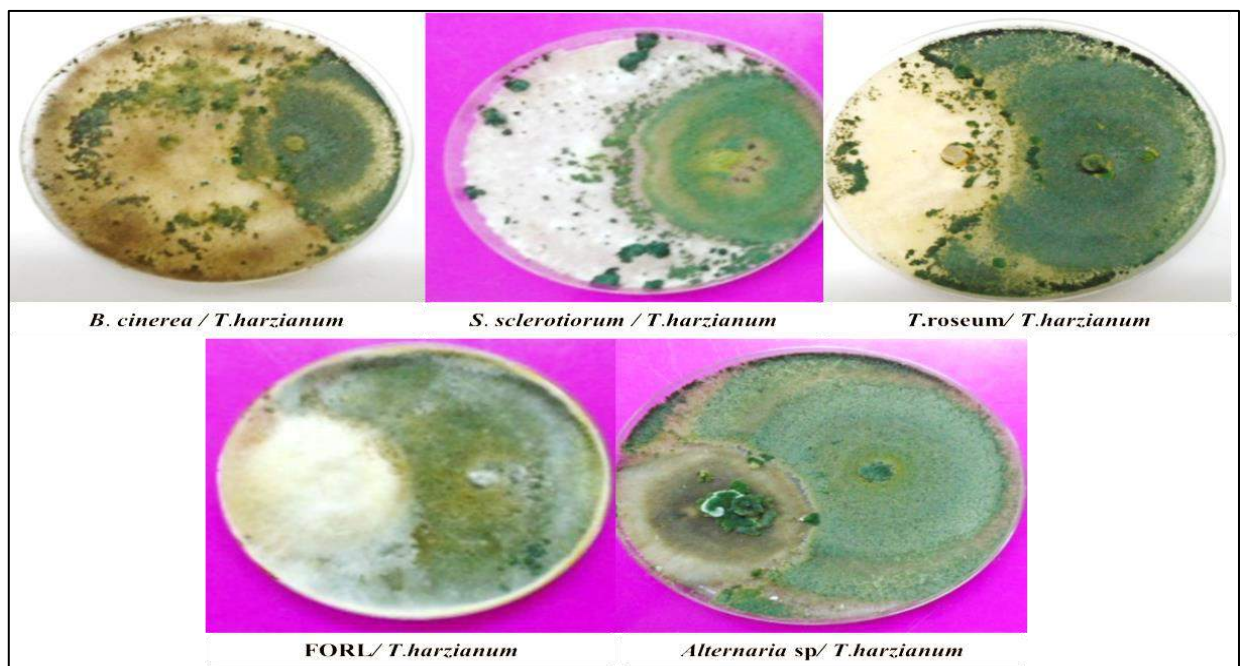


Photo 21. Effet inhibiteur de *T. harzianum* (SH 3) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés après 6 jours d'incubation

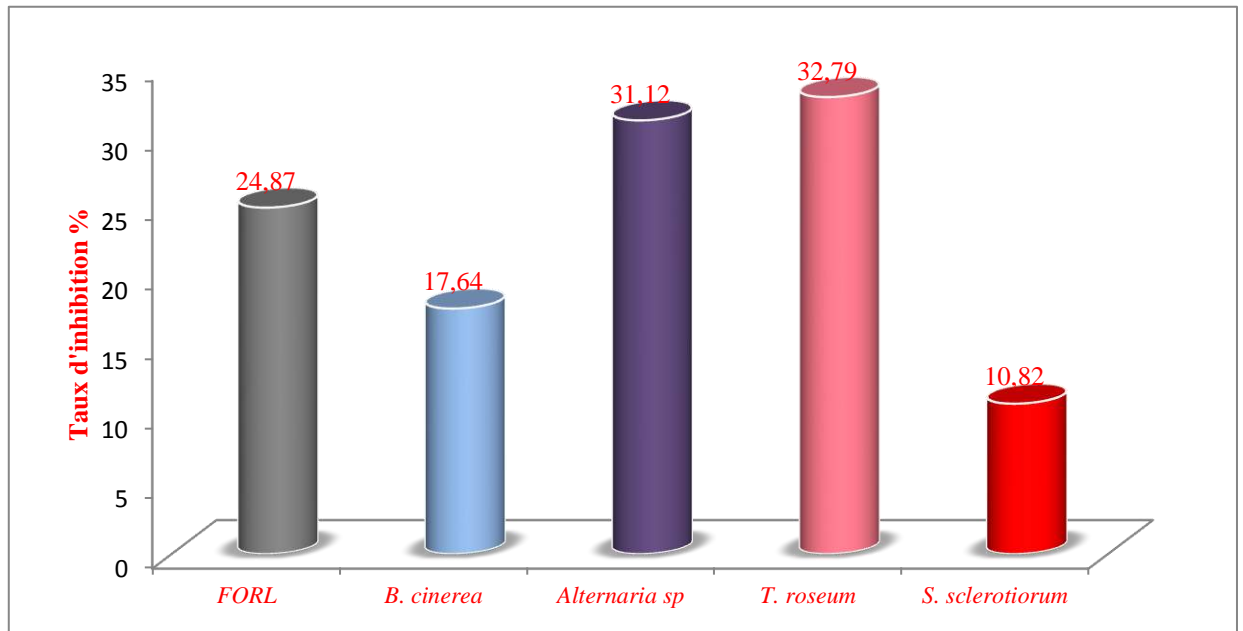


Figure 20. Taux d'inhibition de *T. harzianum* (SH 3) vis-à-vis les champignons phytopathogènes de la tomate testés

D'autre part, l'analyse de la variance entre les trois souches de *T. harzianum* (Fig. 41) a montré une différence très hautement significative ($Pr < 0,0001$) avec un F observé égale à 10,211. (Annexe 13).

Et le test Fisher a révélé deux groupes homogènes, en enregistrant les deux souches de *T. harzianum* les plus efficaces, celle du blé dur (SH 2) suivie de pomme de terre (SH 1), puis la souche du palmier dattier (SH 3) (Annexe 14).

