

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة امحمد بوقرة - بومرداس

Université M'hamed Bougera Boumerdes
Faculté de la science



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master 2 Académique

Filière sciences agronomiques

Spécialité : Moyen de lutte et bio régulateur

Thème

*Etude de l'antagonisme de Trichoderma sp vis-à-vis le Fusarium sp
agent de la fusariose du blé en Algérie*

Présenté par : Mlle Hamel Amina

Membres du jury :

M ^{me} Benzina .F	Présidente	MCB	UMBB
M ^{me} Chahbar. N	Promotrice	MCA	UMBB
M ^{me} Hamdi. S	Co promotrice	Chercheur	INPV
M ^{me} Benkorteby. H	Examinatrice	MAB	UMBB

Année universitaire : 2015/2016

Dédicaces

*A mes chers parents que je ne pourrai jamais vous oublier et qui ont
toujours souhaité me voir réussir
« Que Dieu les bénisse et les accueille dans son vaste paradis »*

Je dédie ce travail à mes chères

SOUMIA

ZINEB

AISSA

ABDENNOUR

ABDERRAHMENE

« Que dieu vous bénisse et vous garde pour moi »

Amina

Remerciements

*Je tiens avant tout à remercier **Dieu** tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.*

Je tiens également à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciements à notre promotrice M^{me} Chahbare. N d'avoir proposé et dirigé ce travail ; je la remercie infiniment pour ses orientations, sa patience, sa confiance et ses conseils, tout au long de ce travail.

Je tiens également à remercier tout particulièrement M^{me} Hamdi.S, ma co promotrice chef service de laboratoire central de Mycologie à l'INPV ; el harrach, pour son soutien, ses précieux conseils sa gentillesse et son encouragement à travailler.

Je remercie très sincèrement les membres du jury:

- *M^{me} Benzina. F pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury,*
- *M^{me} Benkorteby.H pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ma mémoire*

Je tien a remercie mes responsables et mes collègues du travaille au sein de l'INPV, pour leurs aides, leurs patiences, ces soutiens.

*Je tien a remercie M^r Belatrache Mohamed pour son aide a effectué mes analyses statistiques
Mes remerciements particuliers s'adressent aussi à :*

- *Hichem Benjeddou.*
- *Slamani leila,*
- *Meftah Youcef*
- *Feriel, ouahiba, khalida, yamina , souhila, , Amine, salami sabrina,*
- *Tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, en particulier ceux du département de l'agronomie.*
- *Toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

Sommaire

Introduction.....	1
I. 1. Données sur la culture du blé.....	3
I. 1.1. Historique.....	3
I.1 .2-Importance de la culture de blé.....	3
1.2.1-Dans le monde.....	3
1.2.2-En Algérie.....	4
1.2.2. Les principales zones de production du blé en Algérie.....	4
I.1.2 .4.Place de la culture du blé dans l'économie.....	6
I .2.1 . Taxonomie.....	6
I.2. 2. Données botaniques.....	6
I.2. 3. Description de la plante.....	7
I.3.Principales variétés cultivées.....	8
I.1.6.Etat phytosanitaire de la culture du blé.....	8
I.1.6.1. Stress abiotique.....	9
I.1.6.2.Stress biotique.....	9
I.1.6.3. Données sur la fusariose du blé.....	12
3.1. Incidence économique.....	12
3.2. Agents responsables.....	12
3.3. Symptomatologie.....	12
3.3.1. sur la partie basale.....	12
3.3.2. sur épi et feuilles.....	12
3. 4. Dégâts.....	14
3 .5. Les mycotoxines.....	15
3.6. Epidémiologie.....	15
3.6. 1 Impact des climats sur le complexe fongique.....	15

3.6.2. L'inoculum.....	15
3.7 .Infection et le cycle de la maladie.....	16
3.8. Dispersion de l'inoculum.....	17
I. 4. Les moyens de lutte.....	17
4.1. La lutte culturale.....	17
4.2. La lutte génétique.....	18
4.3. La lutte chimique.....	18
4.4. La lutte biologique.....	19
I.5. Lutte biologique.....	19
I.5.1. Historique.....	19
5.2. Utilisation de <i>Trichoderma</i> dans la lutte biologique.....	20
5.2.1. Description.....	20
I.5.2.2. Taxonomie.....	21
I. 5.2.3. Ecologie.....	22
I.5.3. Mécanismes d'action de <i>Trichoderma</i> spp.....	23
I.5.4. Applications pratiques de <i>Trichoderma</i>	27
I.5.4.1. Les biofongicides à base de <i>Trichoderma</i>	27
II. Matériel et méthodes.....	28
II. 1. Matériel.....	28
II. 1.2. Matériel fongique.....	28
II. 1.2.1.Agent pathogène.....	28
1.2.2. Agent antagoniste.....	28
2.1.1. Prélèvement des échantillons.....	29
II.2. Méthodes.....	30
II. 2.1. Isolement et identification morphologique des isolats fongiques associés à la fusariose.....	30

II.2.1.2 Isolement.....	30
II.2.2. Purification des isolats.....	31
II.2.3. Identification morphologique des isolats.....	31
II.2.4. La conservation des isolats.....	31
II.2.5. Etude de l'effet de la température et milieu sur la croissance mycélienne des isolats de <i>Fusarium</i> spp.....	32
II. 2.2. Etude <i>in vitro</i> de l'activité antagoniste de <i>Trichoderma</i> spp. vis-à-vis des isolats de <i>Fusarium</i> spp.	32
II.2.2.2.Confrontation directe.....	32
II. 2.2. 3.Confrontation à distance.....	33
II.2.2.4 Mesure de l'inhibition de la croissance mycélienne.....	34
II.2.2.5. Mycoparasitisme.....	35
II. 3.Analyse statistique.....	35
III. Résultats et discussion.....	36
III.1. Résultats.....	36
III.1.1. Isolement et purification.....	36
III. 1.2. Identification et caractérisation des isolats de <i>Fusarium</i> sp.....	36
III.1.3. La Croissance <i>in vitro</i>	39
III. 1.4. Effet de <i>Trichoderma</i> spp. Sur la croissance des isolats de <i>Fusarium</i> spp.....	47
III.1.4.1. Confrontation directe	47
III.1.4.2. Confrontation à distance.....	49
III.1.4.3. Mécanisme du mycoparasitisme	52
DISCUSSION GENERALE.....	52
CONCLUSION GENERALE.....	58
Références bibliographiques.....	60
Annexe	75

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les dix premier pays « leader » de la production mondiale du blé (FAOSTAT, 2014).....	3
Tableau 2. Les principales zones de production du blé en Algérie	4
Tableau 3. Les variétés de blé cultivées en Algérie.....	8
Le tableau 4 représente les principaux ravageurs, adventices, maladies bactériennes et virales qui peuvent affecter la culture du blé en Algérie.....	10
Tableau 5. Les principales maladies fongiques du blé en Algérie.....	11
Tableau 6. Les principaux bioag-resseurs de la culture du blé en Algérie.....	11
Tableau 7. Quelques bio-fongicides à base de <i>Trichoderma</i> commercialisés contre les maladies foliaires.....	27
Tableau 8. Quelques biofongicides à base de <i>Trichoderma</i> commercialisés contre les agents pathogènes du sol.....	28
Tableau 9 : Origines des isolats de l'agent pathogène.....	28
Tableau 10. Caractérisation des 3 isolats.....	37
Tableau11. Analyse de la variance croissance mycélienne en fonction des modes de souches.....	40
Tableau 12. Analyse de la variance de la souche 1 en fonction des modes De milieu, température, temps.....	42
Tableau 13. Analyse de la variance de la souche 2 en fonction des modes De milieu, température, temps.....	43
Tableau14. Analyse de la variance de pourcentage de croissance des souches selon les modes milieu, température, date.....	44
Tableau 15. Analyse de la variance de pourcentage d'inhibition des souches selon les modes date, souche, facteur interaction.....	47
Tableau16 : Analyse de la variance de pourcentage d'inhibition des souches selon les modes date, souche, facteur interaction.....	50
Tableau 17. Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 1.....	76

Tableau.18 .Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 2.....	78
Tableau.19 .Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 3	79
Tableau.20 .Résultats de moyenne la croissance des isolats selon les milieux et les températures.....	80
Tableau.21 .Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 1.....	81
Tableau.22 .Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 2.....	81
Tableau.23 .Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 3.....	81

Liste des figures

Figure1. Evolution des superficies récoltées, production et rendement de blé en Algérie durant la dernière décennie 2002-2012.....	5
Figure 2. Evolution des superficies récoltées, production et rendement de Céréale en Algérie entre 2010 et 2014.....	5
Figure 3. Carte de distribution de la plantation des céréales en Algérie selon la production	6
Figure 4. Les différents stades de développement du blé.....	8
Figure 5. Symptômes du fusarium sur la base: a, b brunissement des nœuds et entre nœud c Lésions de la base de la tige du blé causées par <i>Fusarium</i> spp.....	13
Figure 6. Symptômes de la gale de l'épi chez le blé	14
Figure. 7. Cycle biologique de <i>Fusarium</i> sur céréales	17
Figure 8. <i>Trichoderma atroviride</i> . A : conidies. B : conidiophores. C : chlamydospores.....	20

Figure 9. Photos macroscopiques et microscopique de l'isolat de <i>Trichoderma spp.</i> (A, B,C(G×40)).	28
Figure 10. Parcelle de blé dur infectée par <i>Fusarium sp.</i> Willaya de Boumerdes année 2016.	29
Figure 11. Symptômes de la fusariose sur épi de blé dur W.Boumerdes année 2016.	29
Figure 12. a/Echantillons prélevés de la parcelle de Médéa, b/ Echantillons prélevés de la parcelle du Boumerdes.	30
Figure 13 Symptômes de la fusariose (brunissement des nœuds et des entre nœud).	30
Figure 14. disinfection des fragments.	31
Figure 15: Schéma montrant la confrontation directe.	33
Figure 16. Schéma montrant la confrontation à distance.	34
Figure 17. Isolement des fragments du blé dur sur milieu PDA.	36
Figure 18. Aspect macroscopique(a) et microscopique microconidies (b) G×10 et macroconidie (c) G×40 de la souche1.	38
Figure 19. Aspect macroscopique(a) et microscopique mycélium+ conidies (b)et macroconidie (c) G×40 de la souche2.	38
Figure 20. Aspect macroscopique(a) et microscopique mycélium+ conidies (b) et microconidie (c) G×40 de la souche3.	38
Figure 21. Histogramme d'effet des température sur les trois isolats.	39
Figure22 histigrame d'effet de milieux de culture sur les trois isolats.	39
Figure2 3. Aspect frisé de l'isolat 1 sur le milieux MALT.	41
Figure 24. Analyse de la variance des pourcentages de croissance entre les isolats en modèle GLM selon les modes les trois souches.	42

Figure 25. Analyse de la variance des pourcentages de croissance la souche 1 en modèle GLM selon les modes de Temps, température, milieu.....	43
Figure 26. Analyse de la variance des pourcentages de croissance la souche 2 en modèle GLM selon les modes de Temps, température, milieu.....	44
Figure27. Analyse de la variance des pourcentages de croissance entre les souches en modèle GLM selon les modes les trois souches.....	45
Figure28. Arrêt de la croissance des 3 isolats sous température 35°C.....	46
Figure29. Croissance mycélienne des 3 isolats de <i>Fusarium sp</i> sur les différents milieux de culture.....	46
Figure 30. Analyse de la variance des pourcentages d'inhibition des souches en modèle GLM selon les modes de souche, date, facteur interaction.....	48
Figure31. Résultat de la confrontation directe après 3 ^{ème} jour.....	48
Figure32. Résultat de la confrontation directe après 5 ^{ème} jour.....	49
Figure33. Résultat de la confrontation directe du témoin après 5 ^{ème} jour.....	49
Figure34. Analyse de la variance des pourcentages d'inhibition des souches en modèle GLM selon les modes de souche, date, facteur interaction.....	50
Figure 35. Résultats de la confrontation indirecte pour les 3 isolats après le 7 ^{ème} jour.....	51
Figure 36. Résultats de la confrontation indirecte pour l'isolat 2 après le 7 ^{ème} jour...	51
Figure 37. Résultats de la confrontation indirecte pour la l'isolat 1 et l'isolat 3 après le 7 ^{ème} jour.....	51
Figure 38. Structure mycoparasitisme de l'antagoniste <i>Trichoderma spp</i> vis-à-vis le <i>Fusarium sp</i>	51
Figure 39. Histogramme d'effet température et milieux sur les trois isolats.....	80

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celcius.

cm : centimètre.

