

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de 8 mai 1945-Guelma

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

Département d'écologie et génie de l'environnement



Mémoire de Master

Domaine : Science de la Nature et de Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité / Option : Phytopathologie et Phytopharmacie

Thème :

Evaluation in vivo de l'action de *Botrytis cinerea* sur le comportement éco-physiologiques de la tomate, et l'effet de *Trichoderma harzianum* vis-à-vis *Botrytis cinerea*.

Présenté par : M. Ouacel Amer

Soutenu devant le jury :

Présidente : Mme ALLIOUI N.
Promoteur : M. BOUMAAZA B
Examineur: M. KHALADI O

Maitre assistante A
Maitre assistant B
Maitre assistant B

Université de Guelma
Université de Guelma
Université de Guelma

REMERCIEMENTS

Avant d'exposer ce modeste travail, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui ont permis la réalisation de ce travail grâce à leur aide précieuse.

Je dois remercier particulièrement:

Mr BOUMAAZA. B , Professeur à l'Université De 08 MAI 45. GUELMA , pour avoir accepté de diriger cette étude, pour sa patience, sa confiance, ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance

Mme ALLIOUI. N, Professeur à l'Université De 08 MAI 45. GUELMA, pour sa confiance et de l'honneur qu'il m'a fait en assurant la présidence du jury.

Mr Khaladi. O, Professeur à l'Université De 08 MAI 45. GUELMA, qui me fait l'honneur de juger mon travail.

J'exprime mes remerciements à tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers.

SOMMAIRE

Résumé

ملخص

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

introduction

Chapitre I: La plante Hôte : Généralités sur la culture de la tomate

| | |
|--|-----|
| 1- Introduction | 03. |
| 2-Classification botanique de la plante..... | 04 |
| 3 - Description botanique du plant de la tomate | 05 |
| 3 - 1 La Cultures de la tomate | 05 |
| 3 - 2 La culture de plein champ..... | 05 |
| 3-3- La culture sous abris | 05 |
| 3-4- Importance économique | 06 |
| 3-5- Les principaux pays producteurs de tomate | 06 |
| 3-6-Superficiés et productions de la tomate en Algérie | 07 |
| 4-Situation phytosanitaire de la tomate..... | 08 |
| 4-1 Contraintes abiotiques | 08 |
| 4-1- 1 Stress thermique | 08 |
| 4-1- 2 Stress salin..... | 08 |
| 4-1- 3 Stress hydrique..... | 08 |
| 4-2- Contraintes biotiques | 09 |
| 4-2-1- Les ravageurs..... | 09 |
| 4-2-2- Les maladies..... | 10 |
| 4-2-3- Les mauvaises herbes..... | 12 |

Chapitre II l'agent pathogène : Botrytis cinerea Pers. (anamorphe)

| | |
|--|----|
| 1 - Généralités sur le B. cinerea | 13 |
| 2- Taxonomie | 13 |
| 3 - Description | 13 |
| 4 -Gamme d'hôtes de Botrytis cinerea | 15 |
| 5 - Cycle de développement de Botrytis cinerea | 16 |
| 6 - Facteurs de développement de B. cinerea | 18 |
| 7 - Moyens de lutte | 19 |
| 7.1- Lutte chimique..... | 19 |
| 7.2- Lutte génétique..... | 19 |
| 7.3- Lutte biologique..... | 20 |

Chapitre III La lutte biologique

| | |
|--|----|
| 1 - Introduction | 22 |
| 2 - Les modes d'action des agents antagonistes | 22 |
| 2-1-Antibiose..... | 23 |
| 2.2-Mycoparasitisme | 23 |
| 2.3-Compétition..... | 23 |
| 3 -Le marché des biopesticides | 24 |
| 4 - Avantage des biopesticides..... | 25 |
| 5 - Désavantages | 25 |
| -Cas de Trichoderma harzianum..... | 25 |

Chapitre IV : Matériels et méthodes

| | |
|--|----|
| 1 – Matériels | 30 |
| 1-1-Matériel fongique | 30 |
| 1-2. Matériel végétal..... | 30 |
| 2 – Le dispositif expérimental | 31 |
| 3 - Méthodes | 32 |
| 3-1. Préparation de l'inoculum..... | 32 |
| 3-2. Préinoculation avec Trichoderma..... | 32 |
| 3-3. Inoculation avec la souche pathogène | 32 |
| 3-4. Notation de la maladie..... | 32 |
| 4 - Les paramètres écophysiological étudiées | 33 |
| 4-1 Paramètres morphologiques..... | 33 |
| 4-2 Paramètres physiologiques..... | 33 |
| 5 - Analyse statistique..... | 33 |

Chapitre V : Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| I-Paramètres morphologiques..... | 37 |
| I.1-Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes..... | 37 |
| Comparaison entre les deux variétés sous l'effet du pathogène | 38 |
| I.2-Effet du pathogène sur le poids frais des plantes de tomate après deux semaines.... | 39 |
| I.3-Effet du pathogène sur le poids sec des plantes de tomate après deux semaines..... | 40 |
| II - Paramètres physiologiques..... | 42 |

Conclusion

44

Produced by Scantopdf

Introduction

La tomate constitue une composante importante des régimes alimentaires quotidiens en Algérie, et des sources importantes en protéines et de sa composition en vitamines et d'autres éléments essentiels pour la santé.

La production de la tomate en Algérie n'a pas augmenté en raison d'une faible productivité avec un rendement instable. Les causes de cette régression sont d'ordres agronomiques, abiotiques et biotiques.

En culture sous serres, la tomate est sujette à de nombreuses maladies cryptogamiques qui peuvent contribuer à l'altération qualitative et quantitative de récolte.

Botrytis cinerea est le principal agent des pourritures grises de différentes cultures en Algérie, notamment les cultures d'intérêt économique comme la tomate. Le pathogène peut infecter les fleurs, les feuilles, les bourgeons, les pousses, les tiges et / ou des fruits, ce qui limite souvent le développement des plantes, la nouaison, le rendement et la qualité des fruits.

La lutte contre cet agent pathogène s'effectue principalement au moyen de produits phytosanitaires de synthèse. Ces produits chimiques est considérés comme l'arme la plus efficace pour faire face à ce problème, mais ces substances présentent des inconvénients (Kouassi 2001; Thakore 2006) sur (1) l'environnement comme l'accumulation de résidus et la pollution des sols, (2) l'apparition de nouveaux pathotypes résistants, (3) le déséquilibre écologique, dû au fait que beaucoup de ces composés de synthèse ont un large spectre d'action, détruisant non seulement les agents nuisibles, mais également les autres populations de l'écosystème.

Au regard de ces inconvénients, il est important de trouver des solutions alternatives qui permettront de continuer à lutter contre cet agent pathogène tout en diminuant l'emploi de pesticides. Celles-ci peuvent faire appel à la rationalisation des pratiques agricoles, à l'utilisation de variétés végétales résistantes (croisements sélectifs, insertion de gènes...) ou au développement des biopesticides. La lutte génétique est l'une des méthodes les plus efficaces pour lutter contre les maladies.

Le contrôle biologique de cette maladie par l'introduction de microorganismes bénéfiques dans la rhizosphère a été proposé comme une alternative à l'utilisation des substances chimiques. Ces biopesticides ou agents de lutte biologique, peuvent être définis comme des

produits phytosanitaires dont le principe actif est un micro-organismes (bactéries, levures, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agent phytopathogène, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux, phéromones (MEZAACHE, 2012).

Des résultats positifs ont été obtenus, sur plusieurs d'expérimentation, avec les champignons du genre *Trichoderma*, *Penicillium*, et les bactéries du genre *Bacillus*. Ces microorganismes se sont révélés être les plus performants à supprimer le *Botrytis cinerea*

Trichoderma harzianum est parmi les microorganismes bénéfiques les plus utilisés dans la bioprotection des plantes contre les champignons phytopathogènes. Cet antagoniste s'est montré très efficace dans la lutte contre *Rhizoctonia solani* (Elad et al., 1981 et Camporota, 1985), *Botrytis* (Eden et al., 1996 ; Harman et al., 1996), *Pythium* (Lifshitz et al., 1986 ; Besnard & Davet, 1993 ; Howell, 2002), *Fusarium* (Datnoff et al., 1995 ; Haggag & Amin, 2001, Essalmani & Lahlou, 2002), *Phytophthora nicotianae* (Stefanova et al., 1999), et *Verticillium* (D'Ercole et al., 2000 ; Regragui & Lahlou, 2005) et autres. Par ailleurs, certaines souches de *Trichoderma* semblent exercer une action stimulatrice de la croissance des plantes en l'absence de tout agent pathogène (Windham et al., 1986 ; Ozbay & Newman, 2004).

A la lumière de ces données, ce travail a eu pour objectifs d'étudier in vivo, l'effet antagoniste de *Trichoderma harzianum* vis-à-vis de de *Botrytis cinerea*

Ce présent mémoire contient trois (2) parties :

- La première, comporte une étude bibliographique sur la plante hôte, la tomate, *Botrytis cinerea*, les biopesticides et certaines données sur l'agent de lutte biologique (*Trichoderma harzianum*).
- La deuxième partie concerne une étude expérimentale

Liste des tableaux

Tableau 1 - Diversité des agents de lutte biologique contre *B. cinerea* chez différentes espèces végétales.

Tableau 2 - exemple de produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre *B. cinerea* (Fravel, 2005)

Tableau 3 - notation de symptômes foliaire proposée par Vakalounakis et Fragkiadakis des plantes de tomate des variétés (Guelma, Cx225).

Liste des figures

Fig. 1 - Origine et distribution de la culture de la tomate dans le monde, d'après 1, 2 et 3 (Philouze, 1986 ; Philouze et Laterrot, 1992), 1, 2, 3 et 4 (Naika, et al. 2005 ; Celma et al., 2009 ; Vanier, 2009).

Fig. 2 - Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde (Faostat, 2010).

Fig. 3 - Évolution de superficie et de la production mondiale de tomate de 1999 à 2009 (Faostat, 2010).

Fig. 4 - Superficies et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie (Faostat, 2010).

Fig. 5 - Sclérote de *Botrytis cinerea* produites sur boîte de pétri après un mois de culture sur un milieu PDA à 21°C (F). Conidiphores observés en utilisant une loupe binoculaire (B) Apothécie produisant des ascospores sur une sclérote (C). *Botrytis cinerea* sur milieu de culture PDA à 25°C (D) et en microscopie électronique à balayage (A). Observation de la germination des conidies sur milieu riche PDA au microscope optique (F).

Fig. 6 - Symptômes causés par l'agent pathogène *Botrytis cinerea* sur différents hôtes.

Fig. 7 - Cycle de développement (production asexuée) de *Botrytis cinerea* sur différentes culture (d'après Agrios, 2005).

Fig. 8 - Dégâts causés par *B. cinerea* dans une serre de tomate.

Fig. 9 - Le marché mondial des biopesticides et des pesticides synthétiques, 2003-2010 (Thakore 2006).

Fig. 10 - Symptômes de pourriture grise sur les feuilles de tomate (2014).

Fig. 11 - Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes Variété CX225.

Fig. 12 - Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes Variété de Guelma.

Fig. 13 - Comparaison entre les deux variétés sous l'effet du pathogène.

Fig. 14 - Effet du pathogène sur le poids frais des plantes Variété CX225.

Fig. 15 - Effet du pathogène sur le poids frais des plantes Variété Guelma.

Fig. 16 - Effet du pathogène sur le poids sec des plantes Variété Guelma.

Fig. 17 - Effet du pathogène sur le poids sec des plantes Variété CX225.

Fig. 18 - Teneur en eau (%) des plantes de tomate après deux semaine Variété CX225.

Fig. 19 - Teneur relative en eau (%) des plantes de tomate après deux semaine Variété Guelma.

Fig. 20 : Les plantes des deux variétés sont soumises aux différents traitements

Chapitre I : La plante Hôte : Généralités sur la culture de la tomate

I.1 Introduction

La tomate est une culture maraichère importante dans le monde comme la pomme de terre. En 2009, la production mondiale était d'environ 141,4 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 4,98 millions d'hectares (Faostat, 2010). Comme c'est une culture à cycle assez court qui peut donner de hauts rendements, elle est importante économiquement.

La tomate est d'origine sauvage américaine, en particulier d'Amérique centrale et Amérique du Sud (Kolev, 1976). Le centre de domestication de *Lycopersicon esculentum* se situe au Mexique. La tomate s'est largement installée dans toutes les zones tropicales et subtropicales d'Amérique, allant jusqu'aux Texas et en Floride, puis introduite en Europe en 1544 (Naika et al. 2005). C'est l'Europe que viendront les premières variétés cultivées aux Etats-Unis.

Il existe plus de 4000 variétés de tomate. Certaines sont résistantes aux maladies et à d'autres facteurs (biotiques et abiotiques), d'autres sont différentes par les caractéristiques de leurs fruits, leur précocité et le port de la plante (Van Eck and al., 2006). Ces variétés peuvent être classées aussi en fonction de leur type de croissance : type indéterminé ou déterminé.

- variétés à croissance déterminée : La tige émet un nombre donné de bouquets de fleurs. La tige principale est terminée par un bouquet de fleurs et de ce fait, la croissance s'arrête. Elle donne des pieds qui ont 60 à 80 cm de hauteur. Ces variétés donnent une récolte élevée mais peu étendue dans le temps. Ce sont des variétés pour la culture industrielle (tomate pelée...).

- variétés à croissance indéterminée : La tige principale forme un bouquet de fleurs toutes les 3 feuilles. La production de fruits est prolongée. On arrête la croissance par pincement de la tige principale à la hauteur désirée. Les rendements sont importants et répartis sur une période assez longue.

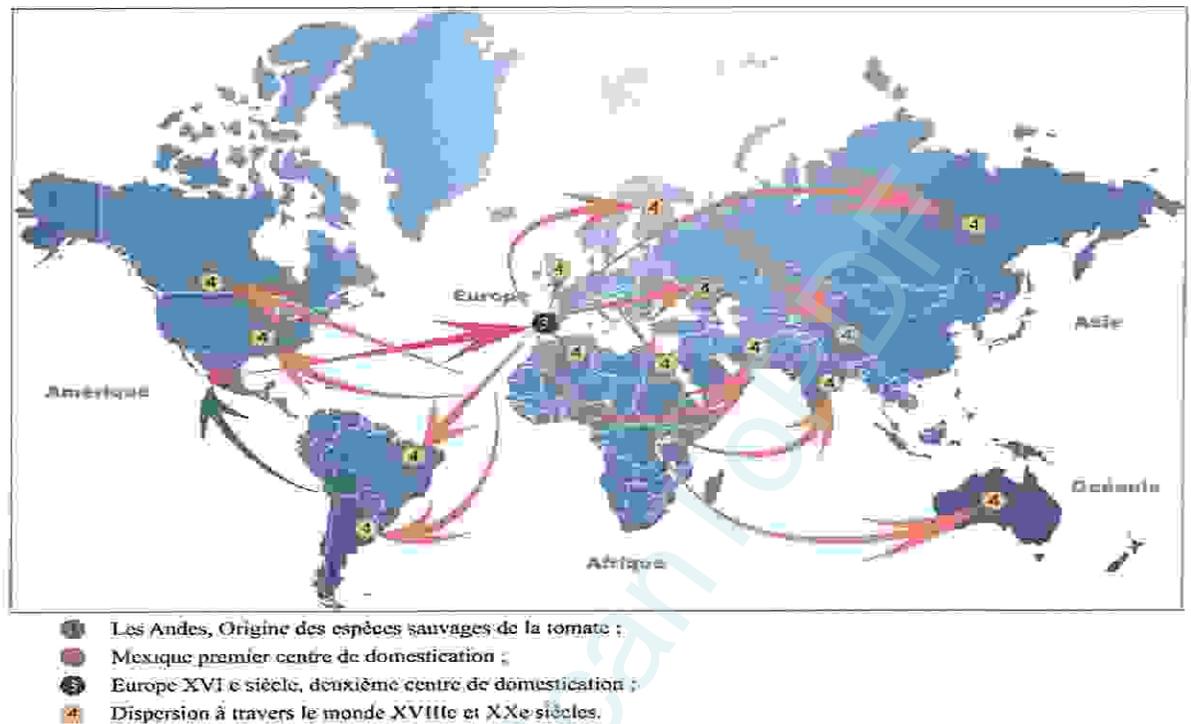


Figure (01) : Origine et distribution de la culture de la tomate dans le monde, d'après 1, 2 et 3 (Philouze, 1986 ; Philouze et Laterrot, 1992), 1, 2, 3 et 4 (Naika, et al. 2005 ; Celma et al., 2009 ; Vanier, 2009).

I.2-Classification botanique de la plante

La tomate a été classée scientifiquement par Linné en 1753 dans le genre *Solanum*, avec comme nom binomial *Solanum lycopersicum* mais en 1768 Miller a reclassé cette espèce dans le genre *Lycopersicon*. Sa dénomination officielle devient alors *Lycopersicon esculentum* Miller (Andrew, 2001).

Sa classification est la suivante :

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Embranchement : | Anthophyta |
| Classe : | Dicotyledons |
| Ordre : | Solanaeae |
| Famille : | Solanaceae |
| Genre : | <i>Lycopersicon</i> |
| Espèce : | <i>L. esculentum</i> Miller |

I.3-Description botanique du plant de la tomate

Sur le plan botanique la tomate est une espèce diploïde ($2n = 24$). C'est une plante de famille de solanacées, comme la pomme de terre, l'aubergine et le poivron. C'est une plante vivace dans sa région d'origine, mais en culture on la considère comme plante annuelle.

La feuille est composée, à foliole ovale, un peu dentée. Les fleurs, petits, jaunes, en forme d'étoile, sont groupées sur un même pédoncule.

Le fruit est une baie, c'est-à-dire un fruit charnu, à peau lisse. Les tomates sont les plus souvent rouges, mais il existe des variétés à fruits jaunes ou violacés et parfois même blancs de forme ronde ou plus ou moins allongée, lisse ou creusée de sillons. (Chaux et Foury, 1994, Shankara et al 2005)

La tomate a un système racinaire important. De nombreuses racines primaires, secondaires, tertiaires prennent naissance sur un pivot puissant. Les racines peuvent atteindre 85 à 90 cm de long, mais les principales racines nourricières se rencontrent entre 25 et 35 cm de profondeur.

Sa tige est verte pourvue de poils blanchâtres. Elle porte les feuilles, les fleurs et les fruits. On distingue deux grandes catégories de tige : une tige à croissance déterminée et tige à croissance indéterminée.

3-1- La Cultures de la tomate

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont:

3-2- La culture de plein champ

Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol.

3-3- La culture sous abris

Ce système de culture vise à produire les tomates au long de l'année. Généralement, les tomates cultivées sous tunnels à couverture plastique sont plantées en sol. Elles sont

conduites en rangs simples ou jumelés, avec une tige par plante érigée verticalement par une ficelle.

La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate.

3-4- Importance économique

La tomate est cultivée dans le monde entier y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. Par son volume de production, la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre (Faostat, 2010). A l'échelle mondiale selon la FAO en 2010, près de cinq millions d'hectares (4.98 million ha) sont réservés annuellement à la culture de la tomate dont la production représente 141.4 millions de tonnes avec un rendement moyen de 28.3 tonnes à l'hectare.

3-5- Les principaux pays producteurs de tomate

La Chine est le 1^{er} producteur mondial de tomate avec plus de 24% de la production totale en 2009 (Faostat, 2010). Les États-Unis qui produisent 10 % de la production mondiale occupent la 2^{ème} position. Ils sont suivis par l'Inde avec 7.88%, la Turquie (7.59%), l'Égypte (7.07%), l'Italie (4.51%), l'Iran plus de 5 millions de tonnes, l'Espagne et le Brésil avec plus de 4 millions de tonnes chacun (Faostat, 2010)

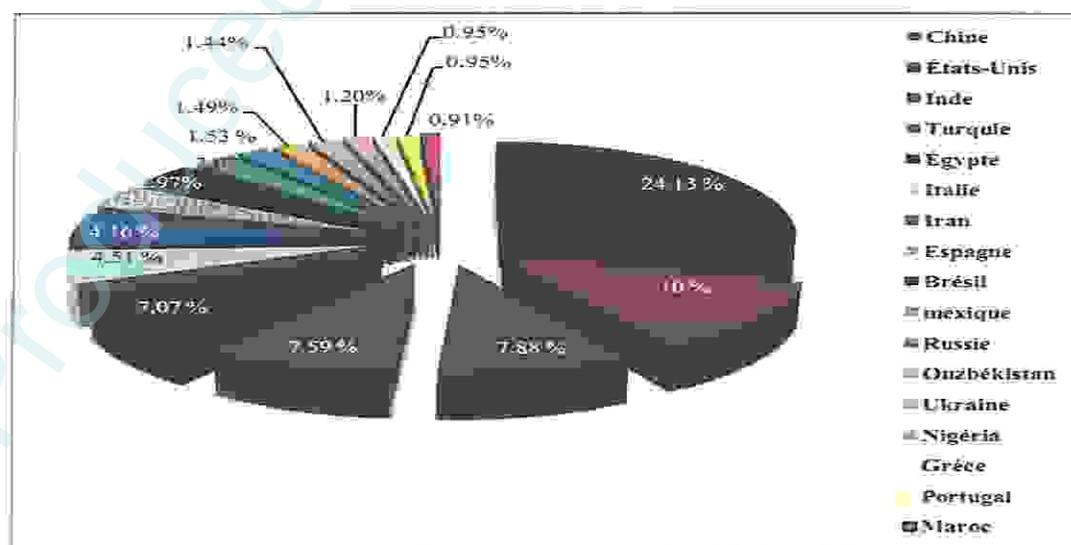


Figure (02) : Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde (Faostat, 2010).