2.2. Discussion

Notre étude a démontré que *T. harzianum* a un réel potentiel antifongique contre les champignons phytopathogènes de la tomate examinés. En effet, la vitesse de la croissance mycélienne de ces derniers a été ralentie par les trois souches de cet antagoniste mais avec des degrés différents. Il a été observé dans notre essai qu'au terme de 6 jours en maximum, les colonies de *T. harzianum* recouvrent celles des champignons révélant ainsi leur pouvoir inhibiteur. Cette situation a également été avancée par beaucoup de chercheurs qui ont suivi la même technique de confrontation directe et utilisé le même milieu de culture (PDA). Dans un travail sur l'effet de *T. harzianum* sur *B. cinerea*, BENDAHMANE et al. (2011) ont obtenu un résultat similaire à celui enregistré dans notre étude (47%) et HAMITOU et DEHIMAT (2012) ont noté une valeur proche (56,52%). Aussi, IBARRA-MEDINA et al. (2010) ont testé l'effet antagoniste de cette espèce vis-à-vis *S. sclerotiorum*, des résultats plus intéressants (entre 91 et 100%) que les notre ont été avancés (46%). En fait, *T. harzianum* a un pouvoir envahissant très remarquable car il est capable de croître et sporuler même sur les sclérotés du champignon phytopathogène. Cette constatation a été également faite par ces derniers auteurs. De même, HAMITOU et DEHIMAT (2012) ont testé cette espèce contre *Alternaria* sp., une valeur d'inhibition plus importante (57%) que la nôtre (43%) a été enregistrée. Cette souche a également été testée contre *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* par HIBAR et al. (2005), le taux d'inhibition signalé par ces auteurs a été de 65 % alors que celui obtenu dans notre essai a été de 36% seulement.

Tous ces résultats confirment le pouvoir antifongique des différentes souches de *T. harzianum* contre les différents isolats des champignons phytopathogènes de la tomate.

En fait, le phénomène d'antagonisme est mis en jeu par différents mécanismes tel que le mycoparasitisme (DE LA CRUZ et al., 1995; BENHAMMOU et CHET, 1996) qui est largement exploité en lutte biologique (El-GALI, 2015). Ce phénomène se passe lorsque les hyphes de *T. harzianum* s'enroulent autour du champignon phytopathogène (EZZIYYANI et al., 2004) présentant une phase initiale d'interaction avec les mycéliums, une phase intermédiaire pour surmonter l'effet inhibiteur de celui-ci et une phase finale de parasitisme (El-GALI, 2015). Cette dernière est caractérisée par la libération d'enzymes pour dégrader les parois cellulaires (BENITEZ et al., 2004).

Un autre mécanisme est assuré par la sécrétion de métabolites volatiles et diffusibles (BERBER *et al.*, 2009) qui provoquent la lyse du mycélium et des spores du phytopathogène. (MOAYEDI et MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA, 2010; ELAD *et al.*, 1979). IBARRA-MEDINAT *et al.* (2010) ont remarqué que la structure des sclérotés est détruite par une sécrétion d'enzymes lytiques tels que la glucanase et la chitinase ainsi qu'une forte inhibition de leur germination.

La compétition pour la nutrition et l'espace (HJELJORD *et al.*, 2000) peuvent être également mises en jeu lorsque les fragments des champignons sont placés en contact avec *Trichoderma*, ce dernier a l'avantage de l'espace et provoque des anomalies dans la morphologie des agents phytopathogènes (GVEROSKA *et* ZIBEROSKI, 2011).

Conclusion

Conclusion

Dans la région d'Oued Righ, la tomate est exposée aux attaques de plusieurs bio-agresseurs qui peuvent diminuer la qualité et le rendement de cette culture. Les champignons constituent les principaux agents parmi ceux-ci. *Trichotecium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria* sp. et *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* sont fréquemment rencontrés sur cette solanacée dans cette localité. La lutte contre ces microorganismes est assurée exclusivement par l'application de produits chimiques qui peuvent constituer un danger pour l'environnement et le consommateur.

Trois souches fongiques antagonistes ont été isolées sur pomme de terre, blé dur et palmier dattier dans cette même région. Il s'agit de trois isolats de l'espèce *T. harzianum*. Celles-ci peuvent constituer un moyen de lutte important qui peut remplacer la méthode de lutte classique contre les champignons phytopathogènes de la tomate car elles sont arrivées à inhiber leur croissance dans des essais de confrontation directe *in vitro*.

Les trois isolats de *T. harzianum* se développent normalement sur milieu de culture PDA et donnent des effets d'antagonisme, en un temps court, ce qui facilite leur manipulation et leur utilisation dans la formulation de bio-fongicides capables d'être appliqués pour traiter les maladies de la tomate.

Tous les champignons phytopathogènes de la tomate testés dans cette étude ont montré une nette sensibilité aux souches antagonistes. Néanmoins, les *T. harzianum* isolés du blé dur et de la pomme de terre semblent être les plus efficaces.

Ces résultats très encourageants méritent d'être complétés par l'étude de l'effet antagoniste des isolats de *T. harzianum* par des essais *in vivo*, sur des plantes de tomate entières en plein champs et sous serre, car d'autres facteurs peuvent agir sur leur efficacité lors de l'application du traitement. Aussi, il serait passionnant de tester ces souches contre d'autres espèces fongiques de la tomate, mais aussi d'autres cultures, afin de valoriser au maximum cet outil de lutte biologique. Des recherches plus approfondies seraient également intéressantes, en utilisant par exemple le microscope à balayage électronique, pour connaître les mécanismes mis en jeu par ces microorganismes dans la lutte contre les champignons phytopathogènes.