F. : *Fusarium*.

FAO : Food and Agriculture Organisation.

fig. : figure.

g : gramme.

Jrs : jour.

Ha : Habitant.

ha : hectare.

INA : Institut National Agronomique.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.

Kg : Kilogramme.

LSD : Least Significant Difference.

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

Mg : Milligramme.

Min : minute.

mm : millimètre.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PDA : Potato Dextrose Agar.

PS : Poids Sec.

GLM : General Linear Model

P : différence de variance

DT : croissance diamètre du témoin

DPA : croissance diamètre mycélienne du pathogène en présence de l'antagoniste

IC : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

Inpv : institut national de protection des végétaux

S : souche

SAU : Surface Agricole Utile.

T. : *Trichoderma*.

T° : température

μm : micromètre.

MT : mycélium *trichoderma sp*

MF : mycélium *Fusarium sp*

EMT : enroulement

COR : transformation en cordon du mycélium ;

LYS : lyse du mycélium

V : vacuolisation

app : appressorium

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le blé est la céréale la plus cultivée à travers le monde dans 120 pays et couvre 19% de la demande mondiale en énergie en occupant une surface de 216,8 millions d'hectares en 2010, et une production actuelle d'environ 600 millions de tonnes (Koekemoer et al., 2011 ; Mitchell et Mielke, 2011 ; Gavira et Burny 2012).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. La consommation par habitant de blé est la plus élevée au monde avec environ 200 kg par habitant et par an (Madignier, 2011). En effet, le blé occupe environ 60 % des structures céréalières emblavées qui ce représentent environ 45 % de la SAU (Kellou, 2008). La production nationale du blé ne couvre en moyenne que 30 % de la consommation de blé estimée à 8 millions de tonnes annuellement (MADR, 2007).

La cause principale de la faiblesse de la production du blé est le faible niveau de productivité obtenu qui est due à des contraintes abiotiques (sécheresse surtout), humaines (itinéraires techniques appliqués, vulgarisation, etc...) et des facteurs biotiques telle que les adventices, les ravageurs et les maladies (Ezzahiri, 2001 ; Hamadache, 2002).

Les maladies fongiques sont l'une des contraintes les plus importantes pour la production de blé. Parmi ces maladies, la fusariose affecte les rendements mais aussi la qualité sanitaire de la récolte par la présence de toxines dans les grains (Leonard et Bushnell, 2003).

Ce problème fongique cause des dégâts et des pertes de rendements importantes allant jusqu'au 89% (Carver, 2009 ; Ma et al., 2012; Talas et al., 2012). L'importance économique de ces maladies est attribuée aux pertes de rendements considérables et à l'altération de la qualité des grains par les mycotoxines (Lacroix, 2008 ; Lori et al., 2009).

Afin de lutter contre cette maladie, différents moyens de contrôle ont été adoptés, y compris l'utilisation de cultivars tolérants, pratiques culturales (la rotation, type de labour) et l'application de divers fongicides (Gilbert et Haber, 2013 ; Scherm et al., 2013).

La lutte biologique a été adoptée comme source d'une recherche d'un moyen supplémentaire, pour l'intégrer dans le cadre d'une lutte intégrée à l'égard de cette maladie (Müllenborn et *al.*, 2008). Différentes études ont été réalisées pour rechercher et isoler des microorganismes efficaces pour lutter contre cette maladie. Plusieurs champignons ont été identifiés comme antagonistes efficaces contre *Fusarium* spp. (Dawson et *al.*, 2004 ; Luongo et *al.*, 2005).

Pour le même objectif que nous avons été amené à isoler le *Fusarium* sp à partir des plants de blé présentant des symptômes typiques de la maladie et à réaliser des essais de lutte biologique par l'utilisation de l'agent antagoniste *Trichoderma* sp.

Dans ce contexte, notre travail se base sur deux objectifs principaux :

Objectif 1 :

- L'isolement des agents fongiques à partir des plants de blé de la région Média et Boumerdes présentant les symptômes typiques de la fusariose de l'épi ainsi que l'identification des isolats obtenus .
- L'étude de l'effet de la température et milieux de cultures sur la croissance *in vitro* des isolats obtenus.

Objectif 2

- Evaluation de l'efficacité *in vitro* de l'espèce de *Trichoderma* sp sur la croissance mycélienne de trois isolats de *Fusarium* spp. Cette évaluation est réalisée selon 2 techniques :
 - Confrontation directe de l'agent antagoniste et de l'agent pathogène dans la même boîte de Pétri.
 - Confrontation indirecte (confrontation à distance) de l'agent antagoniste et de l'agent pathogène.
- Etude du mécanisme de mycoparasitisme de l'agent antagoniste *Trichoderma* sp. sur les isolats de *Fusarium* sp.

DONNEES
BIBLIOGRAPHIQUES

I. 1. Données sur la culture du blé

I. 1.1. Historique

La plupart des archéologues ont confirmé que les origines du blé et de l'orge se situent dans le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran ; c'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe (Bonjean, 2001). Des traces de blé ont été trouvées dès le néolithique, il a été cultivé 2700 ans avant notre ère en Chine (Moule, 1980).

I.1.2-Importance de la culture de blé

1.2.1-Dans le monde

A fin de satisfaire la demande mondiale en grains d'une population en plein croissance, la production annuelle doit être intensifiée jusqu'à 850 à 1050 millions de tonnes soit une augmentation de 2,5% de la production (Koekeomer *et al.*, 2011). En 2014, la production mondiale est assurée respectivement par l'Union-Européenne, la Chine, l'Inde, les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, le Pakistan, l'Australie, l'Ukraine, la Turquie, et le Kazakhstan (Tableau 1) (FAOSTAT, 2014).

Tableau 1. Les dix premiers pays « leader » de la production mondiale du blé (FAOSTAT, 2014)

Pays	Production (M .T)
l'Union-Européenne	143,3
la Chine	121,7
l'Inde	93,5
les Etats-Unis d'Amérique	57,9
Canada	37,5
Pakistan	24,2
l'Australie	22,8
Ukraine	22,0
Turquie	22,0
le Kazakhstan	13,9

1.2.2-En Algérie

I. 1.2.2. Les principales zones de production du blé en Algérie

Le blé est cultivé à travers l'ensemble des zones agro-écologiques de l'Algérie, mais il est essentiellement localisé dans les régions semi-arides et même arides et donc, soumis aux aléas climatiques qui pénalisent fortement les niveaux de productivité et par la même occasion la production (Boulal *et al.*, 2007). Ces zones peuvent être géographiquement limitées en forme de ceinture au nord du pays où les céréales prédominent (Chahat, 2005). Le blé dur est cultivé à l'est du pays (Constantine, Mila, Souk Ahras, Sétif) et le blé tendre à l'ouest (Tiaret, Saida, Sidi Bel Abass) (Hamadache, 2013). Les principales zones de production sont montrées dans le tableau 2 :

Tableau 2. Les principales zones de production du blé en Algérie (Boulal *et al.*, 2007)

Les zones	La pluviométrie (mm)	caractéristiques	Wilayas comprises
Semi-aride (plaines telliennes)	350-500	Pluviométrie à distribution irrégulière	Constantine, Bouira, Médéa, Tlemcen, Mila, Souk Ahras, Ain Defla, Chlef, Ain témouchent et autres.
Sub-aride (hauts plateaux)	200-350	Système à prédominance agropastorale et des altitudes supérieures à 1000 m	Tissemsilt, Tiaret, Sétif, Saida, Oum el Bouaghi, Bordj Bou Arréridj
Humide et sub-humide (littoral et sub- littoral)	> 600	Pluviométrie relativement bien distribuée	Tipaza, Skikda, Guelma, el Taref, Bejaia, Tizi-ouzou, Annaba
Le sud	Très faible	Périmètre irrigué : 10 000 ha Cultures oasiennes : 35 000 ha	Wilayas du sud

I.1.2. 3- Superficie, production et rendement

En 2012, les surfaces du blé récoltées ont été de l'ordre de 1945775 ha. Alors que le niveau de production enregistré est exceptionnel (3432230 t) mais il reste insuffisant. L'analyse des données relatives à la production du blé obtenue, durant cette dernière décennie montre une évolution irrégulière en dent de scie avec des chutes spectaculaires durant les deux campagnes 2001-2002 et 2007-2008, avec des productions en dessous de 15 millions de quintaux. Par contre, les niveaux de production ont connu une relative stabilité durant les autres campagnes et cela a été

rendu possible grâce aux conditions climatiques favorables et aux efforts consentis par l'état pour l'intensification de cette filière. Le rendement du blé reste encore faible et il est influencé par plusieurs facteurs, comme le travail du sol et le désherbage (Fig. 1, 2 et 3) (Zaghouane, 2013).

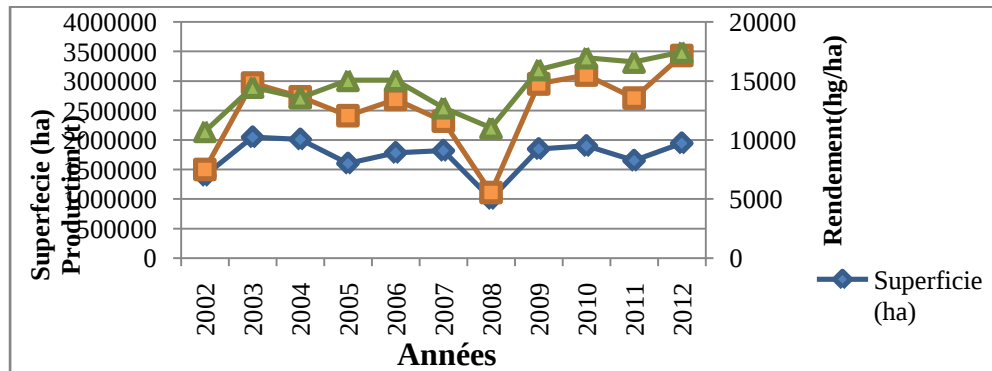


Figure1. Evolution des superficies récoltées, production et rendement de blé en Algérie durant la dernière décennie 2002-2012(ITGC, 2013).