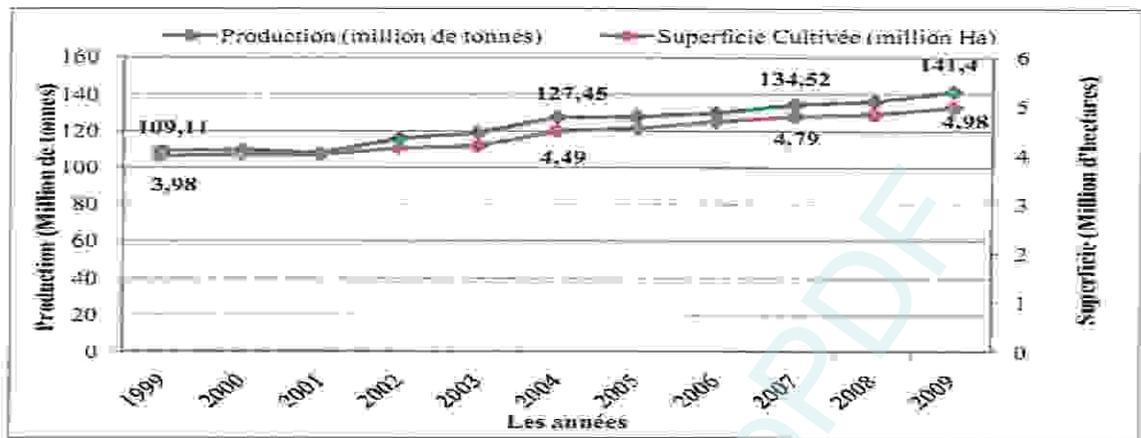


Figure (03) : Évolution de superficie et de la production mondiale de tomate de 1999 à 2009 (Faostat, 2010).

3-6-Superficies et productions de la tomate en Algérie

La tomate est l'une des productions maraîchères les plus cultivées en Algérie. En 1999 sur une superficie de 55210 Ha la production était de 945,8 mille tonnes. Entre 2006 et 2007 la production a été de 796,1 mille tonnes sur une superficie de 31005 Ha. En 2008 on note une réduction qui a ramené les superficies à 19655 ha, la production a été estimée à 559.24 mille tonnes (Faostat, 2010). Les statistiques de l'année 2009 établies par le Ministère de l'agriculture algérienne font état d'une superficie globale de tomate cultivée de 20789 ha, dont 18620 ha ont été consacrés à la tomate de plein champ, et 2170 ha cultivés sous serre. (DSA, 2010).

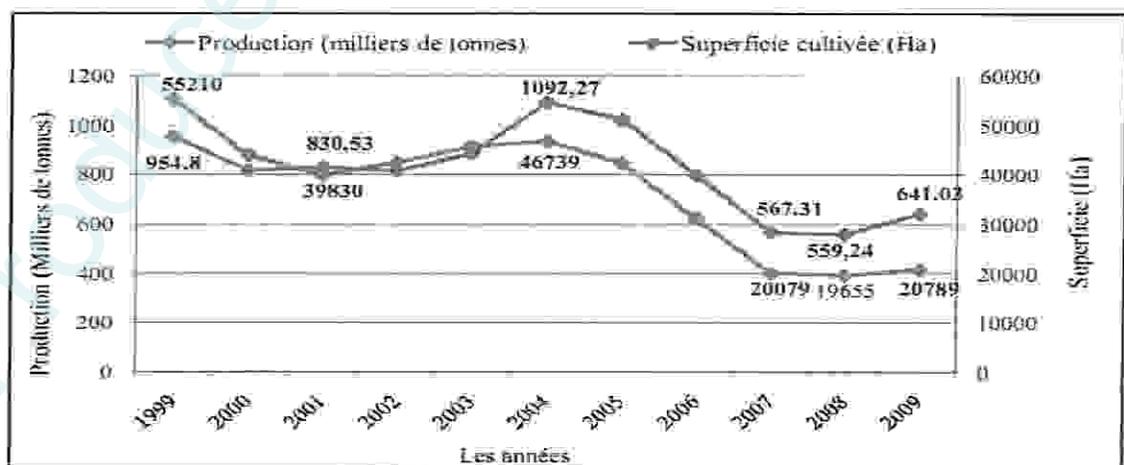


Figure (04) : Superficies et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie (Faostat, 2010).

La figure 04 montre des variations dans la production algérienne entre 1999 et 2009 ainsi que les variations dans les superficies consacrées à la culture de tomate.

I.4- Situation phytosanitaire de la tomate

4-1- Contraintes abiotiques

4-1- 1 Stress thermique

La tomate est une espèce exigeante en chaleur pour sa croissance et son développement. Par conséquent elle est donc très sensible au froid. Wacquant (1995) note que le zéro de végétation de la tomate est de 10°C, mais elle peut supporter pendant quelques heures aussi bien des températures basses (5 à 8 °C) que des températures supérieures ou égales à 35°C sans compromettre le rendement.

4-1- 2 Stress salin

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et al., 2000b in Parida et Das, 2005). La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. La chute de rendement est imperceptible pour une conductivité électrique de 2,50 mmhos/cm. Une baisse de rendement, peut être de 10% à une (CE) égale à 9,3 mm hos/cm et de 100% (maximale) quand la (CE) est de 12,5 mm hos/cm.

4-1- 3 Stress hydrique

Le stress hydrique occupe une place particulière du fait de sa fréquence et de la place que l'eau occupe dans les phénomènes métaboliques. De part son rôle dans la photosynthèse, le transport et l'accumulation, ainsi que dans la multiplication et le grandissement cellulaire, l'eau a un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes (MAZLIAK, 1995; HELLER et al., 1998; HOPKINS, 2003; ENIXON, 2004)

4-2- Contraintes biotiques

4-2-1- Les ravageurs

Parmi les insectes, il existe plusieurs groupes qui sont très redoutables

a- Les pucerons

Près de 4700 espèces de pucerons ont été recensées sur les plantes de par le monde. Parmi elles, un nombre plus limité affecte la tomate. Les espèces *Myzus persicae* (Sultzer), *M. certus* (Walker), *Aulacorthum solani* (kaltenbach) et *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Aphis fabae* (Scopoli), *A. frangulae* (kaltenbach), *A. gossypii* (Clover) sont les espèces les plus fréquentes sur tomate (Csizinszky et al., 2005).

b- Les thrips

Les thrips sont des petits insectes de l'ordre des Thysanoptères famille des Thripidae qui causent des dommages sur les feuilles et peuvent leur transmettre des maladies virales très importantes comme le Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV). Deux espèces sont rencontrées sur tomate en serre il s'agit de *Thrips tabaci* (Lindeman) et *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

c- La noctuelle de la tomate

Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) est l'espèce la plus importante sur tomate, mais en Algérie ses attaques sont sporadiques (Guenouï, com.per 2010). Les dégâts causés par les chenilles se traduisent par des trous dans les tomates ; ces attaques qui passent inaperçues entraînent des pertes commerciales très élevées lorsque la production est destinée à la conserverie (Inra, 2008).

d- La mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

T. absoluta est un ravageur exclusif des solanacées, mais il attaque préférentiellement la tomate. Cette espèce s'est introduite récemment en Algérie. Ce microlépidoptère provoque des pertes de rendement de la tomate car ses larves peuvent se nourrir sur toute la plante (feuilles, tiges, fleurs, et fruits).

e- Les aleurodes

Les aleurodes (*Homoptera : Aleyrodidae*) sont des insectes qui peuvent causer des dégâts importants sur tomate. On y rencontre deux espèces : *Bemisia tabaci* (Gennadius) et *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood).

4-2-2- Les maladies

➤ -Maladies cryptogamiques

a- Mildiou

Le mildiou, causé par *Phytophthora infestans*, est une des principales maladies de la tomate du fait des pertes financières induites. Il est caractérisé par l'apparition de taches brunes huileuses à la face supérieure des feuilles se desséchant en leur centre et correspondant à un duvet blanc à la face inférieure. Les jeunes fruits mildiousés présentent des bosselures brunes, dures et marbrées avec parfois un feutrage blanc. Ils ne parviennent pas à mûrir.

b- Alternariose

L'Alternariose est caractérisée par l'apparition de taches noires arrondies à la surface des feuilles, des tiges et des fruits. L'Alternariose étant un parasite de faiblesse, il est primordial de mettre la plante dans des conditions optimales afin d'éviter tout risque de carence. Les apports en éléments fertilisants doivent donc prévenir tout risque de stress au niveau de l'alimentation de la plante.

c- Fusariose

La tomate peut être victime de deux maladies fusariennes différentes soit le flétrissement fusarien (*fusarium wilt*) causé par *fusarium oxysporum f.sp lycopersici*, et la pourriture de la racine et du collet (*fusarium crown and roor rot*) causé par *fusarium oxysporum f.sp radicis lycopersici*. Les agents des fusarioses sont de graves agents de flétrissement chez la tomate, on parle alors de fusariose vasculaire.

d- Verticilliose

Les verticillioses, sont des maladies fongiques vasculaires causées par des ascomycètes du genre *Verticillium*. Les parasites de ce genre se rencontrent fréquemment sous les climats tempérés. Le champignon responsable de cette maladie se trouve dans le sol et pénètre dans la plante par ses racines puis progresse à l'intérieur de celui-ci véhiculé par la sève. Les verticillioses provoquent des flétrissements et des chloroses suivis de nécroses et de défoliation. Les feuilles flétrissent et se dessèchent comme si la plante était arrivée à maturité.

e- Oïdium

L'oïdium est une des plus importantes maladies foliaires. Appelée aussi maladie du blanc", causer des dommages assez importants sur les cultures. En général, cette maladie apparaît tardivement, aussi il n'est pas toujours nécessaire d'intervenir.

f- Pourriture grise

Il fait l'objet de notre étude avec pour objectif principal, la possibilité de la bioprotection de la tomate contre *Botrytis cinerea* par l'utilisation de champignon antagoniste en particulier le *Trichoderma sp.* Le chapitre 2 est consacré à la synthèse bibliographique sur cet agent pathogène.

➤ - Maladies bactériennes :

| Maladies | Symptômes et dégâts |
|--|---|
| Moucheture bactérienne (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>) | Petits points noirs habituellement inférieurs à 2 mm de diamètre, entourés d'une auréole jaune et par des taches noires rarement supérieures à 1mm de diamètre, entourées parfois d'un halo vert foncé, sur les fruits. |
| Gale bactérienne <i>Xanthomonas. Spp</i> | Sur feuilles, tiges et pétioles de tomate, les lésions se présentent sous forme des zones circulaires (1-5 mm) saturées d'eau, d'abord vertes, puis brunes et nécrosées. Les fruits de tomate portent des taches subérisées de 2 à 10 mm de diamètre, circulaires et à marges saturées d'eau. |
| Chancre bactérien (<i>Clavibacter</i> <i>michiganensis</i> sub sp. <i>Michiganensis</i>) | Petites taches chancreuses sur les folioles de couleur blanc marron. Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux sur les tiges. Présence de petites taches blanches, brunes au centre sur les fruits. |
| Le flétrissement bactérien (<i>Ralstonia solanacearum</i>) | flétrissement irréversible sur la partie aérien de la plante qui survient après blocage, par la bactérie de la circulation de l'eau dans la plante. |

➤ Maladies virales

Un grand nombre de virus sont susceptibles de produire de multiples anomalies sur les feuilles de tomate. La mosaïque et la déformation des feuilles sont les deux principaux symptômes des maladies virales de la tomate. Actuellement l'Algérie ne dispose pas de substances chimiques permettant de guérir les maladies d'origine virale. Seule la sélection sanitaire, suivie de méthode prophylactique ainsi que l'utilisation des variétés résistantes sont utilisées.

| Maladies | Symptôme et dégâts |
|---|--|
| CMV : Cucumber Mosaic Virus | Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une mal formation des fruits. |
| TICV : Tomato Infectious Chlorosis Virus | un jaunissement internervaire sur les feuilles basales puis médianes et un retard du développement de la plante. Aucun symptôme n'est visible sur le fruit mais une réduction de calibre est possible en cas de très forte infestation. |
| TMV : Tobacco Mosaic Virus | une mosaïque verte ou blanche, des folioles gaufrés devenant filiformes et ont tendance à s'enrouler, les fruits encore vert présentent une surface légèrement bosselée avec des plages nécrotiques brunes. Les fruits murs sont parsemés de plages vertes. |
| ToCV : Tomato Choroisis Virus | Les dégâts observés sont un jaunissement internervaire sur les feuilles basales puis médianes, un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante. |
| TSWV : Tomato Spotted Wilt Virus ou virus de la maladie bronzée de la tomate. | Il est à observer des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des taches nécrotiques. Par contre sur les fleurs, on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. la maladie peut entraîner un rabougrissement du plant. |
| TYLCV : Tomato Yellow Leaf Curl Virus ou maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate. | La croissance des plantes atteintes est fortement perturbée. Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et ou un enroulement en forme de cuillères. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits. |

4-2-3- Les mauvaises herbes

Plusieurs espèces adventices sont inféodées à la culture de tomate. Les plus fréquentes sont: La morelle noire (*Solanum nigrum*), les chénopodes (*Chenopodium album*, *C. murale*), l'amarante réfléchie (*Amaranthus retroflexus*)...etc.

Chapitre-II- l'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

1. Généralités sur le *B. cinerea*

Botrytis cinerea Pers., agent causal de la pourriture grise, est un champignon polyphage capable d'attaquer plus de 230 espèces de plantes (Jarvis, 1980). La maladie causée par cet agent pathogène conduit à des pertes importantes de rendement sur presque tous les cultures de serre (tomates, haricots, fraises, etc.) à n'importe quel stade de leur développement. Chez la tomate en serre, le champignon infecte les fleurs, les fruits et laisse et peut croître à travers le pétiole dans la tige (Shtienberg et al., 1998).

1.2. Taxonomie

Botrytis cinerea appartient à la classe des Deutéromycètes, à l'ordre des Moniliales et à la famille des Moniliaceae. *Botrytis cinerea* est un champignon parasite saprophyte qui se conserve l'hiver sur les débris végétaux sous forme de conidies, de mycélium ou de sclérotés (fig. 2).

La systématique des espèces appartenant au genre *Botrytis* est la suivante :

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Règne | <i>Eumycota</i> |
| Embranchement | <i>Ascomycota</i> |
| Classe | <i>Deuteromycota</i> |
| Ordre | <i>Moniliales</i> |
| Famille | <i>Moniliaceae</i> |
| Genre | <i>Botrytis</i> |
| Espèce | <i>Botrytis cinerea</i> Pers. |

1.3. Description

Le nom *Botrytis cinerea* a été donné par Persoon en 1801 à un agent pathogène de la vigne. Ce champignon comme beaucoup d'autres connaît une double classification:

- une forme parfaite (téleomorphe), *Botryotinia fuckeliana* (de Barry) Wetzl. C'est un Ascomycète, de la classe des Discomycètes, de l'ordre des Léotiales, famille des Sclerotiniaceae.
- une forme imparfaite (anamorphe), *Botrytis cinerea* Pers. C'est un Deutéromycète de la classe des Hyphomycètes, de l'ordre des Moniliales, famille des Moniliaceae. C'est de Barry (1866) qui a établi une relation génétique entre *Botrytis cinerea* Pers., organisme asexué, et *Botryotinia fuckeliana* appelé au départ *Peziza fuckeliana*, organisme sexué.

B. cinerea possède un mycélium hyalin, cylindrique et cloisonné, grisâtres ou olivâtres, dont le diamètre varie considérablement suivant les conditions de développement des hyphes 11-23 μm .

En conditions favorables de l'environnement, *B. cinerea* fructifie pour donner des conidies (figures 2). Les conidies sont généralement unicellulaires apicales produites en amas à la fin de ramifiées (Pearson & Goheen, 1988). Le développement des conidies se manifeste par la production de conidiophores grisâtres (figure 5). En conditions défavorable de l'environnement, *B. cinerea* peut produire des sclérotés (2-4 x 1-3 μm) qui sont extrêmement résistantes, de structures dures, de couleurs gris-noir, qui adhèrent fermement aux surfaces végétales (Pearson & Goheen, 1988). Lorsque les conditions sont favorables, les sclérotés peuvent germer et produire du mycélium ou des conidies.

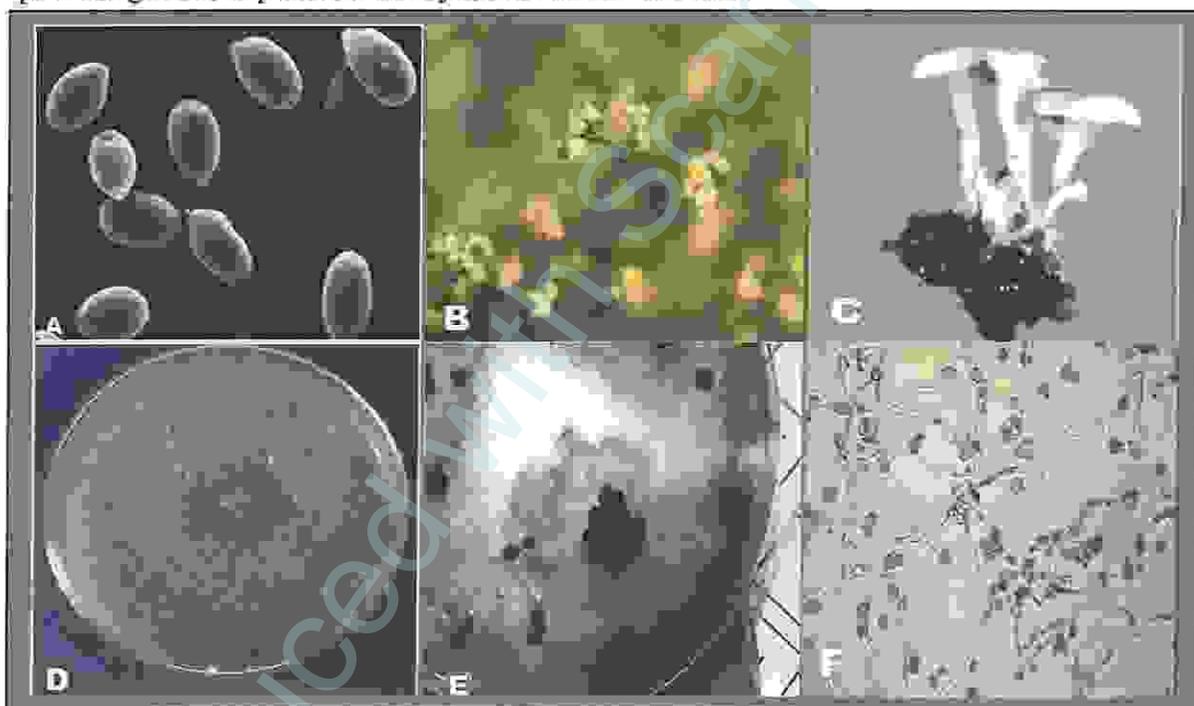


Figure 5. Conidies observés en utilisant un microscope électronique à balayage (A). Conidiophores observés en utilisant une loupe binoculaire (B). Apothécie produisant des ascospores sur une sclérote (C). *Botrytis cinerea* sur milieu de culture PDA à 25°C (D). Sclérote de *Botrytis cinerea* produites sur boîte de pétri après un mois de culture sur un milieu PDA à 21°C(E.) Observation de la germination des conidies sur milieu riche PDA au microscope optique (F). (Sakhr . AJOUZ.,2009).