***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

1. **ACHBANI E.H., TOURVIELLE D. et LENORMAND M., 1995** - Production d'apothécies chez *Sclerotinia* spp. Al Awamia, 31-50.
2. **AJOUZ S., 2009** - Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. Thèse Doctorat. Univ. d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 213 p.
3. **ATTRASSI K., SELMAOUI K., OUAZZANI-TOUHAMI A., BADO A., DOUIRA A., 2005** - Biologie et physiologie des principaux agents fongiques de la pourriture des pommes en conservation et lutte chimique par l'azoxystrobine. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 144 : 47-62.
4. **AYDI N., 2013** - Maladies de la tomate d'origine fongique. DGPCQPA, Monastir 2/04/2013.
5. **AZIZ N.H. ELFOULY.M.Z. ELESSAWY A.A. KHALAFM.A., 1996** - Influence of bean seedling root exudates on the rhizosphere colonization by *Trichoderma lignorum* for the control of *Rhizoctonia solani*. Botanical bulletin of academic sinica 38, pp. 33-38 .
6. **BABADOOST M., 2014** - Powdery mildew of tomato. Report on plant disease. Univ. of Illinois, RPD. 974: 2p.
7. **BARNETT H.L. and HUNTER B.B., 1977** - Illustrated genera of imperfect fungi. Second edition. Burgess Publishing Co, 180 p.
8. **BENDAHMANE B.S., BENKADA Y.M. et DJAMEL M., 2011-** Antagonisme *in vitro* de *Trichoderma* spp.vis-à-vis de *Botrytis fabae* Sard. et de *Botrytis cinerea* Pers. Univ. Mostaganem. 147-156.
9. **BENHAMMOU N. et CHET I. 1996** - Parasitism of Sclerotia of *sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum* : Ultrastructural and Cytochemical aspects of the interaction. Phytopathology, 86: 405-416.
10. **BENÍTEZ T., RINCÓN A.M., CARMEN-LIMÓN M. et CODÓN A.C., 2004** - Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International microbiology, 7: 249-260.
11. **BENKADA M.M., 2006** - Evaluation du risque fongique en zones conchylicoles : substances toxiques de souches marines du genre *Trichoderma*. Thèse doctorat. Univ. de Nantes. 139 p.

12. **BERBER F., OUAZZANI-TOUHAMI A., BADOUC A. et DOUIRA A., 2009** - Antagonisme *in vitro* et *in vivo* de deux *Trichoderma* à l'égard de quatre espèces de *bipolaris* pathogènes sur le sorgho. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 93-114.
13. **BISSETT J. et LILLIANA H.C., 2011** - Biodiversity of *Trichoderma* in Neotropics. The Dynamical Processes of Biodiversity - Case Studies of Evolution and Spatial Distribution, PhD Oscar Grillo, 303-320.
14. **BOUNEGHOU S.B., 2010** - L'effet inhibiteur de *Pythium sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium roseum* et d'*Alternaria alternata*. Univ, Constantine. 50p.
15. **BOUSETA A., EL AYACHI N., BOUYA D., BENZEKRI A., IRAQI R. & COLLIN S., 2005** - Influence de l'activité de l'eau, de la température et du temps d'incubation sur la croissance et la production de déoxynivalénol par des isolats de *Fusarium culmorum*. Symposium Euro-Maghrébin sur les contaminants biologiques, chimiques et la sécurité alimentaire, Fès, Maroc, 7-9 Septembre 2005.
16. **BOUZIANE Z. DEHIMAT L., KACEM CHAUCHE N., ABDEL AZIZ W., 2011** - La compétition de *Trichoderma viride* vis-a-vis des souches fongiques pathogènes de *Zea mays.*, 33 (6) : 31-37.
17. **CAHAGNIER B. et RICHARD-MOLARD D., 1998** - Moisissures des aliments peu-hydratés, les moisissures. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed. Lavoisier. Pp. 39-41.
18. **CAMPOROTA P., 1985** - Antagonisme *in vitro* de *Trichoderma* spp. vis-à-vis de *Rhizoctonia solani* Kuhn. Agronomie, EDP Sciences, 5 (7) : 613-620.
19. **CARON J., LAVERDIERE L., PIERRE O., THIBODEAU et RICHARD R.B., 2002** - Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec. Phytoprotection, 83 (2): 73-87.
20. **CASTILLO F.D.H., PADILLA A.M.B., MORALES G.G., SILLER M.C., HERRERA R.R., GONZALES C.N.A., FRANCISCO et CASTILLO R., 2011** - *In Vitro* Antagonist Action of *Trichoderma* Strains Against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotium cepivorum*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 6 (3): 410-417.
21. **CERKAUSKAS R., 2005** - Gray Leaf Spot. AVRDC Publication 05-634.
22. **DAL BELLO G., 2008** - First report of *Trichothecium roseum* causing postharvest fruit rot of tomato in Argentina. Australasian Plant Disease Notes, 3: 103-104

23. **DAVET P., 1970** - Recherches sur le *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes. III – Influence de la température sur les sclérotés. *Revue de Mycologie*, 307-316.
24. **DE LA CRUZ J.J., PINTOR-TORO A., BENITEZ T. et LLOBELL A., 1995** – Purification and characterisation of an endo- β -1,6-glucanase from *Trichoderma harzianum* that is related to its mycoparasitism. *J. Bacteriol.*, 177: 1864-1871.
25. **DECLERT C., 1990** – Manuel de la phytopathologie maraichère tropicale, Cultures de Côte-d'Ivoire. Éditions de l'ORSTOM. Paris, 332 p.
26. **DEHLIZ A., 2015** - Etude des potentialités des entomophages autochtones en vue de lutter contre le nouveau ravageur de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep. : Gelechiidae) dans la région du sud-est algérien. Thèse Doctorat. Univ. Mostaganem, 103 p.
27. **DILLARD H.R., 1989** - Effect of temperature, wetness duration, and inoculum density on infection and lesion development of *Colletotrichum coccodes* on tomato fruit. *Plant dis.* 79: 411-415.
28. **DRUZHININA I.S., KOPCHINSKIY A.J., KOMOJ M., BISSETT J., SZAKACS G., CHRISTIAN P. K., 2006** - An oligonucleotide barcode for species identification in *Trichoderma* and *Hypocrea*. *Fungal Genetics and Biology*, 42 : 813–828.
29. **DUFOUR M.C., 2011** - Etude de l'efficacité des défenses de différents génotypes de *Vitis* induites par élicitation face à la diversité génétique de bioagresseurs (*Plasmopara viticola* et *Erysiphe necator*) : du gène au champ. Thèse Doctorat. Univ. Bordeaux, 384 p.
30. **DUVAL J., 1991** - Les fusarioses de la tomate. *Agro-Bio*, 320 – 05.
31. **EGEL, D.S. et SAHA. S.K., 2015** - *Tomato Disease Management in Greenhouses*, Purdue Extension publication BP-197-W, Univ. Kentucky, Cooperative Extension publication ID-233.
32. **ELAD Y. CHET I. et KATAN J., 1979** - *Trichoderma harzianum*: A Biocontrol Agent Effective Against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. 70 (2):119-121.
33. **EI-GALI Z. I., 2015** - *Trichoderma harzianum* as a root treatment to control *Alternaria alternata* ceratoni leaf spot on *Ceratonia siliqua* L. *Sky Journal of Agricultural Research*, 4(8), 161-166.
34. **ELLIS M.B., 1971** - More Dematiaceous hyphomycetes commonwealth, Mycological Institute.
35. **EZZIYANI M., SÁNCHEZ C.P., SID AHMED A., REQUENA M.E., et CANDELA M.E., 2004** - *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el

- biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.).
Anales de Biología, 26: 35-45.
- 36. FERREIRA J.H.S., 1990** - *In vitro* Evaluation of Epiphytic Bacteria from Table Grapes for the Suppression of *Botrytis cinerea*. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 11, No.1.
- 37. GVEROSKA B. et ZIBEROSKI J., 2012** - *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against *Alternaria alternata* on tobacco. Applied Technologies and Innovations, 7 (2): 67-76.
- 38. HAMITOU M. et DEHIMAT A., 2012** - Antagonism capability in vitro of *Trichoderma harzianum* against some pathogenic fungi. Agriculture and biology journal of north America, 3(11): 452-460.
- 39. HAMMI H., LAKHDARI W., DAHLIZ A., BENDIFELLAH L., SOUD A., MLIK R., 2015** - Essai de lutte biologique contre la fusariose de la tomate par l'utilisation de souches autochtones de *Trichoderma*. Séminaire international : Protection des cultures : Gestion intégrée pour une agriculture durable, Mostaganem, du 23 au 25 Février 2015.
- 40. HANSEN M. A. 2009** - Early Blight of Tomatoes. Virginia Polytechnic Institute and State University, publication 450-708.
- 41. HAO J.J., SUBBARAO K.V., et DUNIWAY J.M., 2003** - Germination of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* under various soil moisture and temperature combinations. Epidemiology, 93 (4): 443.
- 42. HIBAR K., DAAMI-REMADI M., KHIAREDDINE H. et EL MAHJOUB M., 2005** - Effet inhibiteur *in vitro* et *in vivo* du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. **9** (3), 163–171.
- 43. HIGHLEY T. L. et RICARD J., 1988** – Antagonism of *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens* against wood decay fungi. Sonder druckaus: Material and Organismen 23. Bd. 1988 Heft 3.
- 44. HJELJORD L.G., STENSVAND A. et TRONSMO A., 2000** - Antagonism of Nutrient-Activated Conidia of *Trichoderma harzianum* (atroviride) P1 Against *Botrytis cinerea*. Phytopathology, 91:1172-1180.
- 45. HMOUNI A., OIHABI L., BADOUC A., DOUIRA A., 2003** - Etude de la résistance de *Botrytis cinerea* aux benzimidazoles, dicarboximides et dithiocarbamates dans les cultures abritées de tomate de la région du Gharb (Maroc). Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 142 : 79-100.

46. **HMOUNI A.R, MASSOUI M. ET DOUIRA A. M., 1999** - Etude de l'activité antagoniste de *Trichoderma* spp .et de *Gliocladium* spp. A l'égard de *Botrytis cinerea* agent causal de la pourriture grise de la tomate. Al Awamia, 99. 75-92p
47. **IBARRA-MEDINA V.A., FERRERA-CERRATO R., ALARCÓN A., LARA-HERNÁNDEZ M.E., et VALDEZ-CARRASCO J.M. 2010** - Isolation and screening of *Trichoderma* strains antagonistic to *Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotinia minor*. Revista mexicana de micología, 31: 53-63.
48. **IZALLALEN M., 1997** - Production des sidérophores chez le Rhizobium et leur rôle dans l'inhibition de certains champignons phytopathogènes. Thèse Doctorat, 84p.
49. **JALAL H.S.I., 2010** - Isolation and identification of some fungi from certain solanaceous seeds in Sulaimania and Germian regions and their exudate effects on germination rate. Agric. Biol. J. N. Am.,1(4): 615-619.
50. **KADRI O., OUAZZANI TOUHAMI A., BENKIRANE R. et DOUIRA A., 2014** - Pouvoir pathogène de *Botrytis cinerea* sur *Catharanthus roseus* à différents stades végétatifs. Journal of Applied Biosciences, 76: 6338-6351.
51. **KENNETH W. S., 2011** - Late Blight of Tomato. Plant Pathology Fact Sheet, University of Kentucky, PPFS-VG-13.
52. **KENNETH W. S., 2014** - Tomato Wilt Problems. Plant Pathology Fact Sheet, University of Kentucky, PPFS-VG-15.
53. **KERROUM F. KARKACHI N. HENNI J.D KIHAL M., 2015** - Antagonistic effect of *T. harzianum* against *Phytophthora infestans* in the North-west of Algeria. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 6(4) : 44-53.
54. **M'LIK R., LAKHDARI W., DAHLIZ A., BENDIFELLAH L., SOUD A., HAMMI H., 2015** - L'effet inhibiteur de *Trichoderma* sp. sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* et *Alternaria solani*. Séminaire international : Protection des cultures : Gestion intégrée pour une agriculture durable, Mostaganem, 23 au 25 Février 2015.
55. **MAHEU L., 1999** - Effets des pratiques culturales sur la survie et la fructification carpogénique des sclérotites du *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, l'agent pathogène de la sclérotiniose du soya. M. Sci. Univ. Laval, 53 p.
56. **MAHFOUD A. et LASBAHANI A., 2015** - Approche de lutte contre les maladies fongiques du blé : étude de l'efficacité de trois molécules antifongiques (in-vitro et in situ) et l'effet antagoniste de certains microorganismes fongiques (in-vitro). Univ. Constantine. Master académique. 70p.