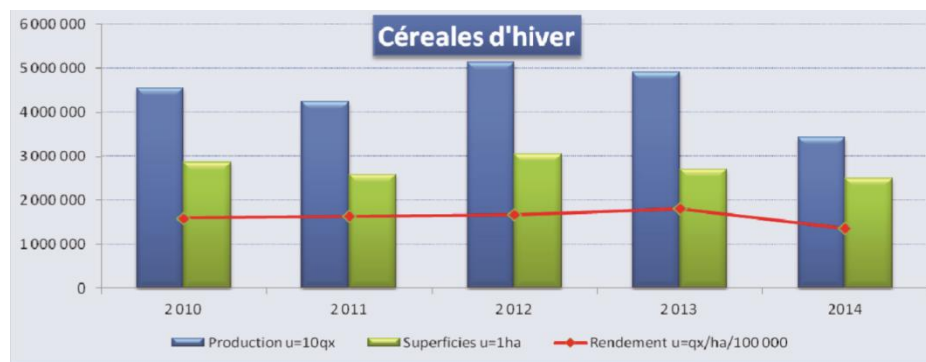


Figure 2. Evolution des superficies récoltées, production et rendement de Céréale en Algérie entre 2010 et 2014(ITGC, 2014).

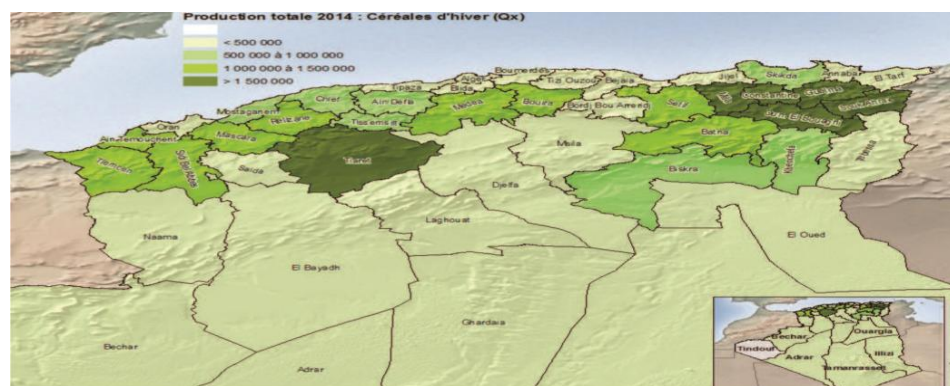


Figure 3. Carte de distribution de la plantation des céréales en Algérie selon la production (ITGC, 2014)

I.1.2 .4.Place de la culture du blé dans l'économie

La production algérienne ne répond ainsi, qu'au quart du besoin annuel de la consommation, estimé à 80 millions de quintaux. Le déficit de 75%, a engendré une facture de 3 milliards de dollars. Ce chiffre propulse l'Algérie au premier rang des pays importateurs de céréales, avec près de 60millions de qx /an, soit 5% des achats mondiaux. Cette dépendance exogène renforce fatalement la perspective d'insécurité alimentaire et entrave en conséquence le développement du pays y compris, celui de la céréaliculture (Smadhi et Zella, 2012).

I .2.1 . Taxonomie

Le blé appartient à la famille des Poaceae (Gramineae), cette famille végétale compte environ 2500 espèces répandues pratiquement sur toute la surface des continents. C'est un groupe remarquablement homogène et facile à reconnaître (Mosiniak et *al.*, 2006).

D'après la classification phylogénétique de ‘ ‘ l'Angiosperm Phylogeny Group III ‘ ‘ (2009), le blé appartient au :

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Tracheobionta*

Embranchement : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Sous classe : *Commelinidae*

Ordre : *Poales(Cyperales)*

Famille : *Poaceae*

Sous famille : *Pooideae (Festucoideae)*

Genre : *Triticum*L.

I. 2. 2. Données botaniques

Le blé est une culture annuelle qui appartient à la famille des *Poaceae* (graminées), sous famille des *Pooideae* et tribu des *Triticeae*. Le blé dur et le blé tendre appartiennent au genre *Triticum*. Les espèces du genre *Triticum* se divisent en trois groupes :

-Le groupe des diploïdes ($2n = 14$), exemple : *T. monococcum* ;

-Le groupe des tétraploïdes ($2n = 28$), exemple: *T. durum*, blé dur ;

-Le groupe des Hexaploïdes ($2n = 42$), exemple: *T. aestivum*, blé tendre. (Boulal et *al.* 2007).

2. 3. Description de la plante

- **Les racines** : le blé comme toutes les céréales dispose de deux systèmes racinaires successifs :
 - a. Le système racinaire primaire ou séminale, fonctionnel dès la germination.
 - b. Le système racinaire secondaire ou racines adventives de type fasciculé, qui apparaît au tallage et se substitue progressivement au précédent.
- **La tige** : on distingue une tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talles.
- **La feuille** : elle se compose de 4 parties : la gaine, les stipules ou oreillettes, la ligule et le limbe qui possède des nervures parallèles.
- **L'inflorescence ou l'épi** : l'inflorescence est un épi constitué d'un ensemble d'unités appelées épillets, chaque épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs, le nombre de fleurs fertiles par épillet varie selon les espèces.
- **Le grain** : le grain est un caryopse, ovoïde, nu, constitué des téguments, le germe et l'albumen (Boulal et *al.*, 2007).

➤ Le développement de la plante passe par trois principaux stades:

- **Stade végétatif**: où se fait la différenciation des racines et des feuilles.
- **Stade reproducteur**: caractérisé par l'apparition de l'épi et la formation des graines.
- **Stade de maturation**: qui s'étend entre la fécondation et la maturation du grain. Ces différents stades sont illustrés au niveau de la figure 4 :

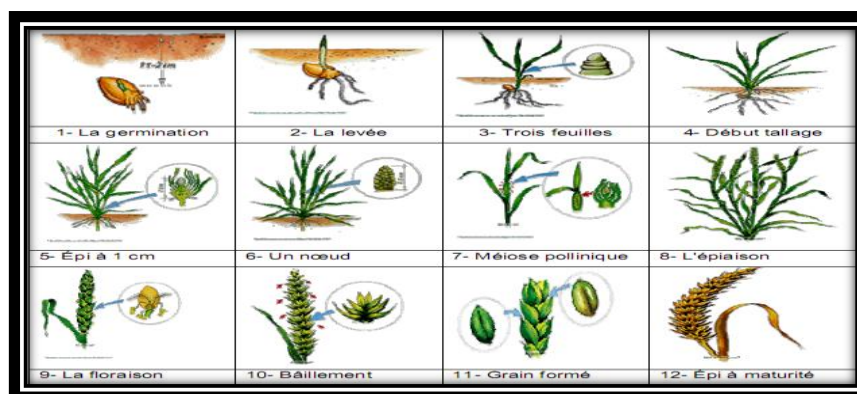


Figure 4. Les différents stades de développement du blé (Anonyme, 2004).

I.3.Principales variétés cultivées

Actuellement, le matériel végétal des blés, mis à la disposition des agriculteurs est constitué de 37 variétés de blé dur et 23 de blé tendre autorisées à la production et à la commercialisation (Tableau3) (ITGC, 2010).

Tableau 3. Les variétés de blé cultivées en Algérie (ITGC, 2010)

Variétés locales			Variétés améliorées		Variétés étrangères homologuées	Variétés produites en Algérie
En production		Retirées du circuit de production	En production	Retirées du circuit de production		
Blé dur	Mohamed Ben Bachir, Bidi 17, Hedba 3	Oued Zenati, Rahouia, Guemgoum Pkhem, Langlois, Polonicum, Sahel	Bousselam, Chen's, Gta dur, Ofanto, Sebaou, Simeto, Tassili, Vitro Waha	Ardente, Belikh 2, Bibans, Capeiti, Cham 3, Eider, Karim, Kebir, Oum Rabi, Zibans	Poggio Durbel, Bolenga, Orjaune	Carioca, Cirta, Colosseo, Cannizzo, Ciccio
	Mahon -Demias	Florence Aurore	Anza, Arz, Hidhad, Ain Abid, Ziad	Cheliff 78, Siété, Ceros, Ccinia, Nesser, Sham 4, Zidane, Mimouni, Acsad 59, Tessala, Soummam, Strampelli	Aimirante, Buffalo, Guadalupe, Orion, West Bred, Sensas, Yacora Rojo, Anapc, Pinzon	Salama, Bonpain

I.1.6.Etat phytosanitaire de la culture du blé

Le blé dans son environnement et durant ces différents stades de croissance est soumis à divers stress mécaniques, physiologiques et biologiques qui vont interférer avec sa croissance et son développement naturel, et par conséquent une réduction de la production et des rendements (Haggag, 2013).

I.1.6.1. Stress abiotique

Les facteurs abiotiques qui affectent le rendement et la qualité des grains de blé sont principalement les facteurs climatiques (la température et l'amplitude de variations, l'eau et sa disponibilité relative, le vent et la lumière). D'autres maladies abiotiques connaissent une extension récente : réactions aux polluants atmosphériques, pesticides et déséquilibres trophiques (Lepoivre, 2003).

I.1.6.2.Stress biotique

Les principaux agents biotiques qui constituent des risques primaires pour la production du blé sont les micro-organismes pathogènes, telles que les virus, les bactéries, les champignons et les nématodes. Les plantes souffrent également d'une

concurrence avec d'autres plantes indésirables (plantes adventices) et naturellement, elles sont souvent endommagées par les attaques des insectes (Agrios, 2005; Haggag, 2013).

Les maladies fongiques affectant le blé peuvent être regroupées selon les symptômes qu'elles induisent et les parties de la plante affectées. Parmi les principales maladies fongiques, la fusariose de l'épi constitue une vraie menace pour la culture du blé. Le tableau 3 représente les autres maladies fongiques qui peuvent affecter la culture du blé et qui ont été signalées en Algérie.