1.2.1.3 Gamme d'hôtes de *Botrytis cinerea*

Botrytis cinerea possède une large gamme d'hôtes et peut infecter plus de 230 espèces végétales dont la majorité serait des dicotylédones (Farr et al., 1989). Parmi ces espèces, certaines comme les cultures maraîchères, horticoles et viticoles ont une importance économique. (figure 6).

Le pathogène peut infecter les fleurs, les feuilles, les bourgeons, les pousses, les tiges et / ou des fruits, ce qui limite souvent le développement des plantes, la nouaison, le rendement et la qualité des fruits dans les cultures fruitières (Maude, 1980; Nicholas et al, 1994), et le rendement et la qualité des récoltes dans les légumes (Maude, 1980; Alfonso et al, 2000).

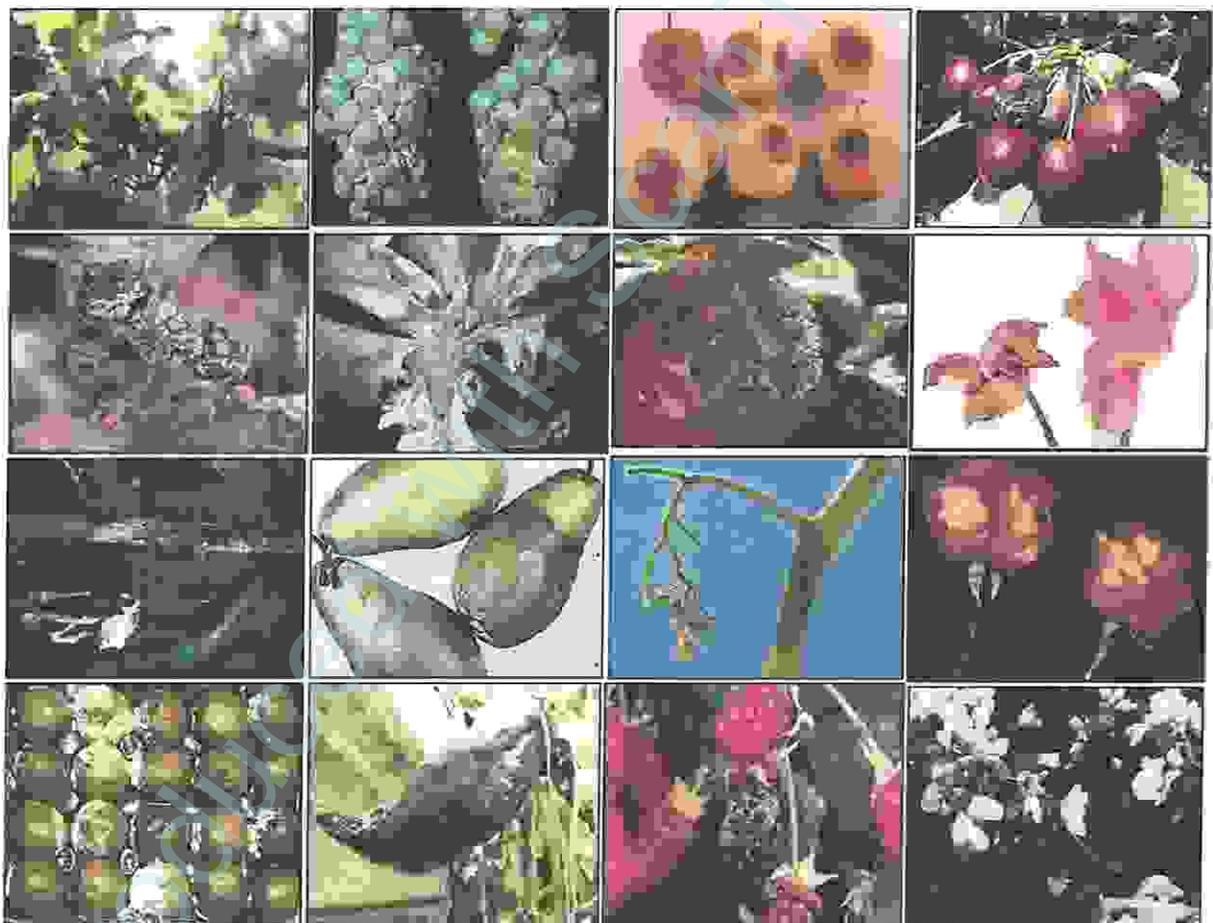


Figure 6. Symptômes causés par l'agent pathogène *Botrytis cinerea* sur différents hôtes (Sakhr AJOUZ 2009)

1.2.3.1 Cycle de développement de *Botrytis cinerea*

Botrytis cinerea est un champignon nécrotrophe. Il a la particularité d'être polyphage et ainsi s'attaquer à diverses plantes dès que les conditions climatiques lui sont favorables (Elad et al., 2004). Lorsque les conditions deviennent favorables, *B. cinerea* fructifie pour donner de

conidie. C'est une cellule unique, différenciée qui a atteint son stade final de développement. Dans de bonnes conditions d'humidité et de température, elle va produire une première cellule fille, le tube germinatif, qui à son tour va se diviser et former un filament multicellulaire, l'hyphes. Celui-ci va former un réseau de plus en plus important, le mycélium. Des facteurs principalement nutritionnels et climatiques vont progressivement arrêter la croissance hyphale et induire la formation d'organes reproducteurs, les conidiophores. Le mycélium donne également naissance à des amas mycéliens très denses, les sclérotés, considérés comme les organes de résistance du champignon durant l'hiver.

Les sclérotés ne sont pas directement infectieux mais ils produisent du mycélium qui portera des conidiophores et des conidies. Dans des conditions particulières, développent des apothécies qui donnent des ascospores. Le plus souvent, les sclérotés germent au cours du printemps, forment d'importantes masses de mycélium qui produisent des spores dispersées ensuite par le vent.

B. cinerea pénètre généralement dans le tissu de l'hôte à travers les blessures ou les ouvertures naturelles (Leone et al., 1990 ; Cotorra et Silva, 2005). L'infection s'effectue par l'intermédiaire des hyphes en croissance ou du tube germinatif des conidies (Verhoeff, 1980).

Le développement de *B. cinerea* est dépendant des conditions environnementales. De façon générale, les fortes humidités relatives, la présence d'eau à la surface des feuilles et des températures modérées sont les principaux facteurs reconnus comme favorisant le développement de la pourriture grise (Blakeman, 1980). Outre ces conditions climatiques, le développement de *B. cinerea* dépend notamment de la disponibilité en nutriments dans le milieu et de la qualité de la lumière pour la sporulation (Jarvis, 1992). (figure 7).

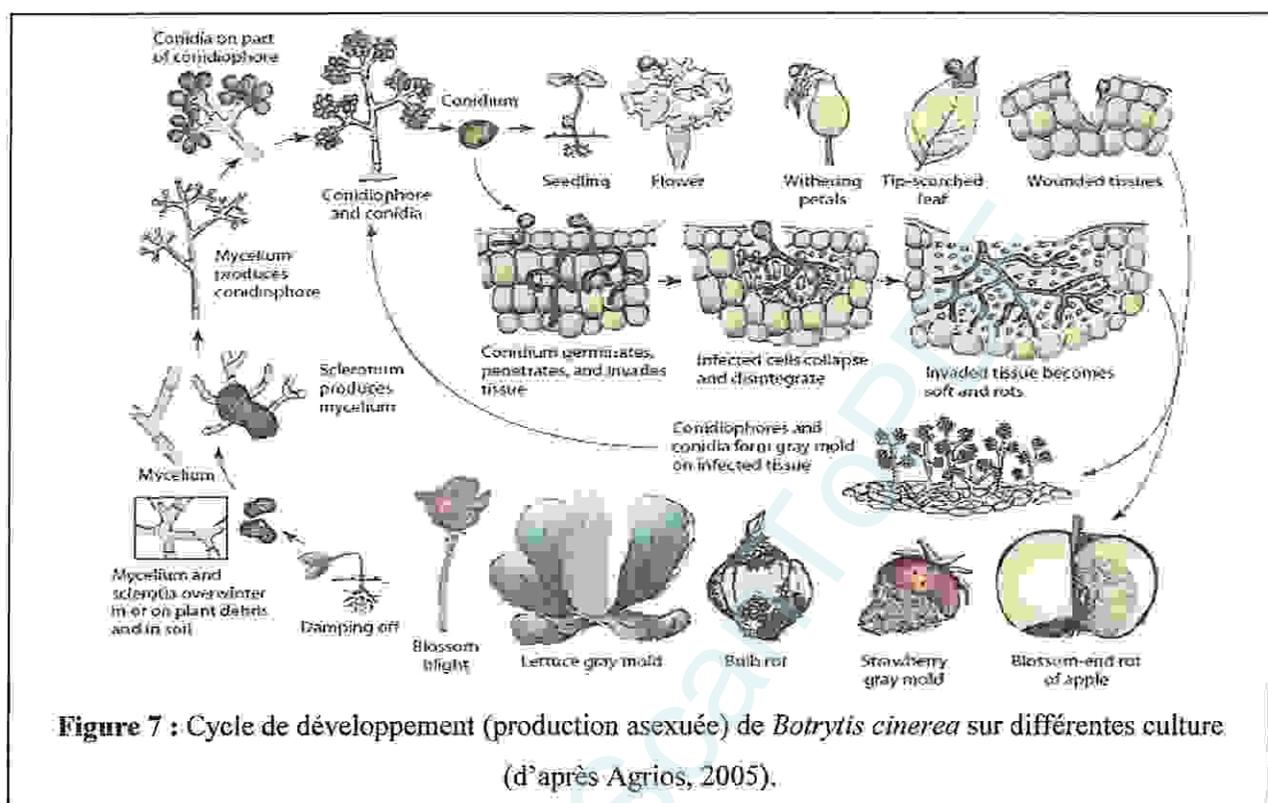


Figure 7 : Cycle de développement (production asexuée) de *Botrytis cinerea* sur différentes culture. (d'après Agrios, 2005).

1.2.2 Symptômes de *Botrytis cinerea*

B. cinerea est l'agent responsable de la pourriture grise. Le pathogène provoque des pertes très importantes sur un grand nombre d'espèces (légumes et plantes ornementales). Cet agent pathogène peut entraîner la destruction partielle ou totale de la plante hôte, et dans certains cas de la récolte. *B. cinerea* s'attaque à tous les organes verts de la plante (feuilles, pédoncules, sépales, fleurs, fruits et tige.). Le premier signe visible sera un changement de couleur et de texture sur la plante. Des pourritures marron et humides souvent liées à des blessures occasionnées lors du repiquage se forment au collet. (figure 8).



Figure 8 : Dégâts causés par *B. cinerea* dans une serre de tomate (Source : INRA, 2010).

1.2.3.2 Facteurs de développement de *B. cinerea*

a-Température/humidité

L'humidité relative et la température jouent un rôle clef pour l'infection de la plante par *B. cinerea* et le développement de la maladie. La température optimale pour le développement de l'infection tant sur les fleurs que sur les fruits est d'environ 20°C et le taux d'humidité relative de 93% ou plus. L'infection était grandement réduite lorsque les températures étaient inférieures à 15°C ou supérieures à 25°C.

La température optimale pour la germination des conidies était comprise entre 20 et 30°C. A 10°C la germination est très retardée avec seulement 60% de conidies germées 48 heures après l'inoculation (Shiraishi et al., 1970a). Jarvis (1977), estime que 80% des conidies de *B. cinerea* germent à 15°C et 5°C à 95% d'humidité relative, en revanche 100% des spores germent à 20°C; à 90% d'humidité relative, 85% des conidies germent à 20°C, et la germination s'arrête quand les conditions d'humidité relative et de température sont plus faibles.

Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C, 94% d'humidité relative et en présence d'un vent limité (Thomas and Marois, 1986).

La sporulation est limitée à 10°C et stoppée à une température inférieure à 5°C ou supérieure à 30°C (Davidson and Krysinska-Kaczmarek, 2007). D'après O'Neill et al., (1997), la phase de sporulation est favorisée par une forte humidité relative et l'interruption de ces conditions entraîne un retard de sporulation.

b-La lumière

La germination des conidies de *B. cinerea* se produit aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, pourvu qu'il y ait de l'eau et des nutriments en quantité suffisante (Blakeman, 1980). La sporulation de *B. cinerea* est par contre dépendante de la qualité de la lumière reçue et surtout des UV (Elad, 1997; Nicot et al., 1996; West et al., 2000).

c-Exigences nutritives

Les spores de *B. cinerea* ont des besoins nutritifs afin de pouvoir germer. De nombreuses expériences ont montré que la germination de spores dans l'eau était significativement plus faible que dans une solution nutritive (Kosuge and Hewitt, 1964). La germination des spores de *B. cinerea* dans l'eau (absence de nutriments) a cependant été observée pour certaines souches (Doehlemann et al., 2006).

La présence de nutriments tels que le glucose et le fructose favorise la germination et l'élongation du filament germinatif (Clark and Lorbeer, 1977; Kosuge and Hewitt, 1964) et permettent à des conidies âgées de retrouver leur pouvoir germinatif (Shiraishi et al., 1970b).

5 Moyens de lutte

5.1 Lutte chimique

Le contrôle de *Botrytis cinerea* est rendu difficile par le fait qu'il peut contaminer un grand nombre d'hôtes et d'organes végétaux et qu'il se développe très rapidement après sa période de latence.

La lutte chimique se définit par l'utilisation de fongicides pour détruire, affaiblir ou réprimer le champignon. A partir des années 1950, il y a eu une expansion rapide de l'emploi de produits phytopharmaceutiques, liée à l'essor de la chimie de synthèse. Les fongicides anti-*Botrytis* utilisés en végétation ont largement évolué depuis le début des années 1970, où les premières matières actives apparues sur le marché français pour lutter contre la pourriture grise furent le folpel, le captafol, l'euparène (dichlofluanide) et le thirame. Des progrès ont été réalisés dans les années 1970 avec la commercialisation des benzimidazoles, des thiophanates, et des dicarboximides à partir de 1976 (Leroux et al., 1999). La plupart des fongicides affectent directement des fonctions essentielles, comme par exemple la respiration, la biosynthèse des stérols ou la division cellulaire (Leroux, 2004). Plusieurs familles de fongicides de synthèse sont disponibles pour lutter contre *B. cinerea*. Elles sont classées en 5 catégories, selon leurs modes d'action biochimique sur le pathogène : les fongicides affectant la respiration, le fonctionnement des microtubules, l'osmorégulation, la biosynthèse de méthionine ou des stérols.

1.2.5.2 Lutte génétique

La transformation génétique offre une alternative intéressante puisqu'elle permet l'introduction d'un ou plusieurs gènes dans le génome de la plante tout en maintenant son patrimoine génétique, ses caractères agronomiques et la qualité de ses produits (Yamamoto et al., 2000 ; Vidal et al., 2003 ; Bornhoff et al., 2005 ; Franks et al., 2006). Dans la lutte contre *B. cinerea*, les stratégies visent à surexprimer des gènes codant des molécules à fonction antimicrobienne. Ainsi, l'intégration d'un gène codant une stilbène synthase a permis une production plus importante de resvératrol dans les plantes transgéniques (Fan et al., 2008) et une meilleure tolérance *in vitro* vis-à-vis de *B. cinerea* (Coutos-Thévenot et al., 2001).

5.3 Lutte biologique

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes afin de réduire la densité de l'inoculum de l'agent pathogène ou d'altérer son activité pathogène. La protection conférée par un agent biologique peut être basée sur un ou plusieurs mécanismes d'action : la compétition pour les éléments nutritifs ou l'espace, le parasitisme, la production de substances toxiques pour le pathogène (antibiose) et/ou la stimulation des défenses de la plante (Thomashow & Weller, 1996 ; Yedida et al., 1999 ; Haas et al., 2000).

Le champignon le plus largement étudié est le *Trichoderma* spp. Les travaux sur le biocontrôle de *B. cinerea* à l'aide de ce champignon ont débuté il y a 30 ans (Dubos et al., 1978, 1982). Des produits à base de *Trichoderma harzianum* et *T. viride* ont été formulés afin d'être commercialisés en tant qu'anti-Botrytis. De plus, des rhizobactéries appelées PGPR pour « plant growth-promoting rhizobacteria » ont montré une efficacité dans la lutte contre *B. cinerea*.

Tableau 01: Diversité des agents de lutte biologique contre *B. cinerea* chez différentes espèces végétales. (Maryline MAGNIN-ROBERT.(2007))

| | Agents biologiques | Plantes Hôtes | Références |
|--------------------------------|--|---|--|
| Bactéries | <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> | Tomate, poire | Marl <i>et al.</i> , 1996 |
| | <i>Bacillus mycodides</i> | Fraisier | Guetsky <i>et al.</i> , 2002a, b |
| | <i>Bacillus pumilus</i> | Haricot, poire, tomate, concombre | Elad <i>et al.</i> , 1994a, b ; Mari <i>et al.</i> , 1996 ; Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Bacillus subtilis</i> | Tomate | Likhede <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Enterobacter agglomerans</i> | Tomate | Utkhede <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Pantoea agglomerans</i> | Poire | Nunes <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Haricot | De Meyer et Hôte, 1997 |
| | <i>Pseudomonas putida</i> | Tomate, haricot | Ongena <i>et al.</i> , 2002 ; Meziane <i>et al.</i> , 2005 |
| | <i>Serratia marcescens</i> | Cyclamen | Somaya <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Serratia plymuthica</i> | Melon | Kamensky <i>et al.</i> , 2003 |
| <i>Xanthomonas maltophilia</i> | Tomate | Elad <i>et al.</i> , 1994a, b | |
| Champignons | <i>Acremonium cephalosporium</i> | Vigne (raisin) | Zahavi <i>et al.</i> , 2000 |
| | <i>Aspergillus giganteus</i> | Géranium | Moreno <i>et al.</i> , 2003 |
| | <i>Aureobasidium pullulans</i> | Tomate, concombre, vigne (raisin), pomme | Dik <i>et al.</i> , 1999 ; Castoria <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Candida guilliermondii</i> | Vigne (raisin), Tomate | Zahavi <i>et al.</i> , 2000 ; Saligkarias <i>et al.</i> , 2002 |
| | <i>Candida oleophila</i> | Tomate | Saligkarias <i>et al.</i> , 2002 |
| | <i>Candida utilis</i> | Pomme | El-Ghaouth <i>et al.</i> , 1998 |
| | <i>Chaetomium globosum</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Clonostachys rosea</i> | Rosier | Morandi <i>et al.</i> , 2003 |
| | <i>Cryptococcus luteus</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Cryptococcus albidus</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Cryptococcus laurentii</i> var. <i>flavescens</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Gliocladium catenulatum</i> | Haricot, tomate, concombre | Elad <i>et al.</i> , 1994b ; Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Fusarium proliferatum</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Pichia anomala</i> | Pomme | Jijakli et Lepoivre, 1998 |
| | <i>Pichia guilliermondii</i> | Fraisier | Guetsky <i>et al.</i> , 2002a ; b |
| | <i>Pichia membranifaciens</i> | Vigne | Masilh et Paul, 2002 |
| | <i>Phyomyces chazarum</i> | Vigne | Dodd et Stewart, 2003 |
| | <i>Pythium citrinum</i> | Vigne | Paul, 2004 |
| | <i>Pythium periplacum</i> | Vigne | Paul, 1999b |
| | <i>Pythium radicosum</i> | Vigne | Paul, 1999a |
| | <i>Rhodotorula glutinis</i> | Tomate, pomme | Elad <i>et al.</i> , 1994b ; Sansone <i>et al.</i> , 2005 |
| | <i>Trichoderma hamatum</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Trichoderma harzianum</i> | Haricot, tomate, concombre, vigne | Zimand <i>et al.</i> , 1996 ; Elad, 2000 ; Rey <i>et al.</i> , 2001 |
| | <i>Trichoderma virens</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| | <i>Ulocladium atrum</i> | Tomate, concombre, fraisier, cyclamen | Dik <i>et al.</i> , 1999 ; Berto <i>et al.</i> , 2001 ; Kessel <i>et al.</i> , 2002 |
| | <i>Rhodotorula glutinis</i> | Tomate, pomme | Elad <i>et al.</i> , 1994b ; Sansone <i>et al.</i> , 2005 |
| | <i>Trichoderma hamatum</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | Haricot, tomate, concombre, vigne | Zimand <i>et al.</i> , 1996 ; Elad, 2000 ; Rey <i>et al.</i> , 2001 | |
| <i>Trichoderma virens</i> | Tomate, concombre | Dik <i>et al.</i> , 1999 | |
| <i>Ulocladium atrum</i> | Tomate, concombre, fraisier, cyclamén | Dik <i>et al.</i> , 1999 ; Berto <i>et al.</i> , 2001 ; Kessel <i>et al.</i> , 2002 | |

Chapitre III : La lutte biologique

1-Introduction

La lutte biologique grâce à l'utilisation d'organismes vivants ou de produits issus de ces organismes apparaît comme une alternative ou un complément prometteur à l'utilisation des fongicides synthétiques, de part l'ubiquité de ces microorganismes, leur grande diversité et leur dissémination dans les sols rhizosphériques (Chen et *al.*, 1995 ; Benhamou et *al.*, 1996 b ; Berg et *al.*, 2005).