57. **MARA, 1968** – Statistique agricole, superficie et production, Série B. Ministère de l’agriculture et de la réforme agraire (Algérie), p. 40.
58. **MARK L.G. et EDMUNDS B. A., 2005** - Tomato diseases and disorders. PM 1266. File: Hort and LA 2-9.
59. **MOAYEDI G. et MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA R., 2010-** Antagonistic Activities of *Trichoderma* spp. on Phytophthora Root Rot of Sugar Beet . 29 (1-2), 2010.
60. **MOURIA B. OUAZZANI-TOUHAMI A. et DOUIRA A., 2013** - Effet du compost de *Trichoderma harzianum* sur la suppression de la verticilliose de la tomate. Journal of Applied Biosciences, 70 : 5531–5543.
61. **MWAKUTUYA E., 2006** - Epidemiology of *Stemphylium* blight on lentil (*Lens culinaris*) in Saskatchewan. Mém. Master. Univ. Saskatchewan, 90 p.
62. **NAHER L. SOON G.T. HO C.L., YUSUF U.K., SITI HAZAR A., et ABDULLAH F., 2014** - RNAm Expression of EgCHI1, EgCHI2, and EgCHI3 in Oil PalmLeaves (*Elaeis guineensis* Jacq.) after Treatment with *Ganoderma boninense* Pat. and *Trichoderma harzianum* Rifai. The Scientific World Journal, Vol. 647504, 6p. doi:10.1100/2012/647504
63. **NAIKA S., DE JEUDE J.V.L., DE GOFFAU M., HILMI M., VAN DAM B., 2005** - La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. 5ème édition, *Fondation Agromisa* et CTA, Wageningen, 105 p.
64. **PHILOUZE J., 1993** - Les tomates. INRA, Station d'Amélioration des plantes maraîchères, Montfavet, N° 6-7.
65. **RAHMAN A., BEGUM M.F., RAHMAN M., BARI M. A.G.N. M. ILIAS, ALAM M.F., 2009** - Isolation and identification of *Trichoderma* species from different habitats and their use for bioconversion of solid waste. Turk J Biol, 35 : 183-194.
66. **RANASINGH N. SAURABH A. et NEDUNCHEZHIAN M., 2006** - Use of *Trichoderma* in Disease Management. Orissa Review, N° 68, 69, 70.
67. **ROTEM J., COHEN Y., et PUTTER J., 1970** - Relativity of limiting and optimum inoculum loads, wetting durations, and temperatures for infections by *Phytophthora infestans*. Phytopathology, 61: 275-278.
68. **ROUSSOS S.1987** - Croissance et *Trichoderma harzianum* par fermentation milieu solide: physiologie sporulation et production de cellulases. Thèse Doctorat. Univ. Provence. 193p.

69. **SADFI-ZOUAOUI N., ROUAISSI M., ESSGHAIER B., HAJLAOUI M.R. HERMOSA M.R., BOUDABOUS A., 2008** - Identification morphologique et moléculaire d'espèces du genre *Trichoderma* isolées. *Microbiol. Hyg. Alim.*, 20 (57) : 2008.
70. **SCHUBERT M., SIEGFRIED F., SCHWARZE F., W.M.R. 2008** - *In vitro* screening of an antagonistic *Trichoderma* strain against wood decay fungi. *Arboricultural Journal*, 31 : 227–248.
71. **SHAHZAD M., QAISER J., KALSOOM B., SIKANDAR K.S., TASVEER Z.B., KHAN T.A., KHAN R.A., JABBAR A., ANEES M., 2013** - Biocontrol ability of *Trichoderma*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6 (18) : 1246-1252.
72. **SHISHKOFF N. and MCGRATH M.T., 2002** - AQ10 Biofungicide Combined with Chemical Fungicides or AddQ Spray Adjuvant for Control of Cucurbit Powdery Mildew in Detached Leaf Culture. *Plant Dis.* 86:915-918.
73. **SIVAN A. CHET I., 1989** - Degradation of Fungal Cell Walls by Lytic Enzymes of
74. **Snoussi S. A., 2010** - Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de GTFS/REM/070/ITA, 52 p.
75. **SOUFIANE B., 1998** - Isolement à partir de la rhzzosphère des conifères de bactéries et d'actinomycètes antagonistes aux champignons phytopathogènes. Maître ès science (M. Sc.). Univ. Laval, 69p.
76. **TABUC C., 2007** - Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse et de l'univ. de Bucarest, 190 p.
77. **TIVOLI B., CORBIERE R., JOUAN B., 1983** - Influence de la température et de l'humidité sur le comportement dans le sol de 3 espèces ou variétés de *Fusarium* responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. *Agronomie*, 3(10): 1001-1009.
78. **TOKAI T., KOSHINO H., TAKAHASHI-ANDO N., SATO M., FUJIMURA M., KIMURA M., 2007** - *Fusarium* Tri4 encodes a key multifunctional cytochrome P450 monooxygenase for four consecutive oxygenation steps in trichothecene biosynthesis. *Biochim. Biophys. Acta*, 353 : 412-417.
79. **TRONSMOA. et YSTAAS J., 1980** - Biological control of *Botrytis cinerea* on apple. *Plant Disease*, 64:1009.

- 80. VERKLEY G.J.M., DA SILVA M., WICKLOW D.T. et CROUS P.W., 2004** - Paraconiothyrium, a new genus to accommodate the mycoparasite *Coniothyrium minitans*, anamorphs of *Paraphaeosphaeria*, and four new species. *Studies in mycology*, 50: 323–335.
- 81. VIRET O., BLOESCH B., DUBUIS P.H., GINDRO K., 2010** - Epidémiologie de *Botrytis cinerea* et stratégies de lutte. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 42 (3): 162-167.
- 82. YONG et WOLF, 1995** - Biological Control of Powdery Mildew by Antibiotic-producing Microorganisms Antagonistic to *Erysiphe graminis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 5(6) : 341-345.
- 83. YONGHAO L., 2013** - Anthracnose of tomato. *Putting sciences to work for society*, 2 p.