Organes atteints	Nom de la maladie	Agents causaux	Symptômes
Feuilles	Rouille brune (Wheat leaf rust)	<i>Puccinia recondita</i> f.sp. <i>tritici</i> (Erikss. & E. Henn.) D.M. Henderson	Petites pustules circulaires ou ovales, orangées ou brunâtres souvent sur la face supérieure des feuilles.
	Rouille noire (Wheat stem rust)	<i>Puccinia graminis</i> Pers. f.sp. <i>tritici</i> Erikss. & E. Henn.	Pustules allongées, de couleur rouge brique à marron foncé brune ou noire sur les feuilles, les tiges et les épis
	Rouille jaune (Wheat stripe rust)	<i>Puccinia striiformis</i> Westend. f.sp. <i>tritici</i> Erikss.	Pustules globuleuses, de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles. Parfois sur les épis et les grains.
	Tache septorienne de blé (Septoria tritici leaf blotch)	<i>Mycosphaerella graminicola</i> (Fuckel) J. Schröt. in Cohn (<i>Septoria tritici</i> Berk. & M.A. Curtis)	Petites taches verdâtres à jaunâtres entre les nervures des feuilles inférieures, ces taches s'allongent pour former des lésions brunes rougeâtres avec une apparition des pycnides.
	Tache helminthosporienne (Tan spot of wheat)	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechs. (<i>Drechslera repens</i> (Died.) Shoemaker)	Petites taches brunes, ovales à lenticulaires, entourées d'un halo jaune caractéristique.
	Oïdium (Powdery mildew)	<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer f. sp. <i>tritici</i> É.J. Marchal.	Un duvet blanc ou gris pâle sur feuilles basales et en cas d'attaque sévère sur les gaines des feuilles et les glumes des épis.
Epis	Carie commune (Common bunt)	<i>Tilletia caries</i> (DC.) Tul. & C. Tul. <i>Tilletia laevis</i> J.G. Kühn	Graines transformées en masse poudreuse noirâtre; glumes et glumelles épargnées.
	Charbon nu (loose smut)	<i>Ustilago tritici</i> (Pers.) Rostr.	Epis infectés noircis, graines détruites et remplacées par une masse sporifère noirâtre.
Pied	Pietin échaudage (Take-all)	<i>Gaeumannomyces graminis</i> (Sacc.) Arx & Olivieri var. <i>tritici</i> Walker	Nécroses ou pourriture au niveau des racines, s'étendent au collet et à la base de la tige, blanchissement des épis.

Tableau 5. Les principales maladies fongiques du blé en Algérie (Aouali et Douici-Khelfi 2009 ; INPV, 2011).

Le tableau 4 représente les principaux ravageurs, adventices, maladies bactériennes et virales qui peuvent affecter la culture du blé en Algérie.

Tableau 6. Les principaux bioag-resseurs de la culture du blé en Algérie.

Bio agresseurs	Noms scientifiques	Sources
Les bactéries	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>translucens</i> (Jones et <i>al.</i> 1917) Dye 1978 <i>Erwinia rhapontici</i> (Millard, 1924) Burkholder, 1948 emend. Hauben et <i>al.</i> 1998 <i>Pseudomonas viridiflava</i> (Burkholder 1930) Dowson 1939 <i>Pseudomonas fuscovaginae</i> (ex Taniiet et <i>al.</i>) Miyajima et <i>al.</i> 1993 <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> (McCulloch, 1920) Young et <i>al.</i> 1978 <i>Rathayibacter tritici</i> (Carlson et Vidaver, 1982)Zgurskaya et <i>al.</i> 1993. Syn. <i>Clavibacter tritici</i> (Carlson etVidaver, 1982) Davis et <i>al.</i> 1984	(Boukhris, 1992) (Djebari, 2005)
Les virus	BYDV (Barley Yellow Dwarf Virus) WSMV (Wheat Streak Mosaic Virus) WSSMV (Wheat Spindle Streak Mosaic Virus) BSMV (Barley Stripe Mosaic Virus)	(Sayoud, 1987), (Boubetra et Mohamedi, 1998) (Benmokhtar et Kafi, 1999)
Les nématodes	<i>Heterodera avenae</i> Wollenweber <i>Heterodera mani</i> Mathews <i>Heterodera latipons</i> Franklin	(Mokabli, 2002) (Khenioui, 2011)
Les adventices	<i>Avena sterilis</i> L.(folle avoine) <i>Phalaris paradoxa</i> L.(l'alpiste) <i>Sinapis arvensis</i> L.(moutarde des champs) <i>Lolium multiflorum</i> L. (le ray-grass) <i>Bromus rigidus</i> L., <i>Bromus madritensis</i> L. (les bromes) <i>Oxalis cernua</i> L.	(Hamadache, 1995)
Les ravageurs	Les insectes (la punaise des céréales, la cécidomyie jaune, la mouche mineuse, le puceron des céréales et la tordeuse des céréales) Les oiseaux (les moineaux, la tourterelle) Les rongeurs (les rats des champs et les souris)	(Boulal et <i>al.</i> , 2007)

3. Données sur la fusariose du blé

I. 3.1. Incidence économique

Les fusarioses sont parmi les maladies les plus dangereuses sur le blé, elles font baisser le rendement par diminution de la faculté germinative des semences, du nombre de grains par épi et du poids de milles grains. La présence des diverses espèces de *Fusarium* spp. sur les grains peut réduire leurs qualités boulangères (Cahagnier, 2001; Gutzwiller et *al.*, 2005).

II. 3.2. Agents responsables

Le blé peut être attaqué par différentes espèces du genre *Fusarium* et l'espèce *Microdochium nivale* (syn. *Fusarium nivale*). Le genre *Fusarium* est classé dans les Deutéromycètes, il appartient à la famille des tuberculariaceae, l'ordre des moniliales, la classe des hyphomycètes. Ce genre et de la forme asexué se rapporte aux hypocréales (*Ascomycota*), et les formes sexuées (téléomorphes) de plusieurs espèces appartiennent au genre *Gibberella* (*Nectriaceae*, *Hypocreales*, *Hypocreomycetidae*, *Sordariomycetes*, *Ascomycota*, *Fungi*) et un certain nombre au genre *Nectria* (Keith et Seifert, 2001 ; Leslie et Summerell, 2006).

3.3. Symptomatologie

Les fusarioses sont des maladies qui peuvent attaquer les céréales du semis à la récolte, des racines aux épis (Caron, 2000)

I. 3.3.1. sur la partie basale

Les symptômes se manifestent par des nécroses sur les talles inférieurs, le collet, entre nœuds, et les racines (Schilling et *al*, 1996) (Fig. 3 a, b, c).

I. 3.3.2. sur épi et feuilles

- **Sur épi** : échaudage d'une partie ou de tout l'épi ; le champignon pouvant attaquer une glume, l'attache d'un épillet, le rachis ou le col de l'épi et provoquer l'échaudage de tout ce qui est au dessus (fig. 4 a et b). La partie attaquée peut prendre une coloration rose qui représente les spores de champignon (fig.5c).

L'attaque sur le col et le rachis de l'épi donne une couleur brun violacé (Clavel, 2006).

- **Sur grains** : selon l'attaque, les grains peuvent être peu échaudés (attaque tardive), très échaudés, voire avortés (forte attaque début floraison) ; des grains peuvent être indirectement échaudés mais non contaminés (attaque au bas de l'épi) (fig. 6d)

Les grains directement contaminés sont échaudés et d'aspect duveteux qui sont blancs, roses, en parties brunâtres dans le cas de l'attaque par les espèces du groupe *Fusarium roseum* ; et blancs ou, souvent, noirâtres avec germes noirs et augmentation de la moucheture (*M. nivale*) (Clavel, 2006 ; Agrios, 2005)

- **Sur feuilles** : en fin montaison, on peut observer des taches ovales, verdâtres (fig. 6 : e), devenant ensuite marron, puis se desséchant souvent au bord de la feuille ; en attaque grave, les taches se rejoignent induisant la déchirure de la feuille dans le sens de la longueur (Clavel, 2006).

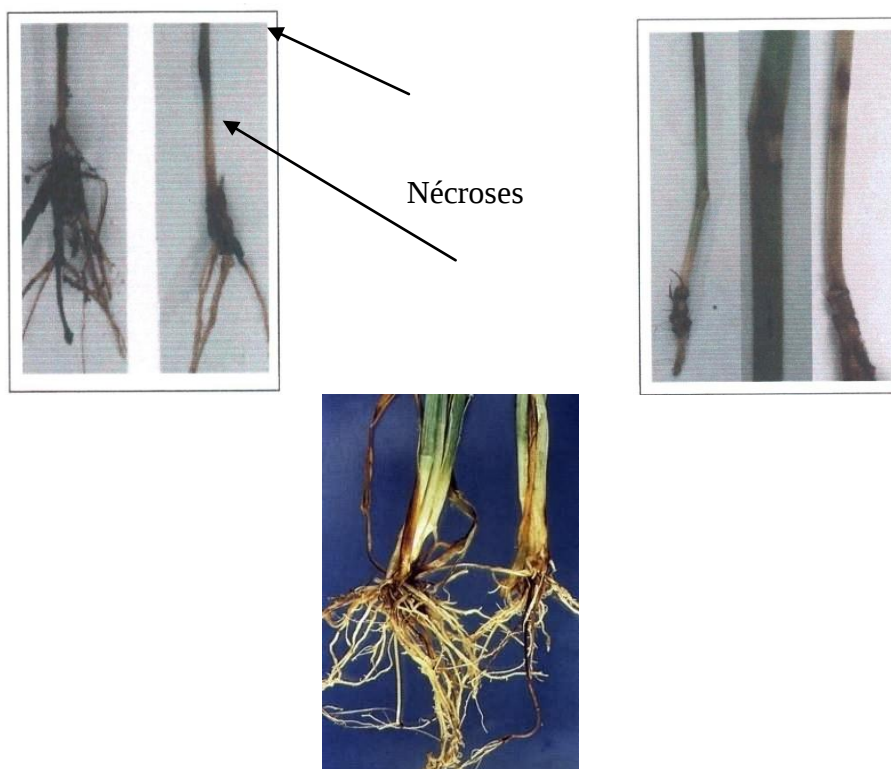


Figure 5. Symptômes du fusarium sur la base: a, b brunissement des nœuds et entre nœud c Lésions de la base de la tige du blé causées par *Fusarium* spp. (Martin, 2004).