Le terme "lutte biologique" recouvre différents concepts selon les disciplines impliquées dans la protection des cultures (Nordlund, 1996). La définition officielle par l'OILB (Organisation Internationale de la Lutte Biologique) stipule que la protection biologique est « l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs ». Le principe de la lutte biologique est basée sur l'exploitation par l'homme et à son profit d'une relation naturelle entre deux êtres vivants : la **cible** et l'**agent de protection**.

Les biopesticides ou agents de lutte biologique, peuvent être définis comme des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de microorganismes (bactéries, levures, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes, mais aussi de substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux, phéromones, etc... (Thakore 2006).

La littérature a présenté plusieurs exemples de microorganismes antagonistes (champignons, bactéries et levures) qui se sont révélés actifs vis-à-vis des maladies.

2-Les modes d'action des agents antagonistes

L'activité antagoniste peut s'exprimer à travers un ou plusieurs mécanismes d'action. Les plus couramment cités sont la compétition pour l'espace et pour les éléments nutritifs, le

mycoparasitisme (avec entre autre la production d'enzymes lytiques), l'antibiose et l'induction de résistance chez la plante hôte.

2.1- Antibiose

De nombreux microorganismes produisent des métabolites et agissent en provoquant une altération de la germination, de la croissance et/ou de la sporulation du pathogène, une distorsion des hyphes du pathogène. Une étude récente a montré que le filtrat de culture de l'antagoniste *T. harzianum* peut complètement inhiber la germination et causer des gonflements au niveau des conidies des pathogènes responsables de la pourriture du collet du bananier par le mécanisme d'antibiose.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence la production *in vitro* d'antibiotique par les agents de lutte biologique. Cependant, cela ne signifie pas toujours une production au niveau du site d'action *in situ* ni que l'antibiotique intervienne en totalité ou en partie dans l'antagonisme (Droby et Chalutz, 1994).

2.2-Mycoparasitisme

Le mycoparasitisme est une relation trophique qu'établit un microorganisme au détriment d'un champignon. La chitine et le β -1,3-glucan (laminarine) sont les principaux constituants de la paroi de la plupart des champignons (Bartnicki-Garcia, 1968). Ainsi les agents antagonistes produisant les enzymes lytiques comme la glucanase et la chitinase, qui dégradent les parois du pathogène, ont comme mécanisme d'action le parasitisme. Parmi ces antagonistes, les *Trichoderma spp.* sont les plus étudiés (Tronsmo & Raa, 1977 ; Bélanger et al., 1995 ; Carsolio et al., 1999 ; Chet et al., 1998 ; Lorito, & Woo, 1998). Cependant, d'autres études ont montré que c'est la production des enzymes lytiques par les cellules des antagonistes en présence du pathogène qui améliore la capacité de celles-ci à s'attacher aux hyphes du pathogène (Wisniewski et al., 1991 ; Chan et Tian, 2005).

2.3-Compétition

La compétition pour les éléments nutritifs (sucre, éléments minéraux...) est un mécanisme fortement impliqué dans la suppression de nombreux pathogènes. La compétition pour le fer par certaines souches de *P. fluorescens* est la plus documentée. Elle implique la

production de différents sidérophores, molécules chélatrices du fer et servant de transporteur de l'ion ferrique à l'intérieur de la cellule bactérienne (Neilands, 1981 ; Duijff et al., 1993 ; Buysens et al., 1996 ; Whipps, 2001) (Figure 6). La compétition pour le fer est démontrée par délétion de gènes spécifiques : l'activité protectrice contre *B. cinerea* d'une souche mutante de *P. putida* (WCS358), incapable de produire des sidérophores, est fortement diminuée chez la tomate (Meziane et al., 2005).

3-Le marché des biopesticides

Le marché des pesticides synthétiques avait diminué au cours des 5 dernières années grâce au développement des biopesticides, ces biopesticides représentent 2.5% des ventes de produits phytosanitaires (Figure L1), alors qu'il était seulement de 0.2% en 2000. Le marché se développe donc et on prédit qu'il atteindra plus d'un milliard de dollars en 2010 (Thakore 2006). Actuellement, l'Amérique du nord et l'Europe consomment environ 40% et 20% respectivement de la production mondiale de biopesticides. On s'attend à ce que le marché des biopesticides aux USA monte de 205 millions à 300 millions U\$, et le marché européen d'environ 135 millions jusqu'à 270 millions \$ vers la fin de la décennie. Parmi les biopesticides microbiens, les produits à base de bactéries représentent 74% du marché mondial.

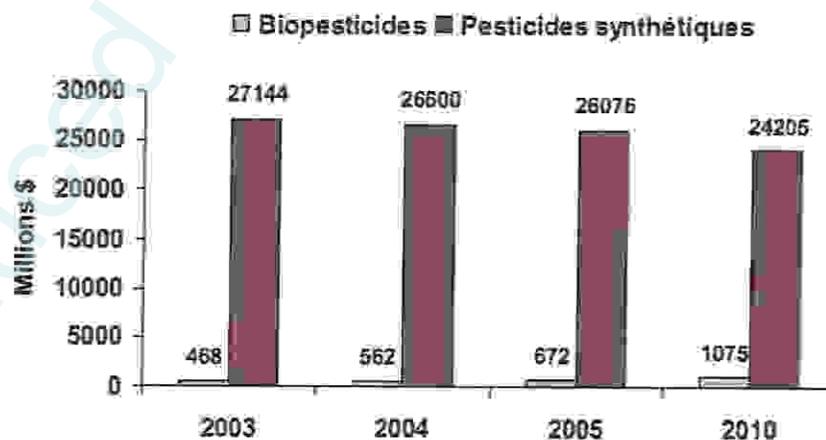


Figure (9). Le marché mondial des biopesticides et des pesticides synthétiques, 2003-2010 (Thakore 2006).

4-Avantage des biopesticides

D'un point de vue écologique, les biopesticides microbiens sont beaucoup plus compatibles que les produits chimiques et ont une spécificité accrue vis-à-vis des pathogènes. Ils sont par conséquent moins dommageables pour les organismes non ciblés de la microflore endogène qui exerce une action bénéfique sur les plantes.

Les biopesticides sont souvent efficaces en faibles quantités et leurs activités protectrices peuvent relever de mécanismes multiples et déclenchent donc rarement des phénomènes de résistance chez le pathogène à cause d'une faible pression de sélection. En plus, ils peuvent compléter les pesticides conventionnels une fois utilisés dans les programmes intégrés de la gestion des parasites (Fravel 2005; Thakore 2006).

5- Désavantages

Malgré les avantages de ces agents biologiques, l'effet protecteur de la plupart des agents de lutte biologique est parfois insuffisant par rapport aux produits chimiques (Shishkoff et McGrath 2002) ou n'est parfois pas constant, dépendant notamment des conditions du milieu (la température, sol, humidité, la plante hôte, pH, etc...) (Larkin et Fravel 2002; Mendoza Garcia et al. 2003). En plus, le coût de la production est élevé pour la plupart des agents de biocontrôle (Fravel et al. 1999). Ainsi, le conditionnement et la formulation sont très difficiles pour des espèces non sporulantes et même parfois pour les espèces sporulantes (Hjeljord et al. 2000; Collins et Jacobsen 2003). D'autre part, les pesticides chimiques ont une activité plus efficace, tandis que les biopesticides peuvent avoir besoin de temps après leur application pour commencer à agir.

Cas de *Trichoderma harzianum*

Dans la nature, les agents pathogènes responsables de diverses maladies provoquent d'importantes pertes de récoltes : dont : 1) pourritures des semences, 2) fontes des semis, 3) pourritures racinaires et 4) flétrissements des plantes (Agrios, 1988; Anonyme, 1992), 1) chancres de tiges, 2) taches foliaires, 3) flétrissement des plantes et 4) pourritures sur les fruits, etc... (Agrios, 1988).

Par contre, Plusieurs micro-organismes peuvent, avoir un effet bénéfique dans le contrôle des champignons pathogènes et ainsi minimiser l'effet délétère des pesticides (Adams, 1990).

Dans une perspective de lutte biologique, il est important de sélectionner des champignons antagoniste, et l'étude les modes d'action renseigne sur leurs potentiel à l'égard du pathogène.

Trichoderma est le champignons imparfaits saprophytes qui est naturellement abondant dans le sol et, la matière organique telle le bois mort ou en décomposition, les débris végétaux et la paille (Papavizas, 1985, Sippell et al., 1985, Widden et Scattolin, 1988). Les espèces de ce genre possèdent également des aptitudes à dégrader de nombreux substrats organiques du sol pour se nourrir et se développer ce qui suggère qu'elles peuvent survivre dans plusieurs niches écologiques (Papavizas, 1985).

Au cours des dernières années, le potentiel antagoniste de *T. harzianum* a également été démontré contre les agents pathogènes des substrats dans les cultures serricoles (productions légumières et plantes ornementales) (Caron et al., 2002). En production commerciale, *Trichoderma* a permis d'accroître les rendements de 7% par rapport aux parcelles traitées chimiquement (Caron et al., 1994b).

Le champignon *Trichoderma harzianum* est reconnu comme antagoniste des agents pathogènes du sol (ARLA, 2002).

Il prévient l'attaque du système racinaire des plantes par les champignons du sol de plusieurs manières. Tout d'abord, le mycélium de *Trichoderma* colonise le sol et les racines avant les agents pathogènes. De plus, il protège les racines en formation en créant un

manchon autour de celles-ci que ce soit à l'enracinement ou sur un plant adulte. Cette habileté à coloniser la rhizosphère et à compétitionner pour l'espace lui permet d'agir à titre préventif sur une période de 10 à 12 semaines (Lambert et al., 2002; Sivan et Harman, 1991).

Le mode d'action de *Trichoderma harzianum* se veut complexe. Il comprend la chimiotaxie, l'antibiose, la production d'enzymes dégradant la paroi cellulaire, le parasitisme, la compétition ou une combinaison de ces divers modes d'action (Howell, 2002; Wells, 1988). L'activité de cet agent de lutte biologique commence par le repérage de l'agent pathogène. L'orientation du *Trichoderma* est rendue possible grâce aux lectines sécrétées dans le milieu par l'agent pathogène. Ces substances se lient aux résidus de galactose sur les parois cellulaires de *T. harzianum* (ARLA, 2002; Harman, 2000). C'est ce qui permet la croissance chimiotactique de *Trichoderma*.

a-Classification taxonomique

La taxonomie moderne des champignons a aboli l'embranchement des Deuteromycotina, auquel appartenait le genre *Trichoderma*. La position taxonomique actuelle des *Trichoderma* sp se présente comme suit (selon Bissett, 2004) :

| | |
|---------------------------------|---|
| Embranchement | Amastigomycota et/ou Eumycètes |
| Sous embranchement | Ascomycotina |
| Classe | Sordariomycètes |
| Ordre | Hypocreales |
| Famille | Hypocreaceae |
| Genre | Hypocrea mitosporique (<i>Trichoderma</i>). |

b-Aspect morphologie

Au microscope on peut observer un mycélium composé d'hyphes jaunes, septés, ramifiés à parois lisse. Les conidiophores (fig) sont fortement ramifiés selon une structure pyramidale, se terminant par une ou plusieurs phialides. A leur tour, les phialides portent les spores (phialospores ou bien conidies) (cournut, 1984; landreau, 2001; kubicek et al 2011). Les phialides peuvent être cylindriques ou subglobuleuses, regroupées en masse ou en solitaire. Les conidies sont hyalines, ellipsoïdes et lisses chez la plupart des espèces ; les conidies globuleuses sont rares. certaines espèces peuvent produire des chlamydo-spores globuleuses, qui sont intercalaires ou terminales (soylu et al.,2002).

c-Ecologie

Grâce à sa grande capacité d'adaptation aux différentes conditions climatiques, le genre *Trichoderma* est très répandu dans la nature, aussi bien en milieu terrestre que marin (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998).

En effet, les *Trichoderma* sp. sont remarquables pour leur croissance rapide et leur capacité à utiliser différents substrats et sont, par conséquent, l'élément majeur dans la mycoflore terrestre et marine (Widden et Abitrol, 1980 ; Kubicek et al., 2003). Les *Trichoderma* sp. terrestres se développent quasiment dans tous les sols (forestiers ou cultivés) et sur les végétaux en décomposition. Ils contaminent fréquemment le compost de la culture industrielle des champignons comestibles, mais sont rarement parasites de plantes vivantes (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998).

L'abondance des *Trichoderma* sp. dans les écosystèmes est due à leur capacité à produire diverses substances bioactives et des enzymes. Ils s'ont de ce fait un maillon important dans les chaînes biologiques (Widden et Abitrol, 1980 ; Vining, 1990 ; Kubicek et al., 2003).

d-Habitats

Trichoderma est un champignon filamenteux cosmopolite très abondant dans les sols, les humus et sur les débris végétaux en décomposition. Bien qu'il soit considéré comme un contaminant universel, *Trichoderma* peut être utilisé en lutte biologique contre des

champignons phytopathogènes tels que *Botrytis cinerea* ou *Sclerotinia sclerotiorum*. *Hypocrea* spp. sont les formes téléomorphes de certaines espèces de *Trichoderma*. (Anonyme, 2014)

e-Interaction *Trichoderma*-Pathogènes

Le genre *Trichoderma* possède une batterie de mécanismes d'attaque potentiellement utilisables mais qui demeurent toutefois complexes. Il peut employer un ou plusieurs modes d'action en même temps pour maîtriser un agent pathogène. Le déploiement des modes d'action varie également selon les partenaires en présence et les conditions physico-chimiques du milieu (températures, humidité, etc...). *Trichoderma* est efficace lorsqu'on lui permet de s'installer avant l'arrivée des champignons pathogènes. Son action est donc préventive. Il permet, au niveau des racines, de créer un manchon protecteur autour de celles-ci et ainsi contrer l'entrée des agents pathogènes à l'intérieur des racines. Le même effet est observé lorsqu'il est utilisé en pulvérisation aérienne. Une fois installée, *Trichoderma* peut avoir un effet stimulant pour la plante en absence de champignons pathogènes. (Caron, 2002).

Tableau (2): exemple de produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre *B.cinerea* (Fravel, 2005)

| Nom de produit | Antagoniste | Utilisation |
|--------------------|---|---|
| Trichodex | <i>Trichoderma harzianum</i> | En vignes et en cultures sous serre |
| Binab | <i>Trichoderma harzianum</i> et <i>Trichoderma polysporum</i> | Culture de fraise |
| Mycostop | <i>Streptomyces griseoviridis</i> | En serre sur concombre, tomate, poivron, laitue et plantes ornementales |
| Plantshield | <i>Trichoderma harzianum</i> | Culture sous serre |
| Botry-Zen | <i>Ulocladium oudemansii</i> | Vignes |
| Aspire | <i>Candida oleophila</i> | Fruits après récolte |
| Yield Plus | <i>Cryptococcus albidus</i> | Fruits après récolte |
| Bio-save | <i>Pseudomonas syringae</i> | Fruits après récolte |
| Serenade | <i>Bacillus subtilis</i> | Cultures sous serre et de plein champ |

Chapitre IV : Matériels et méthodes

1- Matériels

Le but de cette étude est l'évaluation « in vivo » les effets de *Botrytis cinerea* sur le comportement ecophysiological de culture de tomate, ainsi l'étude de l'effet de *T. harzianum* sur la bioprotection des tomates contre le *B.cinerea* agent causal de la pourriture grise de la tomate *Lycopersicon esculentum*.

1-1-Matériel fongique

1-1-a- L'isolat de l'agent pathogène *B. cinerea* utilisés dans cette étude à été obtenu à partir de feuilles et tiges de pieds de tomate présentant des symptômes de pourriture grise. L'échantillon provenant de serre localisée dans la plaine du Nord-Ouest algérien. *B. cinerea* a été cultivé sur des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA et incubées à 25°C. Les conidies ont été récoltées à partir de 14 jours d'âge cultures en agitant de petits morceaux de gélose, portant mycélium et des conidies, dans un tube à essai.

1-1-b- Le champignon antagoniste

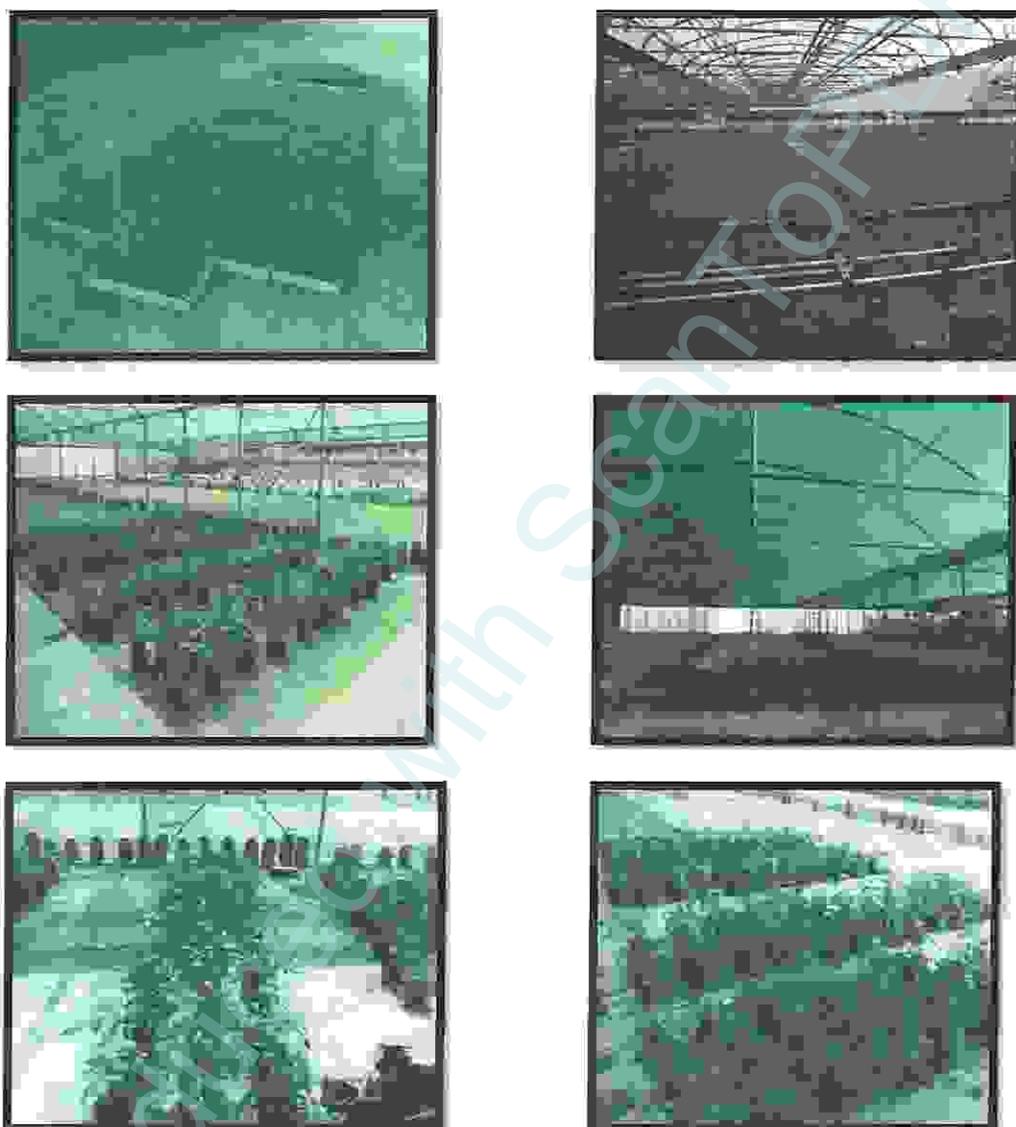
La souche de *Trichoderma harzianum* est fournis par le laboratoire de protection des végétaux de l'Université de Mostaganem. Cette souche donne sur milieu PDA une colonie circulaire cotonneuse d'abord blanchâtre puis verdâtre avec l'âge.