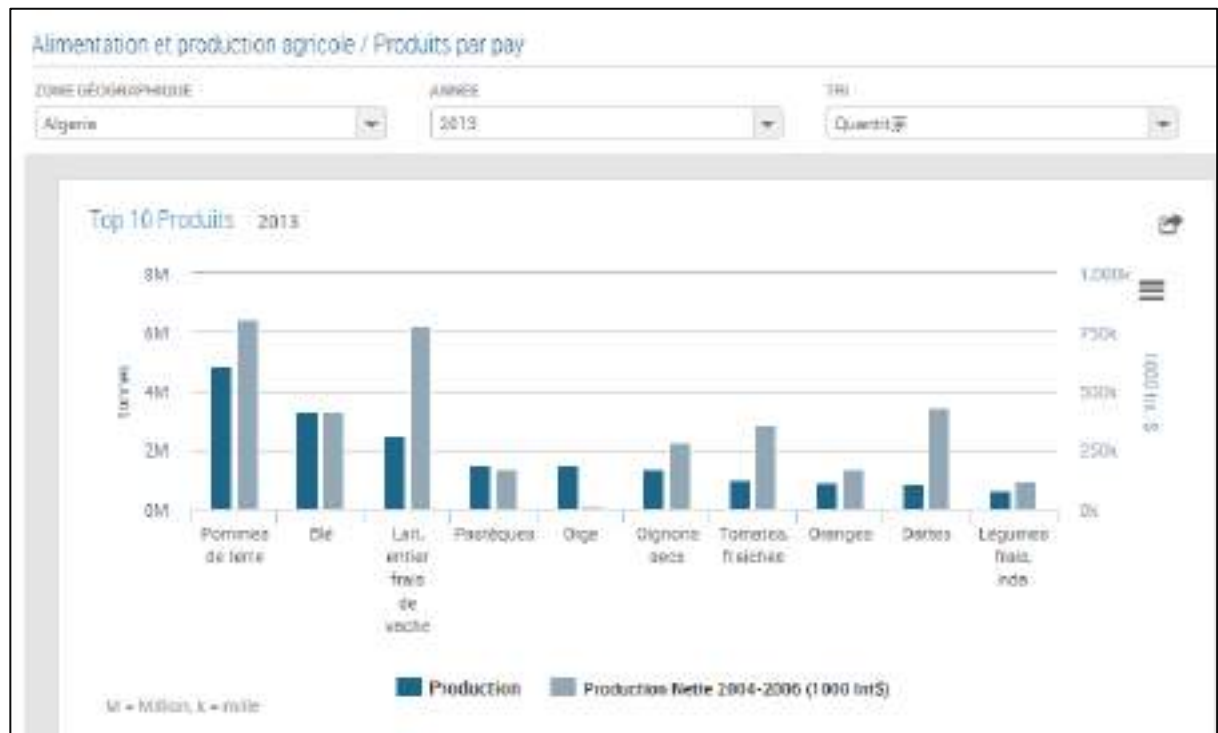
Références électroniques

1. F.A.O. STAT., 2016 - <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F>
2. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/11111/hypp-Les-champignons-et-assimiles-parasites-ou-antagonistes>
3. https://fr.wikipedia.org/wiki/Trichoderma_harzianum

Annexe

Annexes

Annexe 1. Production de tomates fraiche en Algérie 2013 (FAO STAT, 2016)



Annexe 2. Les maladies fongiques les plus répandues de la tomate, liste adaptée par D.

Blancard

Maladies fongiques		Agents causaux	Synonymes des agents causaux autrefois appelés
Champignons aériens	Alternariose	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. 1912	
		<i>Alternaria tomatophila</i> E.G. Simmons, (2000)	<i>Alternaria solani</i>
		<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Kessler (1912) f. sp. <i>lycopersici</i> Grogan	
	Setoriose	<i>Septoria lycopersici</i> Speg. (1881)	
	Moisissure grise	<i>Botrytis cinerea</i> Pers., (1794)	
	Corynesporiose	<i>Corynespora cassicola</i> (Berk. & M.A. Curtis) C. T. Wei (1950)	
	Pied noir, chancres	<i>Didymella lycopersici</i> (Kleb., (1921)	<i>Phoma lycopersici</i> (Plowr.) Jacz., (1898)
	Pourriture aigre	<i>Geotrichum candidum</i> Link, (1809)	
	Oïdium	<i>Leveillula taurica</i> (Lév.) G. Arnaud, (1921)	<i>Oidiopsis sicula</i> , (1906) ; <i>Oidiopsis taurica</i> (Lév.) E.S. Salmon, (1906)
		<i>Pseudoidium neolycopersici</i> (L. Kiss) L. Kiss (2001)	<i>Oidium neolycopersici</i> L. Kiss, (2001)
	Cladosporiose	<i>Passalora fulva</i> (Cooke) U. Braun & Crous, (2003)	<i>Cladosporium fulvum</i> Cooke, (1878) <i>Fulvia fulva</i> (Cooke) Cif., (1954) <i>Mycovellosiella fulva</i> (Cooke) Arx, (1983)
	Moisissure saprophyte	<i>Penicillium</i> sp.	
	Cercosporiose	<i>Pseudocercospora fuliginea</i> (Roldan) Deighton (1976)	
	Pourriture des fruits	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill. (1902)	<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb., (1821)
	Mildiou aérien	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary, (1876)	<i>Botrytis infestans</i> Mont., (1845) ; <i>Peronospora infestans</i> (Mont.) de Bary, (1863)
Stemphyliose	<i>Stemphylium</i> spp.		
Pourriture rose	<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Link 1809		
Champignons telluriques	Pourritures à <i>Athelia</i>	<i>Athelia rolfsii</i> (Curzi) C.C. Tu et Kimbr., (1978)	<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc. (1911)
	Anthraxose	<i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) S. Hughes, (1958)	
	Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> Jarvis & Shoemaker, (1979)	
		<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> W.C. Snyder & H.N. Hansen, (1940) (fusariose vasculaire)	
	Champignon des racines	<i>Olpidium brassicae</i> (Woronin) P.A. Dang (1886)	<i>Olpidium virulentus</i> (Sahtiy) Karling
	Racines liègeuses	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i> R.W. Schneid. et Gerlach, (1966)	
	Sclérotinioses	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary, (1884)	
		<i>Sclerotinia minor</i> Jagger 1920	
	Tumeurs racinaires	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallr.) Lagerh., (1892)	<i>Spongospora subterranea</i> J.A. Toml., (1892) f.sp. <i>subterranea</i>
	Rhizoctone brun	<i>Thanatephorus cucumeris</i> (A.B. Frank) Donk (1956)	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn (1858)
Verticilliose	<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke et Berthold, (1879)	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb., (1913)	