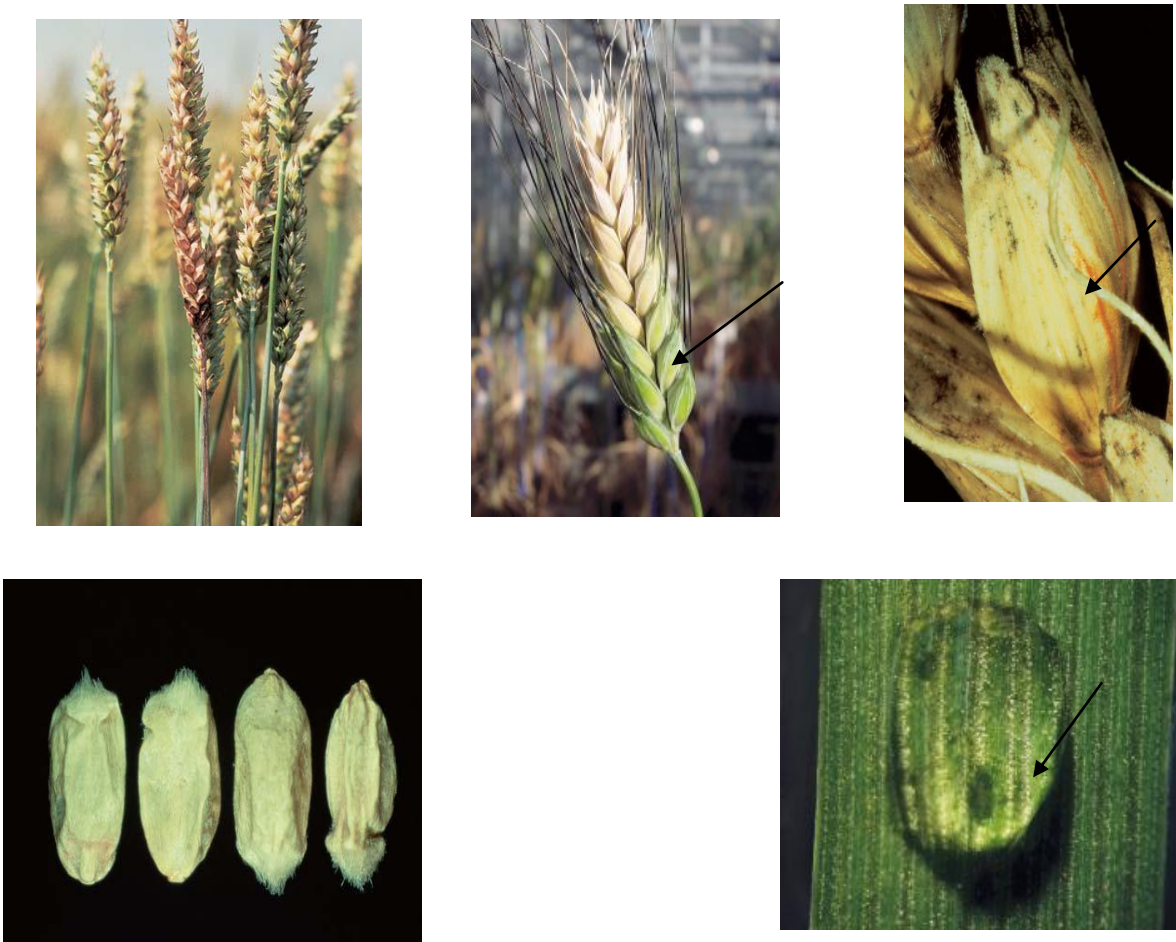


Figure 6. Symptômes de la gale de l'épi chez le blé : a : Epis fusariés (Agrios, 2005), **b** : Epi atteint de fusariose, la propagation du champignon à l'intérieur de l'épi provoque l'interruption du flux de la sève vers les parties supérieures (Mascher et *al.*, 2008), **c** : Epillet présentant un amas de spores oranges de *Fusarium* spp. (Agrios, 2005), **d** : Grains de blé fusariés (Agrios, 2005), **e** : Feuille de blé présentant un symptôme typique d'une attaque par *Microdochium nivale* (Mascher et *al.*, 2008)

I. 3. 4. Dégâts

Les dégâts sont fortement liés au climat au moment de la floraison (Agrios, 2005). Les pertes de rendement sont directement liées à la proportion de grains fusariés ; des pertes de 10 à 30 % sont courantes ; elles peuvent atteindre 50 % pour les attaques les plus graves (Clavel, 2006). Le PMG (Poids de Mille Grains) est réduit et les grains les plus petits sont éliminés au battage. Le PS (Poids Sec) est fortement réduit, la qualité de semence est fortement réduite (Clavel, 2006).

Les graines sont susceptibles de contenir des mycotoxines dangereuses pour la santé des êtres humains et des animaux domestiques (Zillinsky, 1983; Parry *et al.*, 1995; Agrios, 2005)

I. 3.5. Les mycotoxines

Les mycotoxines sont produites dans la plante afin de franchir ses mécanismes de défense, ou contre d'autres microorganismes pour protéger le champignon (Schmale et Bergstrom, 2003). Ils peuvent être répartis en trois groupes : les ZEA, TCT (DON et NIV), et les Fumonisines (Agrios, 2005). La production, la quantité ainsi que le type de mycotoxines dépend de : l'espèce fongique, l'environnement, la sévérité de l'infection et l'espèce végétale (Mr Mullen *et al.*, 2008). La présence de mycotoxine spécifiquement les DON, est corrélée avec l'agressivité des espèces et joue un rôle dans la propagation de la maladie mais dans l'initiation (Xu et Brrier, 2005)

I. 3.6. Epidémiologie

L'épidémiologie de la fusariose du blé comme toutes les autres maladies est influencée par les facteurs liés aux agents pathogènes, aux conditions de l'environnement, et à la plante hôte.

3.6.1 Impact des climats sur le complexe fongique

Plusieurs facteurs climatiques peuvent interférer la détermination du complexe fongique responsable de la maladie, en favorisant ou en inhibant la présence de certaines espèces ainsi que la compétition entre ces dernières (Champeil *et al.*, 2004).

3.6.2. L'inoculum

Il existe deux types d'inoculum lorsque l'agent pathogène est de nature fongique, les hyphes et les spores (sexuées et asexuées). Pendant l'hiver l'agent pathogène survit sous forme de chlamydospores, mycéliums. Les spores sont produites par temps doux, quatre types d'inoculum de diverse taille et forme peuvent être fournis selon espèces du

genre *Fusarium* : les microconidies, les macroconidies, les chlamydospores et les fragments d'hyphes (Parry *et al.* , 1995 ; Champeil *et al.*, 2004 ; Xu e Berrie, 2005) .

Les résidus infectés sont compté parmi les principales sources d'inoculum, lorsqu' ils sont abandonnés à la surface, ou enfouillés à quelque centimètres au- dessous du sol, ou le pathogène se conserve et persiste jusqu'à 2ans sous forme de mycélim sur ces derniers, ou sous forme de macroconidies et chlamydospores dans le sol, ou il entame saprophyte (Gisi *et al.*, 2009. Paulitz *et al.*, 2010) .

La semence contaminée peut constitue une source majeure d'inoculum, le pathogène peut atteindre la semence lorsque l'aire dépose les spores sur l'épis et les inflorescences durant le dernier stade du développement. La semence peut aussi contaminer le sol (Scmale et Bergstrom, 2003 ; Champeil *et al.* , 2004)

3.7 .Infection et le cycle de la maladie

Pendant l'hiver le pathogène subit une période de dormance sur les résidus infectés ou il produit des spores asexuées qui seront entrainer à long distance à l'aide des vents et des pluies (Parry *et al.*, 1995 ; Schmale et Bergstrom, 2003). En été, lorsque la plante accomplit sa période végétative et entame sa reproductive (épiaison, floraison), l'infection se produit lorsque l'arrivée des ascospores et de macroconidies sur l'épi coïncide avec des périodes de forte humidité. Si les spores atteignent les inflorescences à l'émergence des étamines, ils succèdent à pénétrer les glumes à travers les stomates et germer, puis coloniser l'épillet, et contaminer tout l'épi se qui procèdent la chlorose des grains (Scmale et Bergstrom, 2003 ; Xu et Berrie, 2005)

Les inflorescences atteintes par l'agent pathogène produisent des grains infectés d'apparence flétries ou ridés. Les grains infectés qui apparait sains, vont être utilisés ultérieurement comme semence et deviendront une nouvelle source d'inoculum (Schmale et Bergstrom, 2003) (Figure7).

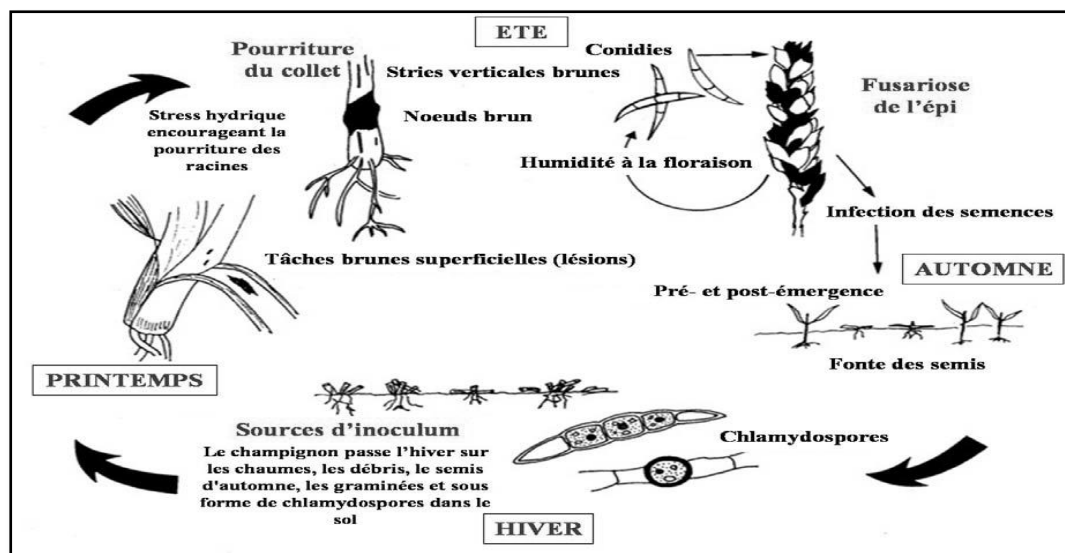


Figure. 7. Cycle biologique de *Fusarium* sur céréales (Parry, 1995).

3.8. Dispersion de l'inoculum

Par temps chaud, humide et pluvieux le télémorph se forme sur la surface des débris. Les périthèces contiennent des asques pleins de spores qui seront libérés dans l'aire et entraînées à long distance par les vents turbulents (Parry *et al.*, 1995 ; Scmale et Bergstrom, 2003). La dissémination peut être assurée par d'autres voies comme les insectes vecteurs : les mites peuvent transporter les spores de *F. poae* ont été isolé à partir de plusieurs insectes, tel que la mouche domestique (Champeil *et al.*, 2004).

I. 4. Les moyens de lutte

4.1. La lutte culturale

Cette lutte vise à limiter l'accroissement du taux de l'inoculum dans le sol et consiste à :

- L'utilisation des semences saines
- Utilisation de la fumure azotée de façon rationnelle (Mauler *et al.*, 1997).
- L'élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond.
- La réalisation des rotations d'au moins deux ans en dehors des céréales (alterner avec des légumineuses), cela réduit la densité de l'inoculum (Gilbert et Tekauz, 2000).

- L'utilisation de la solarisation, qui peut réduire les populations pathogènes et l'incidence de la maladie (Pandy *et al.*, 1996).

4.2. La lutte génétique

Le blé dispose plusieurs mécanismes de résistance contre le développement de la gale de l'épi. Le champignon a besoin de fleurs ouvertes pour pénétrer. Certaines variétés fleurissent sans que les épillets ne s'ouvrent ; d'autres variétés évitent l'infection par une durée de floraison très courte, par des épis présentant un petit nombre de fleurs ou par un épi lâche et aéré, ce qui permet un rapide ressuyage. Une cuticule épaisse peut arrêter la pénétration de champignon et une tige longue peut prévenir la contamination de l'épi par des spores venant du sol ou des feuilles (Hilton *et al.*, 1996).

Outre ces mécanismes de résistance constitutifs, il existe aussi plusieurs types de résistance physiologique. Schroeder et Christensen (1963) ont décrit le type de résistance 1, actif contre l'infection initiale de la fleur et le type 2, limitant la diffusion de l'infection dans le tissu et dans le reste de l'épi. La résistance à l'attaque des graines et à l'accumulation des mycotoxines a été décrite par Mesterhazy (1995) comme appartenant au type 3.