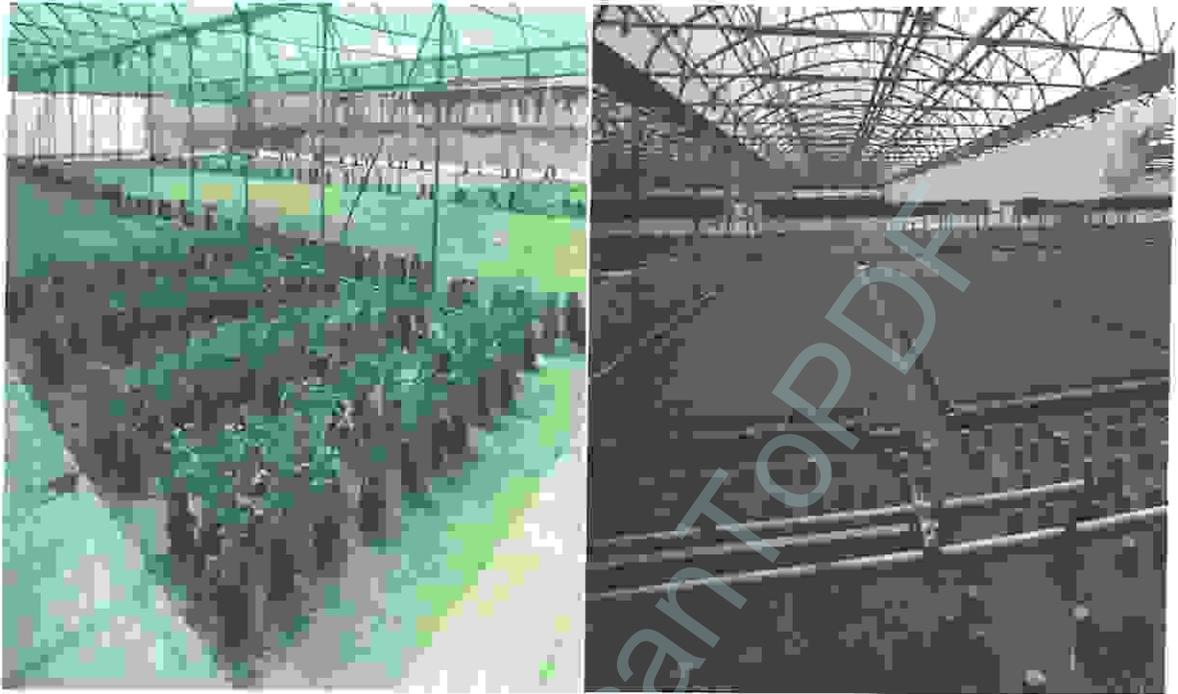
1.1. Matériel végétal

Les expérimentations ont été menées dans une serre sous des conditions contrôlées, sur des plantules de deux variétés CX255 et GUELMA de *Lycopersicon esculentum* âgées entre 8 semaines. Les plants sont issus de graines dépoussiérées, désinfectées et stérilisées pendant quelques minutes dans une solution à 0,5 % d'hypochlorite de sodium et enfin rincées à l'eau distillée stérile abondamment avant d'être semées dans des pots en plastiques de 35 cm de hauteur et 20 cm de diamètre remplis de terreau végétale, irrigués en raison de 250 ml chaque deux jours pour maintenir les pots à leur capacité aux champs. A partir de 6 semaines de leur semis, les plantules sont soumises aux différents traitements.

2- Le dispositif expérimental

Figure (20) : Les plantes des deux variétés sont soumises aux différents traitements





II.1. Le dispositif expérimental

Les plantes des deux variétés sont soumises aux différents traitements

II-Méthodes

1. Préparation de l'inoculum

Les spores ont été récoltées à partir d'une culture de *B. cinerea* âgée d'environ 2 semaines dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre et incubées à 22 °C en 12 h de lumière et 12 heures d'obscurité. Des plaques de culture de 2 semaines ont été agitées au vortex dans un tube contenant 10 ml d'eau distillée stérile et 0,05 ml de Tween 80 pendant 5 minutes afin de détacher les spores. Puis la suspension enrichie en spores est filtrée à travers d'un entonnoir pour éliminer les débris de mycélium.

2. Préinoculation avec *Trichoderma*

Les plantes de tomate (CX225 et GUELMA) ont été inoculées au stade 6 à 8 feuilles en les pulvérisant par une suspension de spores ajustées à 10^5 spores/ml. Cette suspension a été préparée en raclant la surface des cultures âgées de deux semaines et incubées à l'obscurité à 25°C, à l'aide d'une spatule métallique stérile. Des lots témoins subissent le même traitement, mais de l'eau stérile remplace la suspension de spores.

3. Inoculation avec la souche pathogène

Après un temps variable, les plantes pré-inoculées sont pulvérisées par l'inoculum pathogène préparé par une suspension de spores ajustées à 10^5 spores/ml de la souche de *B. cinerea*. Des plantes pré-inoculées témoins reçoivent de l'eau stérile. Des plantes témoins non traitées par l'antagoniste sont inoculées par le pathogène. Les plantes sont arrosées selon le traitement avec 3ml de l'inoculum agressive ou d'eau stérile. Les plantules ainsi étalées sont placées en croissance dans une serre à une température d'environ 25 °C et une photopériode de 12 heures.

L'évaluation des symptômes a été faite 15 jours après le traitement des plantules en se basant sur une échelle de notation de symptômes proposée par Vakalounakis et Fragkiadakis, comprenant quatre valeurs:

0: plante saine;

1: léger jaunissement, légère pourriture et pourriture du collet;

2: jaunissement important des feuilles avec ou sans flétrissement, rabougrissement des plantes, pourriture importante de la tige

3: mortalité de la plante.

Notation et évaluations des symptômes

III. Les paramètres écophysiologicals étudiées

III.1 Paramètres morphologiques

a - Longueurs aérienne et souterraine (LPA, LPS)

Après 8 semaines et vers la fin du traitement on enlève la plante du pot et on sépare la partie aérienne de la partie racinaire, on procède à la mesure de la longueur de chaque partie avec une règle graduée et on pèse les deux parties séparément avec une balance de précision.

LPA : Longueur de la partie aérienne

LPS : Longueur de la partie souterraine

b - Poids de la biomasse :

Pour chaque échantillon plant, nous avons déterminé le poids frais juste après le prélèvement et après passage à l'étuve à 80°C.

(PAF) : Le poids frais de la partie aérienne

(PAS) : Le poids frais de la partie souterraine

(PAs) : Le Poids sec de la partie aérienne

(PSS) : Le Poids sec de la partie souterraine

III.2 Paramètres physiologiques**a - Teneur en eau des plants**

On fait sécher les deux parties dans une étuve à 80°C pendant 24h. Puis on les pèse avec une balance de précision.

La teneur en eau de toute la plante est la différence entre le poids frais et le poids sec. Cette différence est exprimée en pourcentage par rapport à la matière fraîche selon la formule suivante :

$$TE = (PF - PS) \times 100 / PF$$

TE : teneur en eau des plants (en %)

PF : poids frais juste après récolte (en g)

PS: poids sec après séchage à l'étuve (en g)

IV. Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un et à deux facteurs fixes de classification, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls (Dagnelie, 1999), basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par :

(logiciel R : logiciel libre de traitement des données et d'analyse statistiques) .

On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$.

Chapitre V : Résultats et discussion

Notation et évaluations des symptômes :

| Variétés | Traitements | | |
|----------|-------------|---|---------|
| | T | B | (B+Tri) |
| Guelma | 0 | 2 | 0 |
| Cx225 | 0 | 2 | 0 |

Tableau (03): notation de symptômes foliaire proposée par Vakalounakis et Fragkiadakis des plantes de tomate des variétés (Guelma, Cx225).

L'inoculation de deux variétés avec le pathogène, a permis de reproduire les symptômes de pourriture grise de tomate (Fig. 2). Le réisolement du pathogène à partir des plantules malades a été faite aisément; nous confirmons donc la présence de *B. cinerea*

Nous avons aussi remarqué que la période d'incubation varie entre 5 et 6 jours selon les isolats, tandis que la période de latence dure de 8 à 10 jours.

En considérant la réaction des variétés à l'agent pathogène de *B. cinerea* (Tableau 01), nous avons d'abord noté une absence de sensibilité chez la variété CX225 par rapport à la variété Guelma.

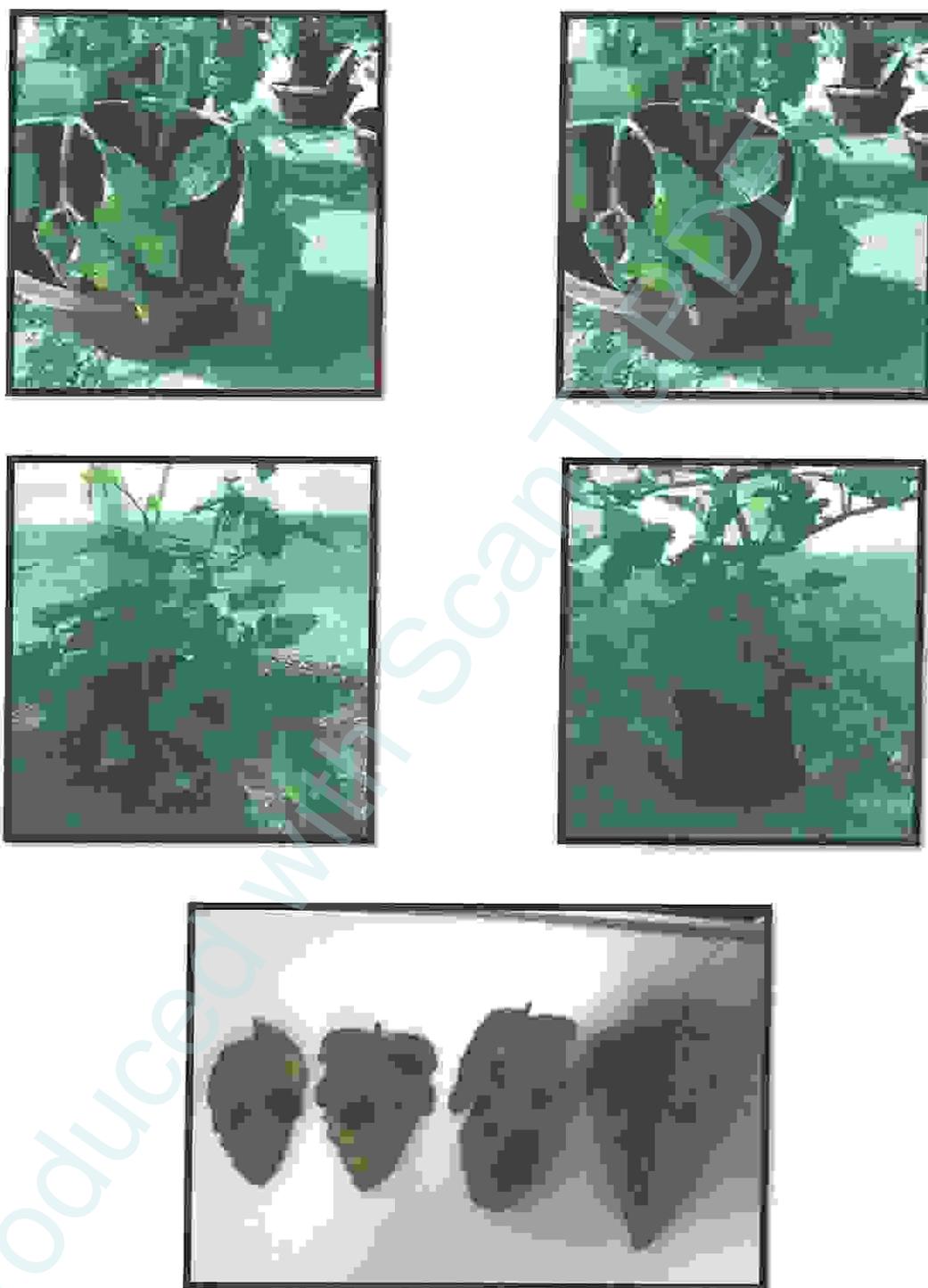


Figure (10): Symptômes de pourriture grise sur les feuilles de tomate (2014).

I. Paramètres morphologiques

I.1-Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes

a- Variété CX225

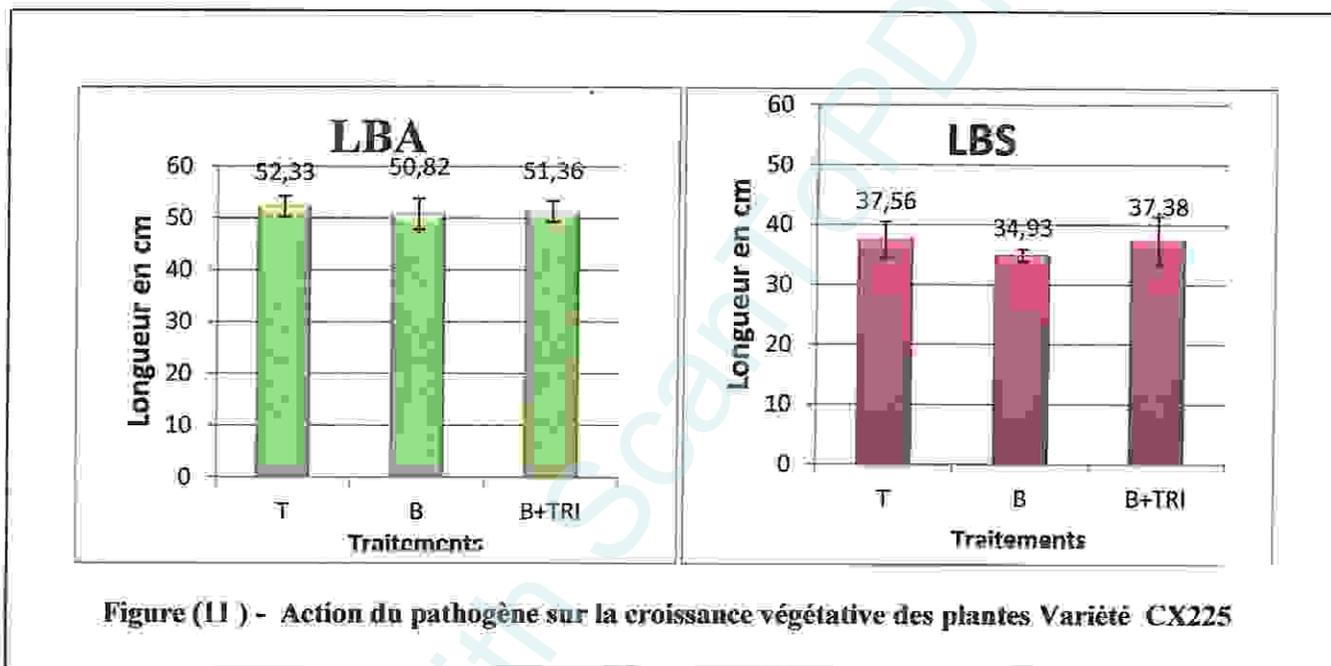


Figure (11) - Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes Variété CX225

b- Variété de Guelma

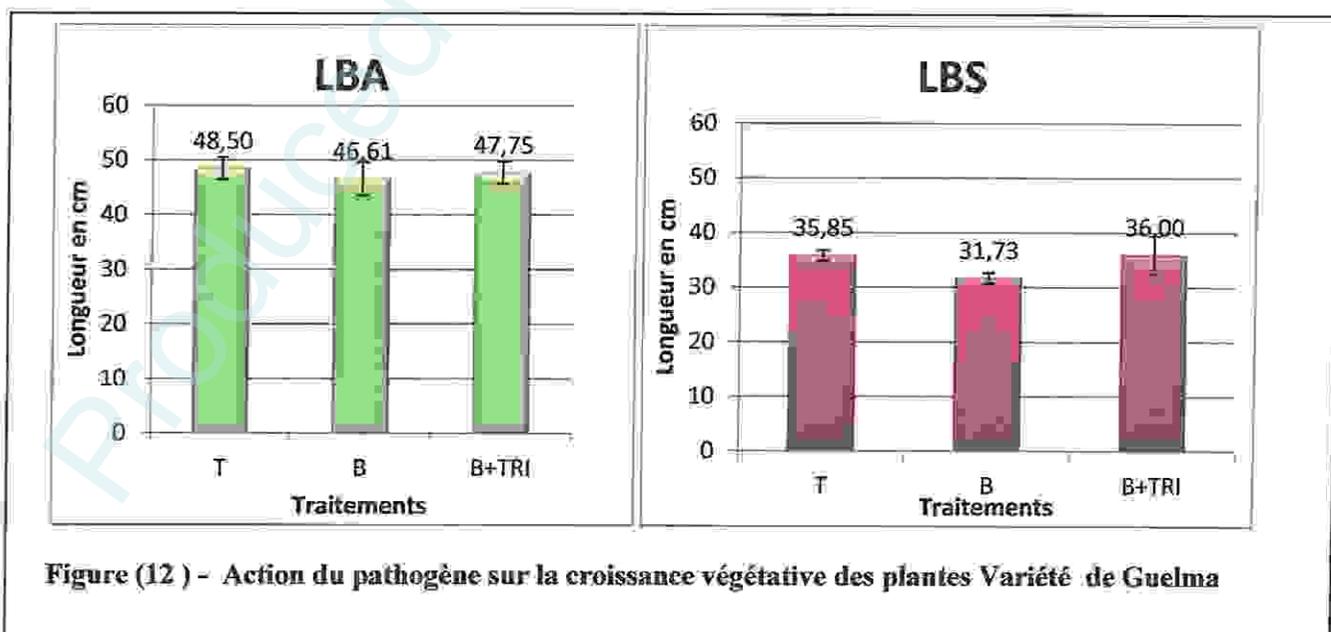


Figure (12) - Action du pathogène sur la croissance végétative des plantes Variété de Guelma

- Comparaison entre les deux variétés sous l'effet du pathogène

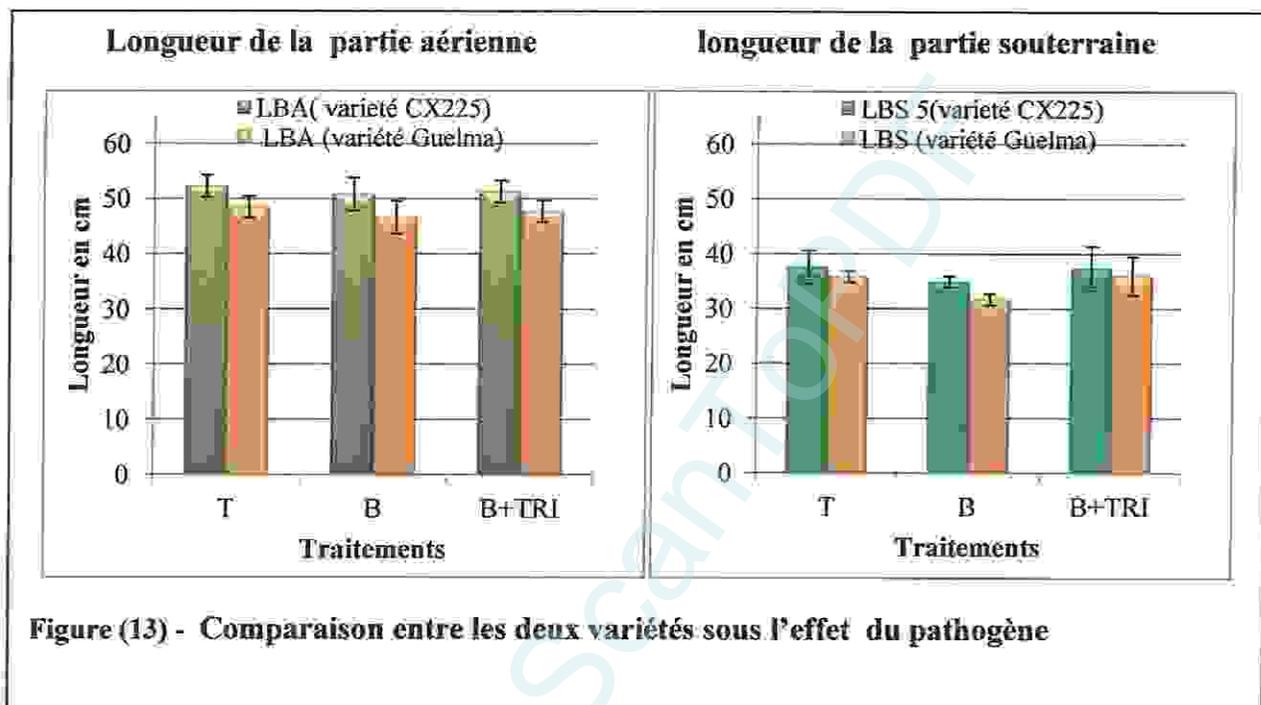


Figure (13) - Comparaison entre les deux variétés sous l'effet du pathogène

Chez les plantes saines, la longueur de la partie aérienne et souterraine de la variété CX225 est plus développée et plus importante par rapport à la variété Guelma.