Source : INRAF/Ephytia 2016

Annexe 3. Diamètres des colonies des champignons en mm par jours « SH 1 ».

jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS
2J	18	19	17	16	13	28	14	25	13	30	18	29	15	34	12
3J	40	35	33	25	30	44	20	45	21	47	27	42	34	51	23
4J	45	51	48	49	48	52	26	55	31	55	32	41	35	51	31
5J	80	85	74	73	77	85	34	68	32	50	32	85	45	73	32
6J	85	85	85	85	85	55	30	69	32	68	35	67	47	80	35
jour	Témoïn														
	1	2	3	4	5	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT
2j	34	37	36	33	31	19	32	17	30	29	31	18	30	19	34
3J	65	67	68	72	60	42	36	40	34	38	31	40	39	35	35
jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT
2J	19	17	19	16	22	25	18	32	17	34	17	30	16	25	18
3J	32	30	31	24	32	57	27	60	26	56	25	51	21	47	26
4J	48	42	46	27	45	69	31	70	30	68	32	69	33	64	32
5J	59	52	52	31	52	85	34	85	31	85	34	73	35	61	30
6J	68	64	67	36	67	85	35	85	33	85	36	85	32	85	35
jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS
2J	21	19	18	19	22	33	18	31	19	32	20	30	16	31	14
3J	30	26	25	28	29	42	14	55	23	35	26	51	22	51	12
4J	39	35	35	32	31	53	28	61	31	51	33	64	21	61	23
5J	51	44	42	50	48	74	33	61	38	61	41	80	31	85	31
6J	63	56	67	58	61	80	41	70	35	63	44	69	40	85	35
jour	Témoïn														
	1	2	3	4	5	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc
3j	29	36	36	35	35	21	29	16	31	22	26	22	33	18	27

Annexe 4. Diamètres des colonies des champignons en mm par jours « SH 2 » .

jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS
2J	18	19	17	16	13	28	14	25	13	30	18	29	15	34	12
3J	40	35	33	25	30	44	20	45	21	47	27	42	34	51	23
4J	45	51	48	49	48	52	26	55	31	55	32	41	35	51	31
5J	80	85	74	73	77	85	34	68	32	50	32	85	45	73	32
6J	85	85	85	85	85	55	30	69	32	68	35	67	47	80	35
jour	Témoïn														
	1	2	3	4	5	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT	TRICH	BT
2j	34	37	36	33	31	19	32	17	30	29	31	18	30	19	34
3J	65	67	68	72	60	42	36	40	34	38	31	40	39	35	35
jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT
2J	19	17	19	16	22	25	18	32	17	34	17	30	16	25	18
3J	32	30	31	24	32	57	27	60	26	56	25	51	21	47	26
4J	48	42	46	27	45	69	31	70	30	68	32	69	33	64	32
5J	59	52	52	31	52	85	34	85	31	85	34	73	35	61	30
6J	68	64	67	36	67	85	35	85	33	85	36	85	32	85	35
jour	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS
2J	21	19	18	19	22	33	18	31	19	32	20	30	16	31	14
3J	30	26	25	28	29	42	14	55	23	35	26	51	22	51	12
4J	39	35	35	32	31	53	28	61	31	51	33	64	21	61	23
5J	51	44	42	50	48	74	33	61	38	61	41	80	31	85	31
6J	63	56	67	58	61	80	41	70	35	63	44	69	40	85	35
jour	Témoïn														
	1	2	3	4	5	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc	TRICH	Sc
3j	29	36	36	35	35	21	29	16	31	22	26	22	33	18	27

Annexe 5. Diamètres des champignons en mm par jours « SH 3 »

<i>Jour</i>	Témoïn					B1		B2		B3		B4		B5	
	1	2	3	4	5	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS	TRICH	FUS
3J	24	17	18	18	15	20	11	25	19	29	18	26	15	22	12
4J	30	24	25	24	21	35	21	37	22	40	22	49	20	38	24
5J	37	33	30	32	29	45	25	42	27	45	25	43	25	37	21
6j	46	41	39	40	35	64	29	68	31	70	30	59	29	65	32
	1	2	3	4	5	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS	TRICH	ROS
3J	19	23	19	20	18	23	17	17	16	25	19	25	16	21	18
4J	30	35	30	32	22	38	27	33	27	33	27	39	31	26	33
5J	60	50	59	47	61	45	40	46	31	45	35	47	46	41	41
6J	58	67	62	64	57	45	45	55	38	56	41	61	41	50	42
	1	2	3	4	5	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT	TRICH	ALT
3J	19	22	19	21	21	25	20	18	17	22	17	20	18	18	16
4J	25	26	25	30	29	39	24	34	25	36	26	35	25	33	23
5J	38	40	37	39	41	45	32	43	30	43	31	47	31	42	32
6J	50	52	50	50	55	74	36	65	34	65	37	66	36	64	34
	1	2	3	4	5	TRICH	SC	TRICH	SC	TRICH	SC	TRICH	SC	TRICH	SC
3J	53	52	55	52	56	26	41	30	45	40	26	43	28	29	42
4J	85	85	85	85	85	37	44	37	45	35	43	43	35	42	42
5J	85	85	85	85	85	31	55	37	48	30	41	38	36	40	36
6J	85	85	85	85	85	48	78	49	77	45	73	46	73	47	78
	1	2	3	4	5	Trich	BT	Trich	Bt	Trich	Bt	Trich	Bt	Trich	Bt
3J	41	47	58	47	45	20	45	21	45	25	48	22	41	28	34
4J	68	75	85	85	72	47	33	35	40	45	29	45	34	38	45
5J	85	85	85	85	85	37	46	38	42	36	47	40	45	43	45
6J	85	85	85	85	85	40	74	44	70	35	68	40	72	50	66

Annexe 6. Taux d'inhibition de trois souche de *T. harzianum* vis-à-vis les cinq champignons phytopathogènes de la tomate.