Jusqu'à présent, aucun génotype de blé présentant une résistance absolue à la fusariose sur épi n'a encore été trouvée (Mascher *et al.*, 2005). Ce qui rend la situation plus difficile, c'est que la sélection variétale doit tenir compte aussi des caractères agronomiques et la résistance à d'autres maladies (Yuen et Schoneweis, 2007). Cependant, plusieurs travaux de sélections sont réalisés en utilisant soit des variétés de blé sauvages comme *T. turgidum* ssp. *diccoides* (Kumar *et al.*, 2007) ou en utilisant le cultivar chinois Sumai 3 qui semble être le plus utilisé comme une source de résistance contre la gale de l'épi (Yu *et al.*, 2008).

4.3. La lutte chimique

Un programme de traitement par fongicides suivant un calendrier peut diminuer l'impact de la maladie et réduit 50 à 60% de sa sévérité. L'efficacité des fongicides est liée au stade physiologique de la plante au moment de l'application (Mc Mullen *et al.*, 2008). Les fongicides les plus utilisées et qui montrent une habilité à réduire la maladie jusqu'à 70% dans le champ et à diminuer l'accumulation des toxines dans les grains, appartient aux : Azol (Bromuconazole, Metconazole, Propiconazol, et

tebuconazole) et aux Strobines (Azoxystrobin) (Sherm *et al.*, 2013). Le contrôle chimique peut être efficace, mais l'inconvénient réside dans le coût énorme des fongicides qui doivent être alternés chaque année, et leurs conséquences sur l'environnement (Vinale *et al.*, 2008).

4.4. La lutte biologique

Plusieurs microorganismes ont montré leur efficacité dans la protection du blé contre la fusariose. Les genres *Bacillus*, *Lysobacter* et *Pseudomonas* sont les agents bactériens les plus étudiés (Yuen *et al.*, 2007). Des levures des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* et *Cryptococcus* et des champignons (*Trichoderma*) peuvent réduire l'inoculum de nombreuses espèces du genre *Fusarium* notamment *F. graminearum* (Palazzini *et al.*, 2007).

Actuellement, plusieurs chercheurs utilisent les anthères du blé pour extraire des microorganismes pour la lutte biologique contre cette maladie (Schisler *et al.*, 2006; Palazzini *et al.*, 2007). Schisler *et al.* (2006) rapportent que les tissus floraux du blé contiennent la choline et la betaine, deux composés qui stimulent la croissance mycélienne de *Gibberella zeae* (téléomorphe de *F. graminearum*), le principal agent de la gale de l'épi. Ils ajoutent que chaque souche pouvant dégrader la choline peut être utilisée pour lutter contre cette maladie.

D'autres chercheurs (Bonanomi *et al.*, 2010) mènent des expériences sur différents types d'amendements organiques dans le but d'identifier les caractéristiques d'un amendement pouvant réduire le taux d'inoculum dans le sol, les communautés microbiennes sont parmi ces caractéristiques recherchées.

4.5. La lutte intégrée

Une lutte efficace contre la fusariose du blé doit combiner différentes méthodes, culturales, l'utilisation des variétés résistantes, les traitements chimiques et l'utilisation d'éventuels agents de la lutte biologique.

I.5. Lutte biologique

5.1. Historique

La première utilisation référencée de lutte biologique a été effectuée par les chinois, dans les environs de l'an 304 avant J.-C. Dans les vergers d'agrumes, les fermiers

utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina* Fabricius, 1775) indigènes qui consommaient certains ravageurs pour protéger les fruits (Waage, 2004). Le premier biopesticide commercialisé dans le monde est « Sporeine » à base de la bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis*, et il été disponible en France en 1938 (Ravensberg, 2011).

5.2. Utilisation de *Trichoderma* dans la lutte biologique

5.2.1. Description

Le genre *Trichoderma* est caractérisé par une vitesse de croissance rapide et une sporulation abondante sur milieu de culture (Gams et Bisset, 1998). Il est facilement reconnaissable en culture grâce à la couleur généralement verte de ses spores (Dubos, 1986). Ce genre est caractérisé par des conidiophores fortement ramifiés selon une structure pyramidale et se terminant par une ou plusieurs phialides. Ces phialides peuvent être cylindriques ou subglobuleuses, regroupés en masse ou solitaires. Les conidies sont hyalines, ellipsoïdes et lisses chez la plupart des espèces, les conidies globuleuses sont rares. Certaines espèces peuvent produire des chlamydospores globuleuses, qui sont intercalaires ou terminales (Samuels et *al.*, 2006).

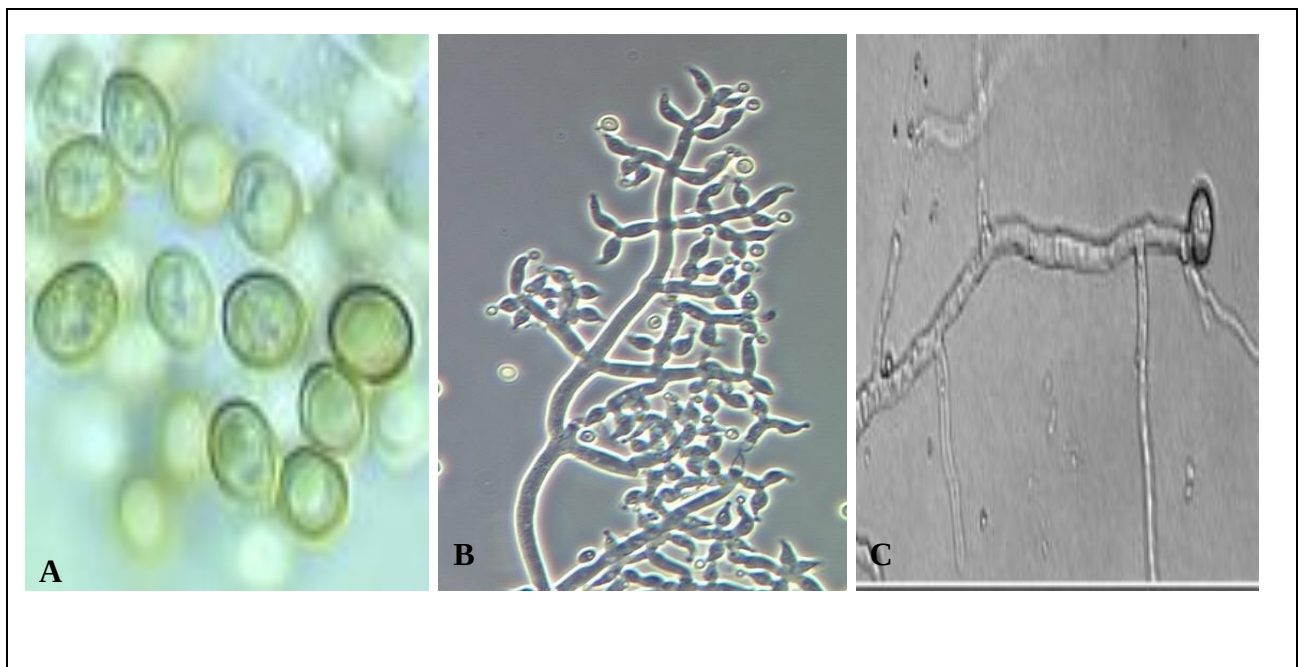


Figure 8. *Trichoderma atroviride*. **A** : conidies. **B** : conidiophores. **C** : chlamydospores. (Samuel et *al.*, 2002)

I. 5.2.2. Taxonomie

Trichoderma. Pers. (1794) est un genre qui appartient au Deutéromycètes (hyphomycètes, moniliales, *moniliaceae*). La forme parfaite des espèces de *Trichoderma* appartient à l'ordre des *Hypocreales*, au genre *Hypocrea* (*Hypocreaceae*, *Hypocreales*, *Hypocreomycetidae*, *Sordariomycetes*, *Ascomycota*, *Fungi*), mais certaines espèces de *Trichoderma* ont été rattachées au genre *Podostroma* P. Karst. et *Sarawakus* Lloyd 1924. Depuis 1860 plusieurs espèces du genre *Hypocrea* ont été cultivées et leur anamorphe *Trichoderma* sont décrits (Samuels, 1996).

Le genre *Trichoderma* avait été introduit à l'origine par Persoon en 1794. En 1865, les frères Tulasne ont bien illustré le lien entre *T. viride* et la forme sexuée *Hypocrea rufa* (Pers.) Fr. (Samuels, 2006).

Au départ, la taxonomie de ce genre a été basée essentiellement sur les caractères morphologiques et les résultats les plus importants dans ce domaine ont été publiés par Rifai (1969) et Bisset (1984 ; 1991a ; 1991b ; 1991c). La première tentative de subdiviser le genre *Trichoderma* a été réalisée par Rifai (1969) qui a subdivisé le genre *Trichoderma* en 9 espèces agrégats tout en reconnaissant que les dernières espèces qu'il a décrit ne sont pas vraiment des espèces biologiques. Cet auteur a bien connu que chaque espèce agrégat est hétérogène et comprend plus d'une espèce biologique, car il n'était pas possible de définir les limites des espèces biologiques individualisées.

Les neuf espèces agrégats décrites par Rifai (1969) sont :

1. *Trichoderma piluliferum* Webster et Rifai
2. *Trichoderma polysporum* (Link) Rifai
3. *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier
4. *Trichoderma koningii* Oudem
5. *Trichoderma aureoviride* Rifai
6. *Trichoderma harzianum* Rifai
7. *Trichoderma longibrachiatum* Rifai
8. *Trichoderma pseudokoningii* Rifai
9. *Trichoderma viride* Pers. : Fr.

Bisset dans ses travaux (1984, 1991a, 1991b, 1991c) a inclut des souches préalablement étudiées par Rifai (1969), mais les deux auteurs ont abouti à des conclusions différentes à propos de l'identité des espèces chez le genre *Trichoderma*. Bisset (1991a) a essentiellement érigé les espèces de Rifai (1969) au rang de section, et reconnu 5 sections et dans chaque section, a identifié deux à plusieurs espèces.

Les sections de *Trichoderma* décrites par Bisset (1991a) sont :

1. La section *Trichoderma*
2. La section *Longibrachiatum* Bisset
3. La section *Saturnisporum* Doi et al
4. La section *Pachybasium* Sacc.
5. La section *Hypocreanum* sect.nov

Bisset (1991b) avait rapporté que l'identification précise des espèces de *Trichoderma* ne peut se faire sans intégrer les caractères morphologiques, l'analyse moléculaire, et l'étude du cycle de vie du champignon (holomorphe).

Actuellement, la taxonomie du genre *Trichoderma* repose essentiellement sur la phylogénie basée sur l'analyse de l'ADN (Samuels, 2006).

I. 5.2.3. Ecologie

Le genre *Trichoderma* est distribué à travers le monde, dans les sols et dans d'autres habitats qui contiennent des matières organiques. Il se trouve aussi sur les racines des plantes, surtout lorsqu'elles sont colonisées par d'autres champignons et il se développe même sur des sclérotés ou d'autres propagules de champignons (Papavizas, 1985). Plus récemment, il a été trouvé dans la poussière des maisons (Samuels, 2006).