Pour ce paramètre les plants inoculée par le pathogène, montre des valeurs inférieure a celle enregistrés par le témoin sain (non inoculé et non traité), ou par le mélange (antagoniste pathogène), les résultats montre que les plants traités par *T. harzianum* présentent un développement végétatif plus important (Tableau 06).

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 06) illustre que la longueur de la taille dépend fortement de la nature génotypique et du traitement imposé.

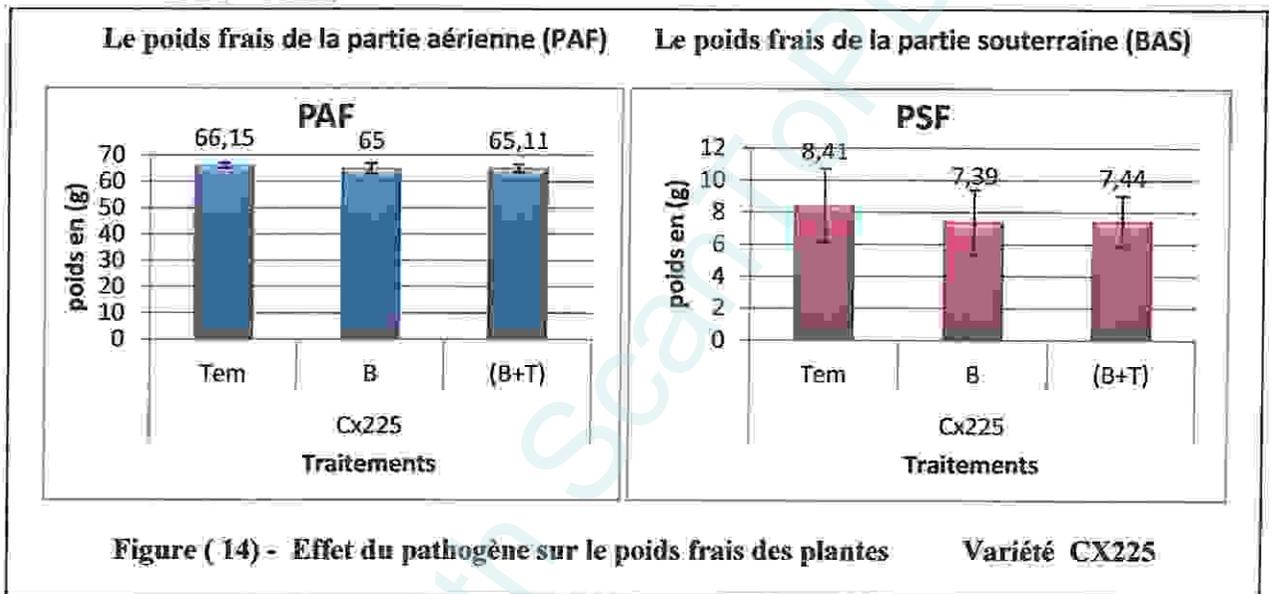
Les valeurs les plus faibles sont observés au niveau du traitement pathogène .Elles se varient entre (LBA 51,36 cm, LBS 37,38cm) pour la variété Cx225 et (LBA 47,75 cm, LBS 35,85 cm) pour le génotype Guelma.

De même, la comparaison du système racinaire des plants traités par l'antagoniste et le pathogène à celui des plants témoins inoculés par le pathogène seul, montre une nette différence entre les deux (Figure 15). On distingue aussi une différence entre les deux

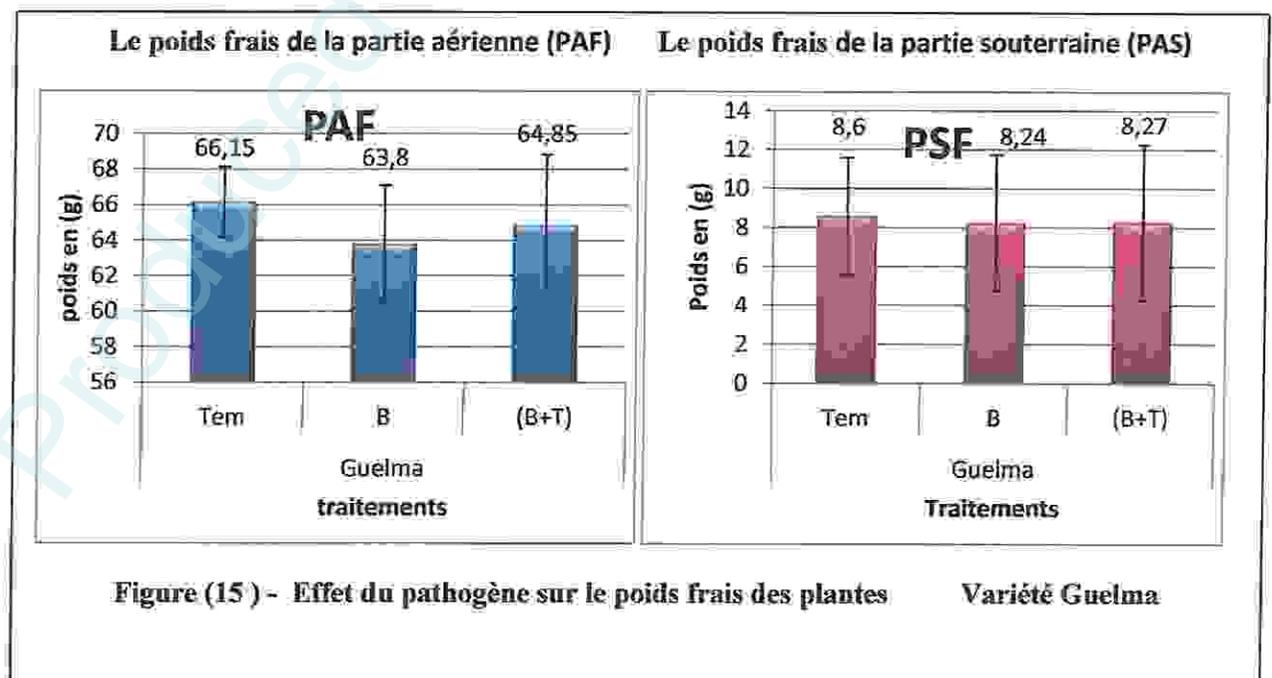
génotypes. Toutefois, il faut noter que ces plantes montrent tout de même, une protection partielle puisque leur taille est toujours significativement plus élevée que celle des plantes malades.

I.2-Effet du pathogène sur le poids frais des plantes de tomate après deux semaines

a- Variété CX225



b- Variété Guelma



-Effet du pathogène sur le poids frais des plantes de tomate après deux semaines

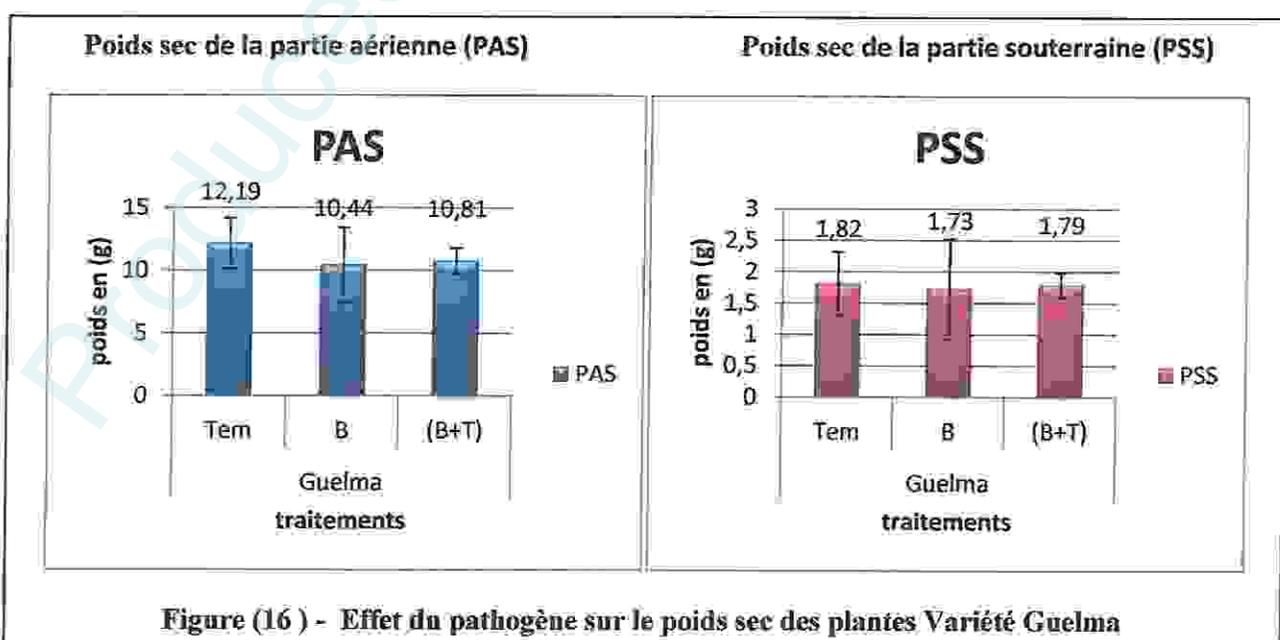
La matière fraîche produite par les plantes de deux variétés à la fin du traitement est enregistrée en figure (09 et 10).

Le rapport de biomasse est un critère important pour l'évaluation de l'effet du pathogène sur les végétaux ainsi on peut déterminer qu'elle est la partie la plus sensible est la plus résistante au stress biotique.

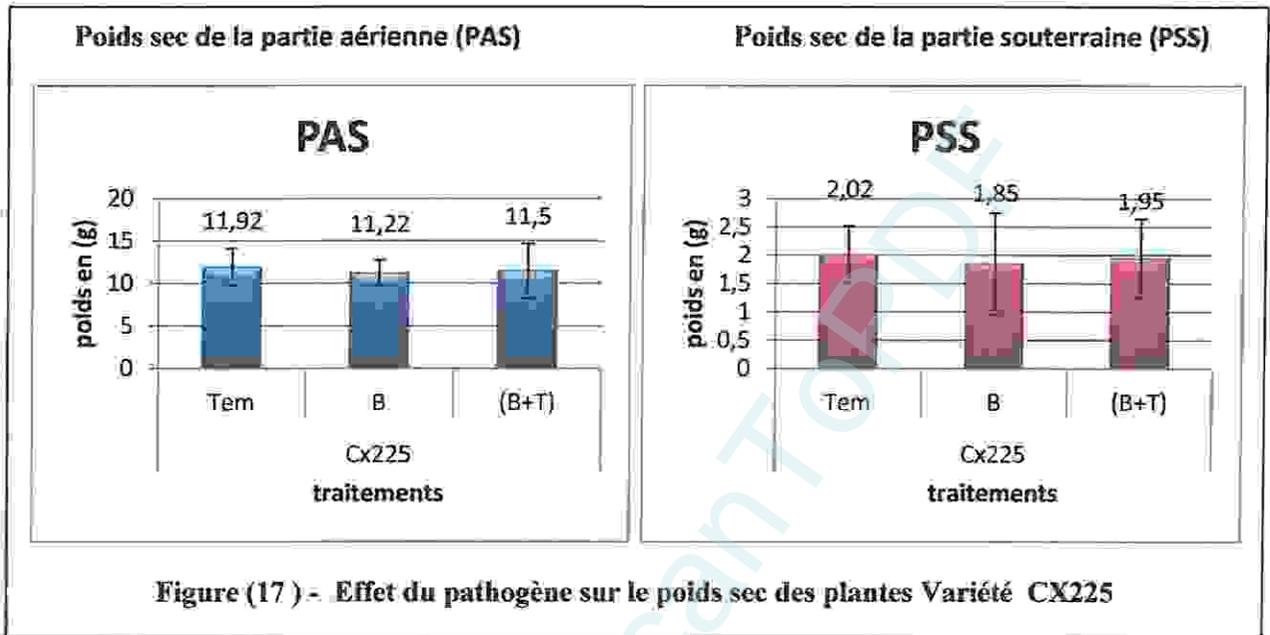
Chez la variété CX2 25, les plantes de tomate inoculées avec la souche pathogène ont montré une réduction du poids frais de la partie aérienne et souterraine illustrés aux figure (09) sont respectivement (1,74 % et 12,13 %) que celle de des plantes sains.

L'inoculation des plantes de la variété Guelma avec *B. Cinerea* induit une réduction de la croissance de poids frais de la partie aérienne et souterraine sont respectivement (2,07 % et 4,19 %) de par rapport aux témoins non inoculés

Les plantes inoculées avec le mélange des spores des deux champignons ont manifesté un développement du poids frais aussi important que celui des plantes malades inoculées avec l'isolat agressif seul.

I.3-Effet du pathogène sur le poids sec des plantes de tomate après deux semaines**a- Variété Guelma**

a- Variété CX225

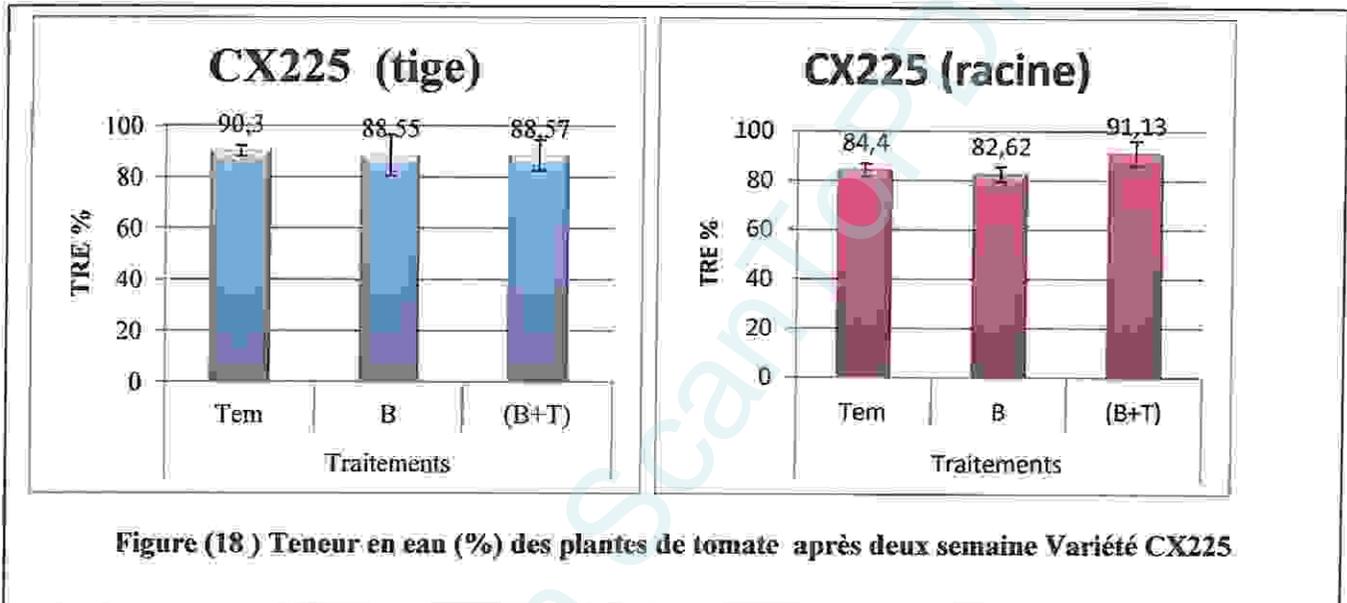


Après deux semaines de stress biotique, le pathogène a causé une réduction du poids sec de la partie aérienne et racinaire et son effet diffère selon les variétés. Le pourcentage de réduction du poids sec de la partie aérienne a varié entre 144.35 % calculé chez la variété Guelma et 5.87 % calculé chez la variété CX225. Concernant les données du pourcentage du poids sec de la partie racinaire, Guelma a le pourcentage de réduction le plus faible (4.94 %) et CX225 a le pourcentage de réduction le plus élevé (8.41 %).

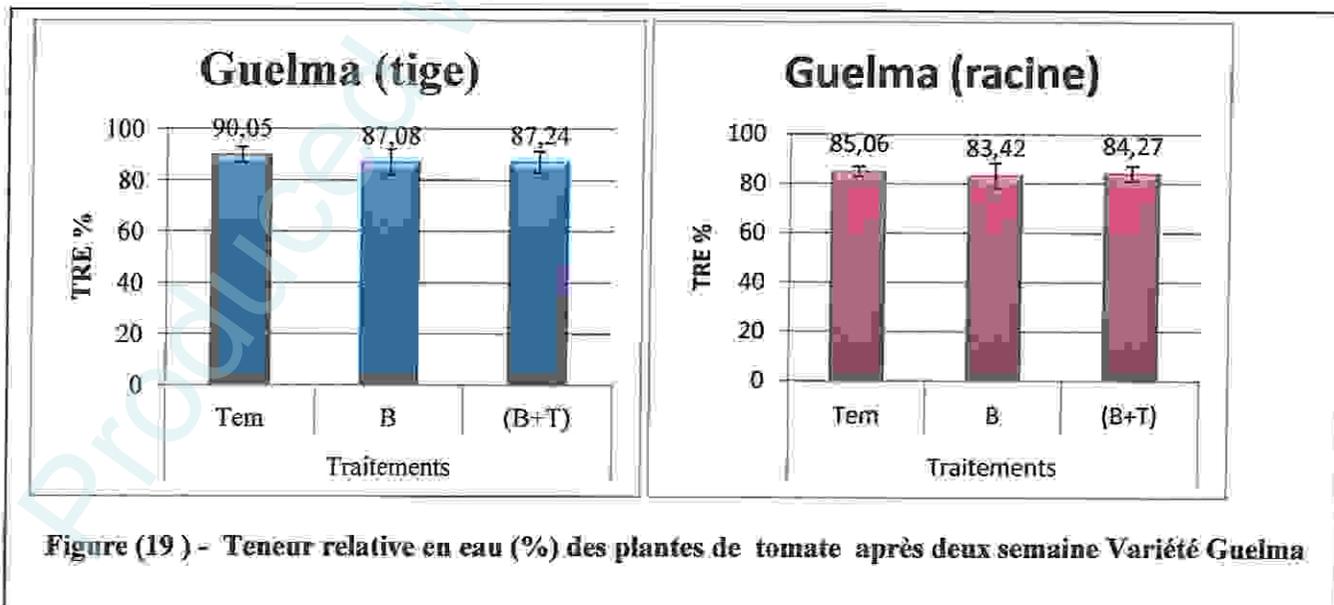
II- Paramètres physiologiques

-Teneur en eau des plants

a- Variété CX225



b- Variété Guelma



-Teneur en eau des plants

La teneur relative en eau des tissus et figure parmi les critères d'évaluation de la tolérance au stress biotique. Elle est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'hydratation des tissus qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique.

Il en ressort que la l'agent pathogène influe sur la teneur relative en eau (TRE) de deux variétés, causant une diminution de 2% et 3% quelle que soit la partie la plante, comparativement aux séries témoins (84,05% à 90,03 %).

Le traitement avec *Trichoderma*, des plante de tomate inoculées avec *Botrytis cinerea*, a permis de mettre en évidence l'efficacité du l'agent de lutte vis-à-vis du pathogène. En effet, les plantes de tomate inoculées et traitées par *Trichoderma* ont développé un système de défense important, contrairement aux plantes inoculées avec le même pathogène mais n'ayant subi aucun traitement.

Concernant le traitement avec *Trichoderma*. La valeur maximale de la TRE obtenue à partir des racines des plantes de la variété CX225 est de 91.13% et la valeur minimale de 84,27 % enregistrée par la partie souterraine de la plante de la variété Guelma.

L'influence du pathogène sur la physiologie de la plantes se manifeste donc, non seulement sur la partie aérien, mais aussi sur leurs système racinaires.

Au niveau du traitement, la valeur maximale de la teneur relative en eau est affichée par le génotype CX225 avec 91.13 % et la valeur minimale est donnée par le génotype Guelma de l'ordre 84.27% de la partie racinaires.

Analyse statistique :

Pour mettre en évidence la réponse et le comportement des deux variétés de tomate a été évalué pour différents paramètres (morphologiques, physiologiques) sous stress biotique tel la biomasse fraîche et sèche de partie aérienne (PAF) et (PAS) et la biomasse fraîche et sèche de la partie souterraine (PRF) et (PRS) des deux variétés (la variété de Guelma et CX2225) ainsi que **longueur de la biomasse** fraîche (LBF). Visuellement on peut remarquer l'effet dépressif de l'agent pathogène sur les deux variétés en absence des l'antagoniste et on remarque aussi que la partie aérienne de la variété Guelma est bien plus développée que celle de la variété CX2225.