L'agent phytopathogène	Taux d'inhibition souche pomme de terre (%)	Taux d'inhibition souche blé dur (%)	Taux d'inhibition souche palmier dattier (%)
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis lycopersici</i>	36,06	36,97	24,87
<i>B. cinerea</i>	47,28	44,94	17,64
<i>Alternaria</i> sp.	43,37	30,67	31,12
<i>T. roseum</i>	57,88	48,29	32,79
<i>S. sclerotiorum</i>	14,86	46,11	10,82

Annexe 7. Analyse de la variance de *T. harzianum* (SH 1)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	4	5223,816	1305,954	32,805	< 0,0001
Erreur	20	796,196	39,810		
Total corrigé	24	6020,012			

Annexe 8. Les groupes homogènes obtenus à l'aide d'un test Fisher avec *T.harzianum* (SH 1)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
P1	57,902	A	
P2	47,284		B
P3	43,372		B C
P4	36,060		C
P5	14,614		D

Annexe 9. Analyse de la variance de *T. harzianum* (SH 2)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	4	2947,423	736,856	12,790	< 0,0001
Erreur	20	1152,229	57,611		
Total corrigé	24	4099,652			

Annexe 10. Les groupes homogènes obtenus à l'aide d'un test Fisher avec *T. harzianum* (SH 2)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
P5	62,582	A			
P1	48,292		B		
P2	44,934		B	C	
P4	36,970			C	D
P3	30,664				D

Annexe 11. Analyse de la variance de la souche *T. harzianum* (palmier dattier)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	4	1707,092	426,773	37,379	< 0,0001
Erreur	20	228,346	11,417		
Total corrigé	24	1935,438			

Annexe 12. Les groupes homogènes obtenus à l'aide d'un test Fisher avec *T. harzianum* (SH 3)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
P1	32,788	A			
P3	31,126	A			
P4	24,872		B		
P2	17,644			C	
P5	10,818				D

Annexe 13. Analyse de la variance entre trois souches de *T. harzianum* (pomme de terre, blé dur et palmier dattier)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	8649,579	1441,596	10,211	< 0,0001
Erreur	68	9600,412	141,183		
Total corrigé	74	18249,991			

Annexe 14. Les groupes homogènes obtenus à l'aide d'un test Fisher avec les trois souches de *T. harzianum* (pomme de terre, blé dur et palmier dattier)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Sh_02	44,688	A
Sh_01	39,846	A
Sh_03	23,450	B

Essai de lutte biologique *in vitro* contre quelques maladies fongiques de la tomate dans la région d'Oued Righ par l'utilisation de souches autochtones de *Trichoderma harzianum* Persoon (1794)

Résumé

Cette étude porte sur la mise en évidence de l'effet antagoniste *in vitro* de trois isolats autochtones de *Trichoderma harzianum* contre les maladies cryptogamiques de la tomate dans la région de l'Oued Righ afin de les introduire dans un programme de lutte préventive. Les champignons *Trichotecium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria* sp. et *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, ont été isolés de cette plante, identifiés puis confrontés directement aux souches antagonistes de *T. harzianum* à une température de 26° C. Les résultats ont révélé qu'au terme de six jours en maximum, ces dernières inhibent la croissance mycélienne des espèces phytopathogènes avec des pourcentages compris entre 36 et 57 %. Au-delà du 6^{ème} jour, *T. harzianum* envahit les colonies de ces dernières sur lesquelles il sporule, révélant ainsi son activité hautement inhibitrice.

Mots-clés: antagoniste, *Trichoderma harzianum*, tomate, lutte préventive, champignons phytopathogènes, Oued Righ.

Biological control *in vitro* assay against some fungal diseases of tomato in Oued Righ region by using indigenous strains of *Trichoderma harzianum* Persoon (1794)

Abstract

This study focuses on the importance of *in vitro* antagonistic effect of three indigenous strains of *Trichoderma harzianum* against tomato fungal diseases in Oued Righ region, in order to introduce them into a preventive control program. *Trichotecium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria* sp., and *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* fungi have been isolated from this plant, identified then directly confronted to antagonistic strains of *T. harzianum* in a temperature of 26 °C. The results showed that after six days in maximum, antagonists inhibit the mycelial growth of phytopathogenic fungi with rates between 36 and 57%. Beyond the 6th day, *T. harzianum* invades the colonies of phytopathogenic fungi, which sporulates on, revealing its highly inhibitory activity.

Keywords: antagonistic, *Trichoderma harzianum*, tomato, preventive control, phytopathogenic fungi, Oued Righ.

تجربة المكافحة البيولوجية في الشروط المخبرية ضد بعض الأمراض الفطرية للطماطم في منطقة وادي ريف باستعمال سلالات محلية من *Trichoderma harzianum* Persoon (1794)

ملخص

تلقي هذه الدراسة الضوء على التأثير المضاد لثلاث سلالات محلية لفطر *Trichoderma harzianum* ضد أمراض الطماطم الفطرية في منطقة وادي ريف بهدف إدخالها في برنامج المكافحة الوقائية. تم عزل الأنواع *Sclerotinia*, *Botrytis cinerea*, *Trichotecium roseum*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici*, *sclerotiorum*, *Alternaria* sp. من هذه النبتة. حيث تم تشخيصها ثم تعريضها لسلالات *Trichoderma harzianum* في درجة حرارة 26 °م. أظهرت النتائج أنه بعد 6 أيام على الأكثر، تقوم هذه الأخيرة بإعاقة نمو الفطريات الممرضة للطماطم بنسبة تتراوح بين 36 و 57%. بعد اليوم السادس، يقوم *T. harzianum* بغزو مستعمرات الفطريات مشكلا أباغا، مبينا فعاليته المضادة العالية.

الكلمات المفتاحية: المضاد, *Trichoderma harzianum*, الطماطم, المكافحة الوقائية, الفطريات الممرضة, وادي ريف.