La préférence écologique de *Trichoderma* a été discutée dans les travaux de Danielson et Davey (1973a, 1973b) qui mentionnent que les populations de *Trichoderma* augmentent dans les conditions de longue sécheresse du sol. Ils ont aussi conclu que certaines souches de *T. harmatum* et *T. pseudokoningii* sont adaptées aux conditions d'humidité excessive du sol, *T. viride* et *T. polysporum* sont restreints aux endroits de basse température et que *T. harzianum* est largement distribué dans les régions à climat chaud.

L'abondance de *Trichoderma* dans les sols variés est couplée à son habilité à dégrader différents substrats organiques, son adaptabilité métabolique et sa résistance aux inhibiteurs microbiens. Tous ces caractères permettent à *Trichoderma* de survivre dans plusieurs niches écologiques qui dépendent des conditions et des espèces ou des souches impliquées (Papavizas, 1985).

I.5.3. Mécanismes d'action de *Trichoderma* spp.

Trichoderma est sans conteste l'agent de lutte biologique fongique le plus étudié au niveau des mécanismes d'action. Plusieurs mécanismes ont été mis en évidence : la compétition, le mycoparasitisme, l'antibiose, l'induction de la résistance chez la plante et la stimulation de sa croissance. Ces mécanismes peuvent intervenir seuls, en association ou séquentiellement (Jijakli, 2003).

La lutte biologique contre les maladies des plantes est la conséquence des interactions entre la plante, les agents pathogènes et les agents de lutte biologique (Vinale et *al.*, 2008).

A. Interaction *Trichoderma*-agent pathogène

➤ Compétition avec les agents pathogènes et la population microbienne du sol

La compétition pour le carbone, l'azote et autres facteurs de croissance en même temps que la compétition pour l'espace et les sites spécifiques d'infection peuvent être utilisées par les agents de lutte biologique contre les agents phytopathogènes (Vinale, et *al.*, 2008).

Ainsi *T. harzianum* peut contrôler *Botrytis cinerea* Pers. chez la vigne en colonisant les tissus floraux et exclut ainsi le pathogène de ses sites d'infection (Gullino, 1992)

La compétition pour les éléments nutritifs entre *Trichoderma* et *Pythium ultimum* Trow a été suggérée par l'observation d'une colonisation rapide par l'agent antagoniste corrélée avec la diminution des symptômes (Jijakli, 2003). Sivan et Chet (1989) ont démontré que la compétition pour les éléments nutritifs est le mécanisme majeur utilisé par *T. harzianum* pour lutter contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* Snyder et Hansen (Vinale et *al.*, 2008).

➤ Mycoparasitisme et les enzymes lytiques

Le processus de mycoparasitisme est complexe, il se compose de plusieurs étapes notamment la reconnaissance de l'hôte par l'agent antagoniste, la pénétration, l'attaque et la mort de l'hôte (Vinale et *al.*, 2008).

Durant ce processus, *Trichoderma* secrète des enzymes qui dégradent la paroi cellulaire du champignon hôte, libérant par la suite des oligomères de la paroi cellulaire du pathogène (Vinale et *al.*, 2008). Il existe en effet plus de 20 gènes séparés qui peuvent être impliqués dans le mycoparasitisme. *Trichoderma* produit dix chitinases différentes et plusieurs β -1,3-glucanases et des protéases (Vidhyasekaran, 2004).

L'espèce *T. harzianum* produit des protéases qui dégradent les enzymes hydrolytiques produits par *B. cinerea* au niveau des feuilles de l'haricot et empêchant ainsi le pathogène d'infecter son hôte (Whipps, 2009).

➤ L'antibiose et les métabolites secondaires

Les espèces du genre *Trichoderma* sont capables de produire un très grand nombre de métabolites secondaires, dont certains jouent un rôle dans l'antagonisme (Jijakli, 2003). La production des métabolites secondaires par *Trichoderma* spp. dépend de ses différentes souches. Ces métabolites comprennent aussi les substances antifongiques. Ils appartiennent à différentes classes de composés chimiques.

Ces métabolites ont été classés par Ghisalberti et Sivasithamparam (1991) en trois catégories : Des antibiotiques volatils : exemple 6-pentyl- α -pyrone (6PP), des composés hydrosolubles et des « *peptaibols* ».

Selon son profil antibiotique, *T. virens* comprend deux groupes P et Q. les souches de groupe P produisent la gliovirine qui est active contre *P. ultimum* et n'est pas active contre *Rhizoctonia solani* Kün. Par contre, les souches de groupe Q produisent la gliotoxine qui est très active contre *R. solani*, mais moins active contre *P. ultimum* (Howell, 2006).

B. Interaction *Trichoderma*-plante

En plus de l'effet sur les agents pathogènes, certaines espèces de *Trichoderma* peuvent coloniser la surface des racines et causer des changements considérables dans le métabolisme de la plante (Harman et *al.*, 2004). Plusieurs études ont montré que certaines souches de *Trichoderma* induisent la résistance chez la plante et stimulent sa croissance.

➤ Induction de la résistance chez la plante hôte

Certaines espèces de *Trichoderma* peuvent induire la résistance de la plante contre les agents pathogènes. *T. harzianum* induit la résistance systémique contre l'oïdium (Elad et *al.*, 1999), les infections par *B. cinerea* (De Meyer et *al.*, 1998), et la pourriture racinaire du coton (Howell et *al.*, 1999).

Le travail de Bigirimana et *al.* (1997) est probablement le premier à avoir démontré ce concept, ils ont démontré que le traitement du sol par *T. harzianum* T-39 rend les feuilles du haricot résistantes à *B. cinerea* et *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & magnus) Briosi et Cavara (Harman et *al.*, 2004).

De Mayer et *al.* (1998) ont montré aussi que le traitement du sol par *T. harzianum* T-39 a conduit à la réduction des symptômes de la pourriture causée par *B. cinerea* sur tomate, laitue, poivron, haricot et tabac. Ceci est dû à l'induction d'une résistance systémique par *T. harzianum* T-39.

Durant l'interaction de *Trichoderma* avec la plante, différentes classes de métabolites peuvent agir comme des éliciteurs, ou des inducteurs de la résistance. Ces molécules comprennent : des protéines à activité enzymatique comme le xylanase, des produits qui induisent la réaction de défense dans la plante et des composés à faible poids moléculaire libérés par les parois cellulaires du champignon ou de la plante par l'activité enzymatique de *Trichodema* (Harman et *al.*, 2004 ; Woo et *al.*, 2006).

Djonović et *al.* (2006) ont identifié une petite protéine éliciteur sécrétée par *T. virens*, et ils ont démontré son implication dans l'activation des mécanismes de la défense, et l'induction de la résistance systémique chez la plante.

➤ Stimulation de la croissance de la plante

Parmi les champignons qui stimulent la croissance des plantes, *Trichoderma* est probablement le plus connu (Harman et *al.*, 2004 ; Harman, 2006). *Trichoderma* peut solubiliser le phosphore et plusieurs micronutriments, améliorer l'assimilation de l'azote par la plante, et favoriser le développement et la formation du chevelu racinaire (Altomare et *al.*, 1999 ; Harman, 2006).

Cutler et *al.* (1986) et (1989) ont rapporté l'isolement, l'identification et l'activité biologique des métabolites secondaires produits par *T. koningii* (koninginin A) et *T. harzianum* (6-pentyl- α -pyrone) qui agissent comme des régulateurs de croissance de la plante.

Trichoderma spp. aussi produisent des acides organiques notamment les acides gluconique, citrique ou fumarique, réduisent le pH du sol, et permettent la solubilisation des phosphates, des micronutriments et les cations minérales comme le fer, le manganèse et le magnésium, nécessaires pour le métabolisme de la plante (Benitez et *al.*, 2004 ; Harman et *al.*, 2004)

C. Interaction *Trichoderma*-plante hôte-agent pathogène

L'étude de l'interaction *Trichoderma*-plante hôte-pathogène a reçu moins d'attention, vu sa complexité et la difficulté de la reproduire *in vitro*. Des travaux récents ont étudié les aspects morphologiques et moléculaires impliqués dans cette interaction en utilisant des nouvelles méthodes (Vinale et *al.*, 2008).

Marra et *al.* (2006) ont étudié les interactions de *Trichoderma* avec la plante et différents agent pathogènes fongiques, ils ont utilisé une approche protéomique pour analyser les différentes protéines produites. Les résultats indiquent que la présence de l'antagoniste modifie quantitativement et qualitativement la réponse de la plante à l'attaque du pathogène. Dans certains cas, le champignon antagoniste réduit la production de certaines protéines de défense, mais provoque l'accumulation d'autres. Ces observations suggèrent que la réponse de la plante à un agent de lutte biologique spécifique dépend des trois facteurs combinés.

I. 5.4. Applications pratiques de *Trichoderma*

L'emploi du *Trichoderma spp.* s'avère plus aisé lorsque le travail est réalisé dans des conditions contrôlées, comme les serres. L'application de *Trichoderma spp.* peut être combinée avec un traitement chimique à dose et à fréquence réduites. Le bio-pesticide à base de *Trichoderma* peut être incorporé directement au sol ou aux composts servant à amender les sols. Son emploi a permis une réduction substantielle de différents pathogènes du sol des cultures maraîchères tels que *Fusarium sp.*, *Phytophthora sp.*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Sclerotinia sp.* (Jijakli, 2003).

I. 5.4.1. Les biofongicides à base de *Trichoderma*

IL existe plus de 50 formulations de biofongicides à base de *Trichoderma* valables comme des produits enregistrés à travers le monde (Woo et al., 2006). Quelques bio-fongicides sont présentés dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7. Quelques bio-fongicides à base de *Trichoderma* commercialisés contre les maladies foliaires. (Whipps et Mark, 2009)

Agent antagoniste	Agent cible	Hôte	Produit	Source	Pays
<i>T. atroviride</i> LC52	<i>Botrytis cinerea</i>	Vigne, tomate	Sentinel	Agrimm Technologies	Nouvelle Zélande
<i>T. harzianum</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Eutypa lata</i>	Concombre, tomate, raisin	Eco-77	Plant Health Products	Afrique du sud
<i>T. harzianum</i> + <i>T. viride</i>	<i>Armillaria</i> , <i>Eutypa lata</i> , <i>Botryosphaeria</i>	Vigne, fruits à noyaux	Vinevax, Vinevax Bio-dowel, et autres	Agrimm Technologies	Nouvelle Zélande

Tableau 8. Quelques biofongicides à base de *Trichoderma* commercialisés contre les agents pathogènes du sol. (Whipps et Mark, 2009)

Agent Antagoniste	Agent cible	Maladie / hôte	Produit	Source	Pays
<i>Trichoderma</i> spp.	Champignons du sol	Gazon, cultures sous serre et en plein champ	Trich-A-Soil	Becker Underwood Pty Ltd.	Australie
<i>Trichoderma harzianum</i> T-22 (KRL-AG2)	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Cylindrocarpon spp.</i> , <i>Thielaviopsis spp.</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia homeocarpa</i>	Différentes cultures, espèces ornementales et le gazon	T-22 HC, T—22 Planter Box et autres	Bio-works Inc, Fairport, NY.	Etat unis
<i>T. harzianum</i>	Différents champignons	plusieurs légumes	Supresivit	Borregaard and Reitzel	Danemark
<i>T. harzianum</i> + <i>T. viride</i>	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Phytophthora spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> et <i>Rhizoctonia solani</i>	Cultures de plein champ, légumes, plantes ornementales.	Trichodry, Trichoflow, Trichogrow, Trichopel R Trichopel	Agrimm Technologies	Nouvelle Zélande
<i>T. viride</i>	<i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	Pourritures racinaires de plusieurs plantes	Ecoderma	Margo Biocontrol Private Ltd.	Inde

II. MATERIEL ET METHODES

II. Matériel et méthodes

II. 1. Matériel

II. 1.2. Matériel fongique

II.1.2.1.Agent pathogène

Le matériel fongique utilisé est composé d'une collection de 3 isolats obtenues par isolement à partir des épis et du collet du blé ayant montré les symptômes typiques de la fusariose (Tableau 9). Ces symptômes se manifestent sur épi par une coloration allant du rose à l'orange due à la présence d'une masse de spores, et à la présence de nécroses sur le collet avec un brunissement de la partie supérieure des racines.