I. La variété de Guelma :

1. La biomasse sèche aérienne (PAS) La variété Guelma

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il n'y a pas une différence significative (annexe 1 tableau A1) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche aériennes de cette variété ce qui met en évidence que, *B. cinerea* et *Trichoderma* n'ont pas une influence sur la variété de Guelma.

2. La biomasse sèche aérienne Guelma (PSA)

Pour cette variété, l'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (annexe 1 tableau A2) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche aériennes de cette variété ce qui met en évidence l'influence du *Trichoderma* sur *B. cinerea*.

3. La biomasse fraîche souterraine Guelma (PRF):

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (annexe 1 tableau A3) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse fraîche souterraine de cette variété ce qui met en évidence l'influence l'antagoniste sur l'agent pathogène.

4. La biomasse sèche souterraine Guelma (PRS):

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (annexe 1 tableau A4) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche souterraine de cette variété sous l'effet du *Trichoderma*.

II. La variété CX2225

1. La biomasse sèche aérienne (PAS)

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il n'existe pas une différence significative (annexe 1 tableau A4) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche souterraine de cette variété sous l'effet du *Trichoderma*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre aussi qu'il n'y a pas une différence (annexe 2 tableau A33) entre les deux variétés ainsi que pour l'interaction variété et traitements ce qui indique que ces deux variétés répondent de la même manière face à *B. cinerea* en présence du champignon.

2. La biomasse sèche aérienne (PSA)

Pour cette variété, l'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (annexe 1 tableau A2) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche aériennes de cette variété ce qui met en évidence l'influence du *Trichoderma* sur *B. cinerea*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence hautement significative (annexe 2 tableau A34) entre les deux variétés ainsi que pour l'interaction variété et traitements ce qui indique que ces deux variétés répondent différemment face aux différents traitements, *Trichoderma*. La variété CX2255 présente une valeur plus élevée de la PSA par rapport à la variété Guelma.

3. La biomasse fraîche souterraine (PRF):

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il n'existe pas une différence significative (annexe 1 tableau A3) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse fraîche souterraine de cette variété ce qui met en évidence que l'agent pathogène n'affectent pas cette variété.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence hautement significative (annexe 2 tableau A34) entre les deux variétés ainsi que pour l'interaction variété et traitements ce qui indique que ces deux variétés répondent différemment face aux différents traitements de *Trichoderma*. La variété Guelma présente une valeur plus élevée de la PRF par rapport à la variété CX2255.

4. La biomasse sèche souterraine (PRS):

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il n'existe pas une différence significative (annexe 1 tableau A4) entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche souterraine de cette variété sous l'effet du champignon.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (annexe 2 tableau A33) entre les deux variétés alors le contraire pour l'interaction variété et traitements ce qui indique que ces deux variétés ne répondent pas de la même manière face L'antagonisme de *T. harzianum*. La variété Guelma présente une valeur plus élevée de la PRS par rapport à la variété CX225.

Après avoir analysé les données qui concernent les paramètres morphologiques des deux variétés, on constate que les valeurs les plus élevées de la partie aériennes concerne la variété Guelma alors que la variété CX225 semble développer un système racinaire plus important que celui de la variété Guelma, cela est dû à leur différence génotypique qui confère à chacune des caractéristiques propres et lui permettent de s'adapter à des situations nouvelles et différentes de stress.

Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (Ben Naceur et al., 1998, 2001 ; Semmadi et Rahmoune, 1995; Wang et al., 2001).

La présence du *Trichoderma* a nettement fait augmenter la système racinaire et la partie aérienne des deux variétés. La partie aérienne de la variété Guelma prend la valeur la plus élevée en absence de l'agent pathogène et alors que la partie aérienne diminue fortement sous la présence de *Botrytis cinerea* Ce qui semble être en concordance avec les résultats trouvés par (Ben Khaled et al., (2003) dans un travail effectué sur le trèfle; La croissance pondérale de la partie aérienne a été réduite de 20 % à 4 g.l⁻¹ et de 44 % à 6 g.l. Le développement du système racinaire a été moins sensible, (BEN KHALED et al., 2003).

D'après les résultats que nous avons obtenus l'action favorable de L'antagonisme de

T. harzianum, sur les deux variétés paraît évidente. D'autres travaux effectués sur l'action du de *T. harzianum* et d'autres plantes mettent en évidence son effet positif, Il est connu que l'efficacité de *Trichoderma* à protéger les plantes contre les maladies est sous la dépendance des facteurs de l'environnement (Harman et al., 1981 ; Bea & Knudsen, 2000 ; Blanca et al., 2001 ; Larkin & Fravel, 2002).

Conclusion

Dans l'objectif de lutter efficacement contre le *Botrytis* par un moyen non polluant et sans inconvénients pour l'environnement, la bioprotection des tomates contre le *Botrytis* a été tentée en conditions de culture.

Le travail que nous avons effectué consistait à étudier les caractéristiques morphologiques et physiologiques des deux variétés de tomate vis-à-vis de *B. cinerea*.

Le comportement des deux variétés de tomate a été évalué pour différents paramètres (morphologiques, physiologiques) sous stress biotique

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que les effets de pathogène se manifestent au niveau de la plante entière à des degrés variables

Pour les variations morphologiques nous avons associé la croissance de la partie aérienne, la longueur racinaire, le poids sec et le poids frais.

La croissance des plantes est parmi les critères d'évaluation de l'expression du pathogène chez la tomate.

Concernant les tomates, Guelma et CX225, réagissent à l'infection par le pathogène, par un déficit de la croissance touchant la taille. En effet, la croissance des racines des plantes a été moins affectée que celle des parties aériennes. Saab et al. (1990) a rapporté que la croissance racinaire est notablement moins affectée que la croissance foliaire chez toutes les espèces connues.

La relation entre le taux de colonisation de la plante par le parasite et la sévérité de la maladie a été établie par plusieurs auteurs ; Standaert (1975) et Smith & Hardy (1982) sur le pathosystème *Fusarium*-tomate, Brand et al., (1984) sur le couple *Verticillium*-menthe et Garas et al., (1986) sur le couple *Verticillium*-coton. Selon ces auteurs, la différence de sensibilité entre les plantes hôtes réside dans l'importance de la prolifération du champignon à l'intérieur des tiges des plantes sensibles.

L'inoculation des plantes avec des spores *B. cinerea* induit une réduction du poids sec et du poids frais par rapport aux témoins non inoculés.

Le pourcentage de réduction du poids sec enregistré chez les plants stressés n'a pas été affecté de façon similaire dans les deux parties de la plante (aérienne et racinaire).

Guerrier *et al.*, (1985) et Regragui *et al.*, (1989) ont montré que l'infection des tomates avec des isolats de *V. albo-atrum* provoque des altérations de l'absorption et de l'accumulation des ions Na^+ et K^+ dans les racines et les parties aériennes ; augmentation des teneurs en sodium et diminution des teneurs en potassium. Cette perturbation de la nutrition minérale n'est pas due uniquement aux barrières physiques liées à la présence du champignon dans les vaisseaux du xylème mais également, à la libération d'enzymes et de toxines par le champignon à l'intérieur des tissus infectés.

L'analyse de la teneur relative en eau (RWC) au niveau des feuilles est considérée comme une mesure reflétant l'activité métabolique des tissus végétaux (FLOWERS *et*

LUDLOW, 1986 ; LACERDA *et al.*, 2005)

L'étude du pouvoir pathogène vis-à-vis de deux variétés différentes, nous a permis de noter une différence significative au niveau de la réaction des variétés, ce qui montre l'existence d'une variabilité phylogénétique chez les deux variétés étudiées. Nous remarquons que CX225 est sensible.

Les résultats obtenus montrent que la pré-inoculation des plantes avec les spores de *Trichoderma harziarum* a conféré aux plantes une protection positive contre le pathogène de *Botrytis*. Les mesures de la taille, du poids frais et TRE montrent un effet aussi bien en présence d'agent de lutte biologique.

Il est connu que l'efficacité de *Trichoderma* à protéger les plantes contre les maladies est sous la dépendance des facteurs de l'environnement (Harman *et al.*, 1981 ; Bea & Knudsen, 2000 ; Blanca *et al.*, 2001 ; Larkin & Fravel, 2002).

Il a été établi que *Trichoderma* est capable d'induire la résistance des plantes en activant ses réponses de défense. En plus des barrières physiques que l'hôte développe pour s'opposer à l'invasion par le pathogène.

L'antagonisme de *T. harzianum*, bien exprimé *in vitro*, a été testé *in vivo* au contact de la plante hôte. Dans les conditions normales de culture, le traitement préalable de tomate par les spores de l'antagoniste a conféré aux plantes une protection positive qui s'est exprimée par la réduction de l'action dépressive du parasite sur la croissance des plantes.

Les mécanismes de défense des plantes sont complexes et font appel à des mécanismes cellulaires, biochimiques et moléculaires. Plusieurs travaux ont mis en évidence la synthèse des protéines PR (Pathogenesis related) et des phytoalexines. Howell et al. (2000) ont pu isoler des terpénoïdes des racines de coton inoculées avec *Trichoderma virens*. Ces molécules possèdent des propriétés antifongiques contre *R. solani*. D'autres phytoalexines extraites des feuilles de luzerne à la suite d'inoculation incompatible inhibent la germination des spores de *V. albo-atrum* et freine la progression du champignon dans la totalité de la plante (Flood & Milton, 1982). Ce dernier point vient reconforter notre résultat concernant le retard de la colonisation des tiges par l'agent pathogène chez les plantes de tomate protégées par *T. harzianum*.

L'une des réponses les plus courantes chez les plantes suite aux attaques des pathogènes est la formation de nouveaux composants qui viennent renforcer la paroi, tels que les dépôts de polysaccharides, de lignine, de subérine et l'accumulation de protéines riches en hydroxyproline (HRGP) (Benhamou et al., 1996a).

Conclusion et perspectives

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) de la famille des Solanacées, est l'un des légumes la plus dominé dans le monde entier. En revanche, sa culture est confrontée à de nombreuses contraintes qui affectent le rendement et la qualité des fruits, principalement les maladies d'origines fongiques.

La pourriture grise de la tomate dont l'agent pathogène est *Botrytis cinerea* Pers., représente actuellement l'une des principales maladies de cette culture en Algérie.

Les différents tests ecophysiological ont montré que la souche isolée appartient à l'espèce *Botrytis cinerea*.

Le test de pathogénicité effectué sur des feuilles saines de tomate a produit des taches brunes correspondant aux symptômes provoqués par la maladie de la pourriture grise.

L'approche de la lutte biologique reposait sur le test, in vitro, de certains microorganismes vis-à-vis de l'agent pathogène. Parmi ces derniers, *Trichoderma harzianum* a été retenu pour des essais in vivo en raison de son action inhibitrice très important à l'égard de *Botrytis cinerea*.

L'antagonisme de *T. harzianum*, a été testé in vivo a conféré aux plantes une protection positive qui s'est exprimée par la réduction de l'action dépressive du parasite sur la croissance des plantes.

Nous pensons que ce travail apportera une contribution à la connaissance l'action antagoniste de *T. harzianum* vis-à-vis de *Botrytis cinerea* et ouvrira des perspectives intéressantes pour des études de l'influence de quelques facteurs de l'environnement sur l'aptitude de *Trichoderma harzianum* à supprimer les agents phytopathogènes.

❖ ANNEXE :

A. ANOVA a un facteur (Teneur en eau de la biomasse végétale)

1. La biomasse fraîche aérienne Guelma (PAF):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|------|-------|----------|
| Guelma | 36.4 | 3 | 12.1 | 0.348 | 0.790484 |
| Error | 1534.1 | 44 | 34.9 | | |

2. La biomasse sèche aérienne Guelma (PSA):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|-------|--------|----------|
| Guelma | 24.790 | 3 | 8.263 | 10.523 | 0.000024 |
| Error | 34.553 | 44 | 0.785 | | |

3. La biomasse fraîche souterraine Guelma (PRE):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|---------|------------------|--------|-------|----------|
| Guelma | 54.944 | 3 | 18.315 | 5.965 | 0.001670 |
| Error | 135.105 | 44 | 3.071 | | |

4. La biomasse sèche souterraine Guelma (PRS):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|--------|-------|----------|
| Guelma | 1.1756 | 3 | 0.3919 | 8.967 | 0.000096 |
| Error | 1.9249 | 44 | 0.0437 | | |

B. ANOVA a deux facteurs (Teneur en eau de la biomasse végétale+ variété)**PAF Guelma+CX2255**

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|---------|--------|------------------|------|------|----------|
| mil | 40.5 | 3 | 13.5 | 0.35 | 0.788446 |
| var | 0.9 | 1 | 0.9 | 0.02 | 0.879097 |
| mil*var | 8.8 | 3 | 2.9 | 0.08 | 0.972657 |
| Error | 3384.6 | 88 | 38.5 | | |

PAS Guelma+CX2255

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|---------|--------|------------------|-------|--------|----------|
| mil | 22.076 | 3 | 7.359 | 10.077 | 0.000009 |
| var | 9.004 | 1 | 9.004 | 12.329 | 0.000708 |
| mil*var | 14.399 | 3 | 4.800 | 6.572 | 0.000463 |
| Error | 64.264 | 88 | 0.730 | | |

C. ANOVA a deux facteurs (teneur en eaux de la biomasse végétale+ variété)**PRF Guelma+CX2255**

| | SS | Degr of Freedom | MS | F | p |
|---------|--------|-----------------|-------|--------|----------|
| mil | 5.85 | 3 | 1.95 | 0.672 | 0.571655 |
| var | 52.26 | 1 | 52.26 | 17.994 | 0.000055 |
| mil*var | 97.23 | 3 | 32.41 | 7.716 | 0.000124 |
| Error | 255.58 | 88 | 2.90 | | |

1. La biomasse fraîche aérienne CX2255 (PAF):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|------|-------|----------|
| CX2255 | 12.9 | 3 | 4.3 | 0.102 | 0.958453 |
| Error | 1850.5 | 44 | 42.1 | | |

2. La biomasse sèche aérienne CX2255 (PSA):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|-------|-------|----------|
| CX2255 | 11.685 | 3 | 3.895 | 5.768 | 0.002040 |
| Error | 29.712 | 44 | 0.675 | | |

3. La biomasse fraîche souterraine CX2255 (PRF):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|---------|------------------|-------|-------|----------|
| CX2255 | 18.137 | 3 | 6.046 | 2.208 | 0.100544 |
| Error | 120.475 | 44 | 2.738 | | |

4. La biomasse sèche souterraine CX2255 (PRS):

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|--------|--------|------------------|--------|-------|----------|
| CX2255 | 0.2915 | 3 | 0.0972 | 1.670 | 0.187331 |
| Error | 2.5612 | 44 | 0.0582 | | |

PRS Guelma+CX2255

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|---------|--------|------------------|--------|--------|----------|
| mil | 0.6197 | 3 | 0.1732 | 3.398 | 0.021293 |
| var | 2.0068 | 1 | 2.0068 | 39.366 | 0.000000 |
| mil*var | 0.9474 | 3 | 0.3158 | 6.195 | 0.000722 |
| Error | 4.4861 | 88 | 0.0510 | | |

A. ANOVA a deux facteurs (longueur de la biomasse végétale+ variété)**LBS Guelma+CX2255**

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|---------|-------|------------------|-------|-------|----------|
| mil | 6.5 | 3 | 2.2 | 0.60 | 0.616626 |
| var | 157.4 | 1 | 157.4 | 43.64 | 0.000000 |
| mil*var | 7.2 | 3 | 2.4 | 0.66 | 0.578546 |
| Error | 318.2 | 88 | 3.6 | | |

LBF Guelma+CX2255

| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
|---------|--------|------------------|-------|--------|----------|
| mil | 5.85 | 3 | 1.95 | 0.672 | 0.571655 |
| var | 62.26 | 1 | 62.26 | 17.994 | 0.000055 |
| mil*var | 67.23 | 3 | 22.41 | 7.716 | 0.000124 |
| Error | 255.58 | 88 | 2.90 | | |

Références bibliographiques

- Références bibliographiques :

- Adams, N. R. (1990).** Phyto-Oestrogens. In: Sheep Medicine. Refresher Course For Veterinarians Proc 141. P 19. Postgraduate Committee In Veterinary Science, University Of Sydney, Sydney, Australia
- Agrios, G. N. (1988).** Plant Pathology. 3rd. Ed. Academic Press, Inc., New York, Pp. 1-803.
- Agrios, G.N. 2005.** Plant Pathology. Elsevier Academic Press, Oxford, Uk, P. 922.
- Alfonso, C., Raposo, R., And Melgarejo, P. 2000.** Genetic Diversity In *Botrytis Cinerea* Populations On Vegetable Crops In Greenhouses In South-Eastern Spain. Plant Pathology 49: 243-251.
- Amina Regragui& Lahlan H. ,2005 .** Contribution A L'étude De L'influence De La Salinité Sur Le Couple Tomato -Verticillium : Conséquences Physiologiques Et Impact Sur La Bioprotection Des Tomates Contre La Verticilliose. Université Mohammed V- Agdal Faculté Des Sciences Rabat.
- Andrew F., 2001.** The Tomato In America, Early History, Culture, And Cooking, University Of Illinois Press, 2001, (Isbn 0252070097), P. 15.
- Anonyme1, 2010.** Caractéristiques Et Importance De La Tomate. Inra. Pp 2-8.
- Anonyme1, 2011.** [Http://Fr.Wikipedia .Org /Wikipedia.Org/Wiki.](http://fr.wikipedia.org/wiki/)
- Anonyme2, 2011.** [Http://Koppert.Fr/Ravageurs,](http://koppert.fr/ravageurs) Chenilles-Papillons Lépidoptères. 23p.
- Anonyme2., 2007.** Sarl Casap. Variétés De Tomate. (Pdf).3p
- Arla, 2002.** Fongicide Biologique Rootshield *Trichoderma Harzianum* Rifai Souche Krl-Ag2. Note Réglementaire Reg2002-01. Santé Canada, 27pp.
- Bartnicki-Garcia, 1968.** Cell Wall Chemistry, Morphogenesis, And Taxonomy Of Fungi Annual Review Of Microbiology Vol. 22: 87-108
- Benhamou, N., Kloepper, J.W., Quadt-Hallman, A. Et Tuzun, S. (1996b)** Induction Of Defense-Related Ultrastructural Modifications On Pea Root, Tissues Inoculated With Endophytic Bacteria. *Plant Physiology* 112 :919-929.
- Berg, G., Krechel, A., Ditz, M., Sikora, R.A., Ulrich, A. Et Hallmann, J. (2005)** Endophytic And Ectophytic Potato-Associated Bacterial Communities Differ In Structure And Antagonistic Function Against Plant Pathogenic Fungi. *Fems Microbiology Ecology* 51 : 215-229.

Références bibliographiques

- Bersi M., 2010. Principales Maladies Cryptogamiques De La Tomate Et Stratégies De Lutte. Inra. P 2-8.
- Besnard O. & Davet P. 1993. Mise En Evidence De Souches De *Trichoderma* Spp. A La Fois Antagonistes De *Pythium Ultimum* Et Stimulatrices De La Croissance Des Plantes. *Agronomie*, 13, 413-421.
- Bissett, J. 2004. Commentaires De L'adresse Internet Suivante : [Http ://Www.Medicalglossary.Org/Fungi_Mitosporic_Fungi_Definitions.Html](http://www.Medicalglossary.Org/Fungi_Mitosporic_Fungi_Definitions.Html).
- Blakeman, J.P. 1980. Behaviour Of Conidia On Aerial Plant Surfaces, P. 115-151, In: The Biology Of *Botrytis*. J. R. Coley-Smith, K. Verhoeff And W. R. Jarvis, Eds. Academic Press, London, U.K.
- Blancard D., 1988. Maladies De La Tomate Observée, Identifiée, Luttée. Ed. Inra, Paris. 232p.
- Blancard D., 2009. Les Maladies De La Tomate. Identifier Les Maladies Diagnostic Edit. Quae, France 679p.
- Blancard D., 2010. Identifier Les Maladies Diagnostic Guide Anomalie, Altération Des Fruits. Ed. Inra, Paris Pp45-56
- Brady N.C. And Weil R.R., 2002. The Nature And Properties Of Soils. 13th Edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nj, Usa.
- Buysens, S., Heungens, K., Poppe, J. Et Höfte, M. (1996) Involvement Of Pyochelin And Pyoverdin In Suppression Of *Pythium*-Induced Damping-Off Of Tomato By *Pseudomonas Aeruginosa* Tnsk2. *Applied And Environmental Microbiology* 62 : 865-871.
- Camporota, P., 1985. Antagonisme In Vitro De *Trichoderma* Spp. Vis-A-Vis De *Rhizoctonia Solani* Kühn. *Agronomie*, 5 (7) : 613-620.
- Caron, J., L. Laverdière, P.O. Thibodeau Et R.R. Bélanger, 2002a. Utilisation D'une Souche Indigène De *Trichoderma Harzianum* Contre Cinq Agents Pathogènes Chez Le Concombre Et La Tomate De Serre Au Québec. *Phytoprotection* 83 : 73-87.
- Caron, J., P.O. Thibodeau Et R.R. Bélanger. 1994b. Evaluation D'un Biofongicide A Base De *Trichoderma* Comme Agent De Lutte Biologique Contre La Moisissure Grise (*Botrytis Cinerea*) Dans La Production De La Tomate De Serre. Rapport De Recherche, Club D'encadrement Technique Pro-Serre. 52 Pp.
- Caron. Johanne. 2002. Phytopathologiste Horti-Protection Inc. Conférence Présentée Lors Des Journées Horticoles Régionales A St-Rémi
- Carsolio C Benhamou N , Haran S Cortés C Gutiérrez.A, Chet I , And Herrera- Estrella A (1999) . *Environ Microbiol*65 :929-935.

Références bibliographiques

- Chaux C.L. Et Foury C.L., 1994.** Cultures Légumières Et Maraichères. Tome Iii : Légumineuses Potagères, Légumes Fruit ,Tec Et Doc Lavoisier, Paris. 563p
- Chen, C., Bauske, E.M., Musson, G., Rodriguezkabana, R. Et Kloepper, J.W. (1995)** Biological Control Of Fusarium Wilt On Cotton By Use Of Endophytic Bacteria. *Biological Control* 5 : 83-91.
- Chet, I., Benhamou, N. & Haran, S. (1998)** . Mycoparasitism And Lytic Enzymes. In: Harman, G.E. & Kubicek, C.P. (Eds.) Trichoderma And Gliocladium. Vol 2. Enzymes, Biological Control, And Commercial Applications. Taylor & Francis, London. 153–172.
- Clark, C. A. & Lorbeer, J. W. (1976).** Comparative Histopathology Of *Botrytis Squamosa* And *Botrytis Cinerea* On Onion Leaves. *Phytopathology*, 66, 1279-1289.
- Collins, D.P. And Jacobsen, B.J. (2003).** Optimizing A *Bacillus Subtilis* Isolate For Biological Control Of Sugar Beet Cercospora Leaf Spot. *Biol. Control*. 26(2):153-161.
- Corbineau F. Et Core A., 2006.** Dictionnaire De La Biologie Des Semences Et Des Plantules. Ed .Tec Et Doc. Lavoisier. 226p.
- Cournut. B. 1984.**Le Genre *Trichoderma* Hyphomycètes. Th. : Pharmacie : Marseille; 77 P.
- Coutos-Thevenot, P., Poinssot, B., Bonomelli, A., Yean, H., Breda, C., Buffard, D., Esnault, R., Hain, R., Et Boulay, M. (2001)** *In Vitro* Tolerance To *Botrytis Cinerea* Of Grapevine 41b Rootstock In Transgenic Plants Expressing The Stilbene Synthase Vst1 Gene Under The Control Of A Pathogen-Inducible Pr 10 Promoter. *Journal Of Experimental Botany* 52 : 901-910.
- Cronquist A., 1981.** An Integrated System Of Classification Of Following Plants.Colombianniversity. 1256p.
- Csizinszky A .A.,Schtester D.J.,Jons J.B Et Van Lenteren J.C ., 2005** . Tomatoes : Edited By Ep Heuvelink. Corp Production Science In Horticulture (13) . Ibsn 0 851993966 Cabi Publishing Pages235.
- D'ercole, N., P. Nipoti, L. Di Pillo And F. Gavina, 2000.** In Vitro And In Vivo Tests Of Trichoderma Spp. As A Biocontrol Agent Of Verticillium Dahliae Kleb. In Eggplants. In : Advances In Verticillium Research And Disease Management, Aps Press, Pp: 260-263.
- Datnoff, L.E., Nemecek, S., & Pernezny, K. (1995).** Biological Control Of Fusarium Crown And Root Rot Of Tomato In Florida Using Trichoderma Harzianum And Glomus Intraradices. *Biological Control*, 5, 427–431.
- Davidson, J.A., And Krysinska-Kaczmarek, M. 2007.** Effects Of Inoculum Concentration, Temperature, Plant Age And Interrupted Wetness On Infection Of Lentil (*Lens Culinaris*) By *Botrytis* Spp. Conidia. *Australasian Plant Pathology* 36: 389-396.

Références bibliographiques

- Doehlemann, G., Berndt, P., And Hahn, M. 2006.** Trehalose Metabolism Is Important For Heat Stress Tolerance And Spore Germination Of *Botrytis Cinerea*. *Microbiology* 152: 2625-2634.
- Dorby, S And Chalutz, E. 1994.** Mode Of Action Of Biocontrol Agents For Postharvest Diseases. In *Biological Control Of Postharvest Diseases Of Fruits And Vegetables* Crc Press, Boca Raton, Florida, Pp 63-75 .
- Dore C. Et Varoqaux F., 2006.** Histoire Et Amélioration De Cinquante Plantes Cultivées. Ed. Inra, Paris. 698p.
- Duijff, B.J., Meijer, J.W., Bakker, P.A.H.M. Et Schippers, B. (1993)** Siderophore-Mediated Competition For Iron And Induced Resistance In The Suppression Of Fusarium Wilt Of Carnation By Fluorescent *Pseudomonas* Spp. *Netherland Journal Of Plant Pathology* 99 : 277-289.
- Eden Ma, Hill Ra, Beresford R, Stewart A, 1996.** The Influence Of Inoculum Concentration, Relative Humidity And Temperature On Infection Of Greenhouse Tomatoes By *Botrytis Cinerea*. *Plant Pathology* 45, 795–806.
- Elad Y, Hadar Y, Hadar E, Chet I, Henis Y (1981)** Biological Control Of *Rhizoctonia Solani* By *Trichoderma Harzianum* In Carnation. *Plant Dis* 65:675–677
- Elad, Y. 1997.** Effect Of Filtration Of Solar Light On The Production Of Conidia By Field Isolates Of *Botrytis Cinerea* And On Several Diseases Of Greenhouse-Grown Vegetables. *Crop Protection* 16: 635-642.
- Elad, Y., And Stewart, A. 2004.** Microbial Control Of *Botrytis* Spp, P. 223-241, In: *Botrytis: Biology, Pathology And Control*, Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski And N. Delen, Eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Esposito, E. & Silva, M. 1998.** Systematics And Environmental Application Of The Genus *Trichoderma*. *Crit. Rev. Microbiol.*, N° 24, Vol.2 : 89-98
- Essalmani H & Lahlou H (2002)** Etude In Vitro De L'activité Antagoniste De Quelques Microorganismes A L'encontre De *Fusarium Oxysporum* F. Sp. Lentis. *Cryptogamie, Mycologie* 23: 221-234
- Essington M.E., 2004.** Soil And Water Chemistry, An Integrative Approach. Crc Press, Usa.
- Farr, D. F., G. E. Bills, G. P. Chamuris, And A. Y. Rossman. 1989.** Fungi On Plant And Plant Products In The United States. Aps Press, St. Paul, Mn. P.496.
- Farr, D., Bills, G.F., Chamuris, G.P., And Rossman, A.Y. 1989.** Fungi On Plants And Plant Products In The United States. Aps Press, St Paul, Usa, 1252 P.
- Franks Et Al., 2006** .Molecular Targets Underlying General Anaesthesia
- Fravel, D. R. (2005).** Commercialization And Implementation Of Biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43:337-359.

Références bibliographiques

- Fravel, D.R., Rhodes, D.J. And Larkin, R.P. (1999). Production And Commercialization Of Biocontrol Products. In *Integrated Pest And Disease Management In Greenhouse Crops*, Edited By R. Albajes, M. L. Gullino, J. C. Van Lenteren And Y. E. Elad: Dordrecht: Kluwer.
- Gallais A. Et Bannerot H., 1992. Amélioration Des Espèces Végétales Cultivées Objectif Et Critères De Sélection. Inra, Paris. 765p.
- Gausson H., Lefoy J. Et Ozenda P., 1982. Précis De Botanique. Deuxième Ed. Masson, Paris. 172p.
- Guenaoui Y .,(2010) *Teranychus Avansi* (Baker & Pritchard) (Acari, Teranychidae) Acarien Invasif Signal Sur Culture De Tomate A Mostaganem Dans Le Nord West De L'algerie .Bultin Oepp/Eppo Bultin 40 , P193-195.
- Haggag Wm , Amin Aw. 2001. Efficiency Of *Trichoderma* Species In Control Of Fusarium-Rot, Root Knot And Reniform Nematodes Disease Complex On Sunflower. Pakistan J. Biological Sciences 4:314-318.
- Harman Et AL., 1996. Biological And Integrated Control Of Botrytis Bunch Rot Of Grape Using *trichoderma*spp
- Harman, G.E. 2000. Myths And Dogmas Of Biocontrol: Changes In Perceptions Derived From Research On *Trichoderma Harzianum* T-22. Plant Disease 84 : 377-393.
- Heller R., 1981. Physiologie Végétale. Tome I : Nutrition. 2ème Edition Masson
- Hjeljord, L.G., Stensvand, A. And Tronsmo, A. (2000). Effect Of Temperature And Nutrient Stress On The Capacity Of Commercial *Trichoderma* Products To Control *Botrytis Cinerea* And *Mucor Piriformis* In Greenhouse Strawberries. *Biol. Control*. 19(2):149-160.
- Howell, C.R. 2003. Mechanisms Employed By *Trichoderma* Species In The Biological Control Of Plant Diseases: The History And Evolution Of Current Concepts. Plant Disease 87 : 4-10.
- Howell,C.R.,2002.Cotton Seedling Preemegence Damping-Off Incited By *Rhizopus Oryzae* And *Pythium* Spp. And Its Biological Control With *Tricohoderma* Spp.*Phytopathology* 92, 177-180.
- Jarvis, W.R. 1980. Epidemiology, P. 219-50, In: The Biology Of *Botrytis*. J. R. Coley-Smith, K. Verhoeff And W. R. Jarvis, Eds. Academic Press, London, Uk.
- Keren R., 2000. Salinity. In: Sumner M.E. (Ed). *Handbook Of Soil Science*. Crc Press, Ny, Usa, Pp G3-G25.
- Kolev N., 1976. Les Cultures Maraichères En Algérie .Tome I .Légumes Fruits .Ed. Ministre De L'agriculture Et Des Reformes Agricoles. 52p.
- Kosuge, T., And Hewitt, W.B. 1964. Exudates Of Grape Berries And Their Effect On Germination Of Conidia Of *Botrytis Cinerea*. *Phytopathology* 54: 167-172.

Références bibliographiques

- Kouassi, M. (2001).** La Lutte Biologique: Une Alternative Viable A L'Utilisation Des Pesticides? *Vertigo*, 2(2).
- Kubicek, C.P. ; Bissett, J. ; Druzhinina, L., Kullnig-Gradinger, C. And Szakacs, G., 2003.** Genetic And Metabolic Diversity Of *Trichoderma Sp.*: A Case Study On South-East Asian Isolates. *Fungal Genet. Biology*, 38 (3) : 310-319
- Kubicek, C.P. ; Bissett, J. ; Druzhinina, L., Kullnig-Gradinger, C. And Szakacs, G., 2003.** Genetic And Metabolic Diversity Of *Trichoderma Sp.*: A Case Study On South-East Asian Isolates. *Fungal Genet. Biology*, 38 (3) : 310-319
- Lambert, L., J. Caron Et T. Chouffot, 2002.** Avertissement Phytosanitaire Des Cultures En Serre. Réseau D'avertissements Phytosanitaires, No.10. Page Consultée Le 22 Juillet 2003. Adresse Url: [Http://Www.Agr.Gouv.Qc.Ca/Dgpar/Rap/Cs02.Htm](http://www.agr.gouv.qc.ca/dgpar/rap/cs02.htm)
- Landreau, A. 2001.** Métabolites D'une Souche De *Trichoderma Koningii Oudemans* Isolée Du Milieu Marin : Etude Chimique, Biologique Et Risques Pour Les Coquillages En Culture. Th. : Pharmacie : Nantes : 201 P.
- Larkin, R.P. And Fravel, D.R. (2002).** Effects Of Varying Environmental Conditions On Biological Control Of *Fusarium* Wilt Of Tomato By Nonpathogenic *Fusarium Spp.* *Phytopathology*, 92(11):1160-1166.
- Latigui A., 1984.** Effets Des Différents Niveaux De Fertilisation Potassique Sur La Fructification De La Tomate Cultivée En Hiver Sous Serre Non Chauffée. Thèse Magister. Ina El-Harrach.
- Laumonier R., 1979.** Cultures Légumières Et Maraichère. Tome Iii. Ed. Bailliere, Paris. 279p.
- Leboeuf J.M., Cuppels D. Et Jim D., 2005.** Agriculture Et Agroalimentaire, Tomate Solution, Ron Pitblado, Collège De Ridgtown, Steve Loewen, Canada. Pp25
- Leroux, P. 2004.** Chemical Control Of *Botrytis* And Its Resistance To Chemical Fungicides, P. 195-222, In: *Botrytis: Biology, Pathology And Control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski And N. Delen, Eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Leroux, P., Chapeland, F., Desbrosses, D., And Gredt, M. 1999.** Patterns Of Cross-Resistance To Fungicides In *Botryotinia Fuckeliana (Botrytis Cinerea)* Isolates From French Vineyards. *Crop Protection* 18: 687-697.
- Levy G.J., 2000.** Sodicity. In: Sumner M.E. (Ed). *Handbook Of Soil Science*, Crc Press, Ny, Usa, Pp G27-G62.
- Lifshitz, R., Windham, M.T. And Baker, R. (1986).** Mechanism Of Biological Control Of Preemergence Damping-Off Of Pea By Seed Treatment With *Trichoderma Spp.* *Phytopathology* 76: 720-725.

Références bibliographiques

- Loïc Wacquant 1995** . Pugs At Work: Bodily Capital And Bodily Labour Among Professional Boxers
- Lorito, M. And S.L.Woo.(1998)**. Advances In Understanding The Antifungal Mechanism(S) Of *Trichoderma* And New Applications For Biological Control. In Molecular Approches In Biological Control, Vol,21(9) ,Eds. B .Duffy, U . Rosenberger, And G. Défago . Iobc Wprs Bulletin/ Oilb Srop, Dijon, France, Pp. 73-80
- M.L., Nicot P., Trottin Y., 2003**. Colloque International Tomato Sous Abri : Protection Intégrée, Agriculture Biologique, Ed. Inra, Ctifl (Centre Technique Professionnel Des Fruits Et Légumes), Provence-Alpes-Côte D'azur, Agropac .232p
- Maryline Magnin-Robert .2007** . Protection De La Vigne Contre Botrytis Cinerea Et Stimulation Des Mecanismes De Defense A L'aide De Bacteries Issues Du Vignoble Champenois P.29
- Mazliak P ., (1995)** Physiologie Des Stress .Ed . Hermann,432 P
- Mendoza Garcia, R.A., Martijn Ten Hoopen, G., Kass, D.C.J., Sanchezgarita, V.A. And Krauss, U. (2003)**. Evaluation Of Mycoparasites As Biocontrol Agents Of *Rosellinia* Root Rot In Cocoa. *Biol. Control*. 27(2):210-227.
- Messienc C.M., Cohat J., Leroux J.P., Pichon M., Beyriesa, 1993**. Les Allium Alimentaires Reproduits Par Voie Végétative. Inra Editions. 230 Pp
- Mezaache, Samia., 2012** . Localisation Des Déterminants De La Suuppression De Quelques Souches De Pseudomonas Isolées De La Rhizosphère De La Pomme De Terre ,P 146
- Meziane H., Van Der Sluis I., Van Loon L.C., Hoft M. And Bakker P.A.H.M. (2005)** . Determinants Of Pseudomonas Putida Wcs358 Involved In Inducing Systemic Resistance In Plants .M Olecular Plant Pathology 6:177-185.
- Mohamed H.A.A. Et Haggag W.H., 2003**. Biocontrol Potential Of Salinity Tolerant Mutants Of *Trichoderma Harzianum* Against Wild Of Tomato. Colloque International Tomato Sous Abri. Avignon, 17, 18 Et 19 Septembre 2003
- Moussaoui ,Meriem . 2009** . Développement Et Extraction Des Métabolites Secondaires De *Trichoderma Viride* Et Leurs Effets Biologiquement Actifs . P13
- Munro B. Et Small E., 1997**. Les Légumes Du Canada, Ed. Val. Morin, Québec, Canada. 436p.
- N'djamena K., 1995**. Tomato : Ravageurs Et Maladies. Edit Clm. 145p.
- Naidu R. And Rengasamy P., 1993**. Ion Interactions And Constraints To Plant Nutrition In Australian Sodic Soils. *Australian Journal Of Soil Research* 31: 801-819.
- Naika S., De Jeud J.V.L., De Jeffau M., Hilmi M. Et Vandam B., 2005**. La Culture De Tomato, Production, Transformation Et Commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.

Résumé

Depuis quelques années, la protection biologique contre les agents phytopathogènes connaît un regain d'intérêt, alimenté par le souci croissant d'une meilleure protection de l'environnement, et par le désir de qualité des produits imposée par les consommateurs.

L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet du pouvoir antagoniste *in vivo* de *Trichoderma harzianum* à l'égard de *Botrytis cinerea* Pers., agent causal de la pourriture grise sur deux variétés de tomate (Guelma, CX255). Le traitement préalable de tomate par les spores de *Trichoderma harzianum* a conféré aux plantes une protection positive qui s'est exprimée par la réduction de l'action du parasite sur la croissance des plantes pour différents paramètres (morphologiques, physiologiques). Les résultats de cette étude ont mis en évidence une différence significative au niveau de la réaction des variétés, ce qui montre l'existence d'une variabilité phylogénétique chez les deux de variétés étudié. Par ailleurs nous remarquons que la variété GUELMA est plus sensible. Cette alternative pour assurer une protection phytosanitaire performante constitue une solution de substitution à l'emploi de produits chimiques nuisibles à l'équilibre naturel des écosystèmes.

Mots clé : *Botrytis cinerea*, *Lycopersicon esculentum*, la pourriture grise, *Trichoderma harzianum*

المخلص:

في السنوات الأخيرة، تم تطوير وسائل بديلة كالحماية البيولوجية ضد مسببات الأمراض النباتية، تغذيها زراعة أفضل إزاء المخاوف التي تتعرض لها البيئي، والرغبة في جودة المنتجات المطلوبة من قبل المستهلكين.

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير كفاءة الفطر الإحيائي *Trichoderma harzianum* ضد الفطر الممرض *Botrytis cinerea* Pers. مسبب العفن الرمادي على نوعين من الطماطم (قائمة CX255).

أعطت معالجة بوادر الطماطم بواسطة الفطر الإحيائي حماية إيجابية وهو ما يعبر عنه عن طريق الحد من عمل الطفيلي على نمو النباتات لمعلمات مختلفة (المورفولوجية والفسولوجية).

كشفت نتائج هذه الدراسة عن اختلاف كبير في استجابة الأصناف، مما يدل على وجود تباين في دراسة النشوء والتطور بين النوعين. وعلاوة على ذلك قد تبين أن الصنف قائمة أكثر حساسية.

هذا البديل لضمان مراقبة فعالة للآفات هو بديل لاستخدام المواد الكيميائية الضارة على التوازن الطبيعي للنظم الإيكولوجية.

الكلمات المفتاحية: *Trichoderma harzianum*، العفن، *Lycopersicon esculentum*، *Botrytis cinerea*

Abstract :

In recent years, the biological protection against plant pathogens has been renewed interest, fueled by the growing of better environmental concern, and the desire for quality products required by consumers.

The objective of this work is to study the effect of *in vivo* antagonist to *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea* Pers., Causal agent of gray mold on two varieties of tomato (Guelma CXD255.) Pretreatment of tomato by spores of the *Trichoderma harzianum* gave the plants a positive protection which is expressed by reducing the action of the parasite on the growth of plants for different parameters (morphological, physiological).

The results of this study revealed a significant difference in the response of varieties, which shows the existence of a variation in the phylogenetic study of two varieties. Furthermore we note that the Guelma variety is more sensitive.

This alternative to ensure effective pest control is an alternative to the use of harmful chemicals to the natural balance of ecosystems

Keywords : *Botrytis cinerea*, *Lycopersicon esculentum*, grey mould, *Trichoderma harzianum*