Tableau 9 : Origines des isolats de l'agent pathogène

Isolat	Origine	Variété	Organe d'isolement
1	Médéa	Blé dur	Entre nœud
2	Médéa	Blé dur	nœud
3	Boumerdes	Bé dur	collet

1.2.2. Agent antagoniste

Un isolat appartenant au genre *Trichoderma* a été utilisé pour évaluer l'activité antagoniste in-vitro à l'égard des isolats de *Fusarium spp.* L'isolat appartient à la mycothèque du laboratoire de mycologie de l'INPV issu de semences de maïs traités à l'importation effectué en 2014 (Figure9).

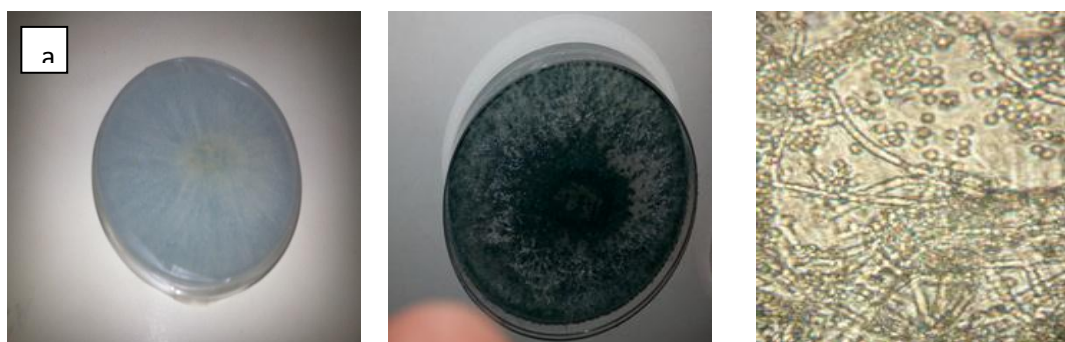


Figure 9. Photos macroscopiques et microscopique de l'isolat de *Trichoderma spp.* (A, B, C (Gx40))

2. Echantillonnage :

2.1.1 Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage est aléatoire, réalisé durant la période Mars - Avril de l'année 2016. Il a été effectué au niveau des parcelles céréalières de blé dur.

- 1^{er} Site situé dans la Willaya de Médéa (Commune de Sedraya « Beni Slimane »)
- 2^{eme} Site situé au niveau de la Willaya de Boumerdés (Commune de Chaabet el Aneur (figure 10,11))

Les plants présentaient des symptômes typiques de la pourriture racinaire (pourriture des racines et brunissement du collet) (figure12 -13).



Figure 10. Parcelle de blé dur infectée par *Fusarium sp.*
Willaya de Boumerdes année 2016



Figure 11. Symptômes de la fusariose sur épi de blé dur W.Boumerdes année 2016



Figure 12. a/Echantillons prélevés de la parcelle de Médéa,
b/ Echantillons prélevés de la parcelle du Boumerdes



Figure 13 Symptômes de la fusariose (brunissement des nœuds et des entre nœud)

II. 2. Méthodes

III. 2.1. Isolement et identification morphologique des isolats fongiques associés à la fusariose

2.1.2. Isolement

Les échantillons qui présentent les symptômes de la maladie sont découpés en petits segments (5mm à 10 mm de longueur), puis désinfectés dans l'hypochlorite de sodium dilué à 2 % pendant 5 mn, qui sont rincés dans 3 bains successifs d'eau distillée stérile pendant 5 mn chacun, puis séchés entre dans du papier wathmann. Les fragments sont déposés dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA (Annexe n°1) à raison de 5 fragments par boîtes (Figure 14). Les cultures sont incubées à la température ambiante du laboratoire (22°C). Après 4 à 5 jours, à partir des colonies fongiques développées des petits fragments fongiques sont prélevés et transférés dans de nouvelles boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA pour la purification et la caractérisation (Davet.P, 1997) .



Figure 14. Disinfection des fragments

II.2.2. Purification des isolats

Après isolement, les colonies appartenant au genre *Fusarium* ont été repérées (vérification microscopique) et repiquer deux fois sur milieu PDA dans des conditions stériles ; dans le but d'obtenir des isolats complètement pure.

II.2.3. Identification morphologique des isolats

L'identification des espèces de *Fusarium* spp., est basée principalement sur les critères morphologiques établis par Toussoun et Nelson (1976), Booth (1977) et en se basant aussi sur la description des espèces du genre *Fusarium* établie par Leslie et Summerell (2006). Les principaux critères sont :

- L'aspect et la coloration du mycélium sur milieu PDA.
- La taille et la forme des macroconidies.
- La présence ou l'absence des microconidies.
- La présence ou l'absence de chlamydospores.

II.2.4. La conservation des isolats

Après purification et identification, les souches sont conservées au froid à 4°C dans des tubes inclinés contenant le milieu PDA.

II.2.5. Etude de l'effet de la température et milieu sur la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* spp.

Cette étude est réalisée dans le but de déterminer le milieu idéal et la température optimale au développement des *Fusarium* spp. Étudiés par un relevé quotidien de la croissance mycélienne (mesure du diamètre des colonies) . 3 températures ont été choisies selon le protocole établi par Brenan et *al.* (2003). Une température basse, moyenne et élevée. Les milieux choisis sont organiques et minéraux propices au développement des champignons du sol. L'incubation été a l'obscurité. Des boites de Pétri de 9 cm de diamètre contenant le milieu soit PDA, Czapek et Malt sont ensemencées au centre par des explants de 5 mm de diamètre, prélevés à partir de cultures des différents isolats de *Fusarium* spp. âgés de 7 jours. Trois répétitions sont réalisées pour chaque température et chaque milieu et pour chaque isolat.

Des mesures de la croissance mycélienne sont effectuées après 24h, du repiquage des isolats fusariens et d'une façon journalière et jusqu'à l'envahissement du milieu complet.

II. 2.2. Etude *in vitro* de l'activité antagoniste de *Trichoderma* spp. vis-à-vis des isolats de *Fusarium* spp.

L'effet des isolats de *Trichoderma* sur la croissance mycélienne est étudié selon deux méthodes (confrontation directe et confrontation à distance).

II.2.2.2.Confrontation directe

La technique utilisée est celle décrite par Benhamou et Chet (1997). Cette technique consiste à placer dans la même boite de Pétri (85 mm de diamètre) contenant le milieu PDA, deux explants (5mm de diamètre prélevés d'une culture âgée de 7 jours) de l'agent antagoniste (*Trichoderma* spp.) et de *Fusarium* spp. Les deux explants sont placés suivant un axe diamétral à 5 cm et à équidistance du centre de la boite (Fig. 15). L'incubation est réalisée à 25°C à l'obscurité pendant six jours. Des boites témoins ne contenant que l'agent pathogène sont incubées dans les mêmes conditions (Berber et al, 2009)

Des notations concernant l'inhibition de la croissance diamétrale des colonies de *Fusarium* spp et leur envahissement par l'agent antagoniste sont effectuées tous les deux jours (Juliette D, al 2010) .

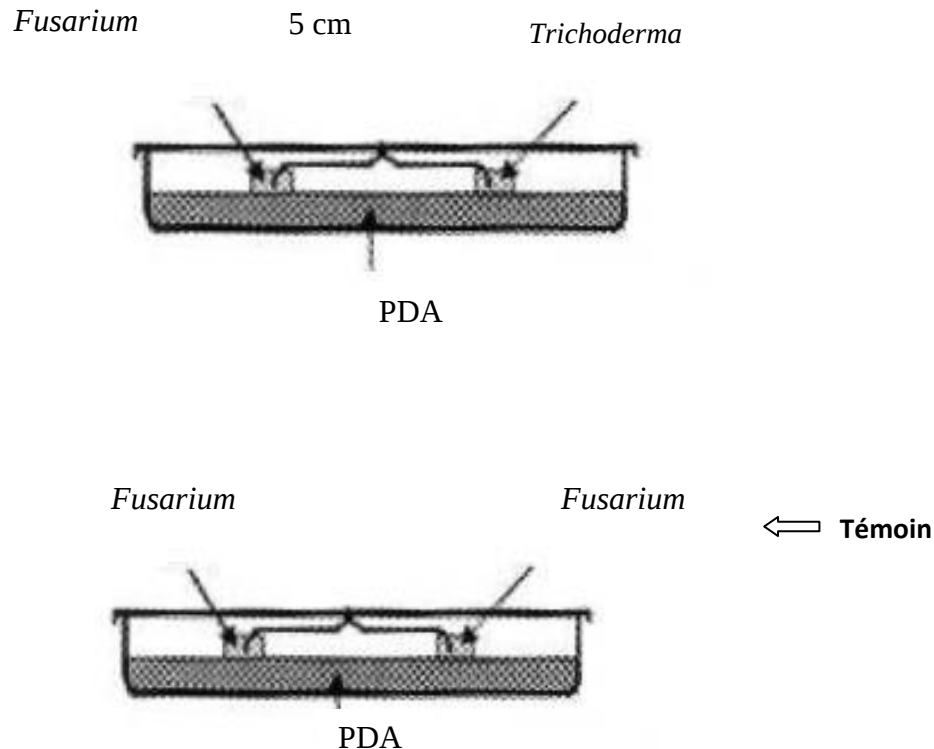


Figure 15: Schéma montrant la confrontation directe (Hibar *et al.*, 2005)

2.2. 3.Confrontation à distance

L'agent antagoniste et le pathogène sont repiqués dans deux boîtes séparées contenant le milieu PDA; par la suite, un assemblage est réalisé par superposition des deux boîtes, l'antagoniste en bas et le pathogène en haut.

La jonction entre les deux boîtes est assurée par du parafilm afin d'éviter toute perte des substances volatiles (Fig.16). Les boîtes sont incubées à l'obscurité à 25°C pendant 4 jours. Le témoin est formé par superposition de deux boîtes, celle du haut contenant un explant de *Fusarium* sp. , alors que celle du bas ne contenant que le milieu PDA (Daami-Remaldi et El Mahjoub, 2001).

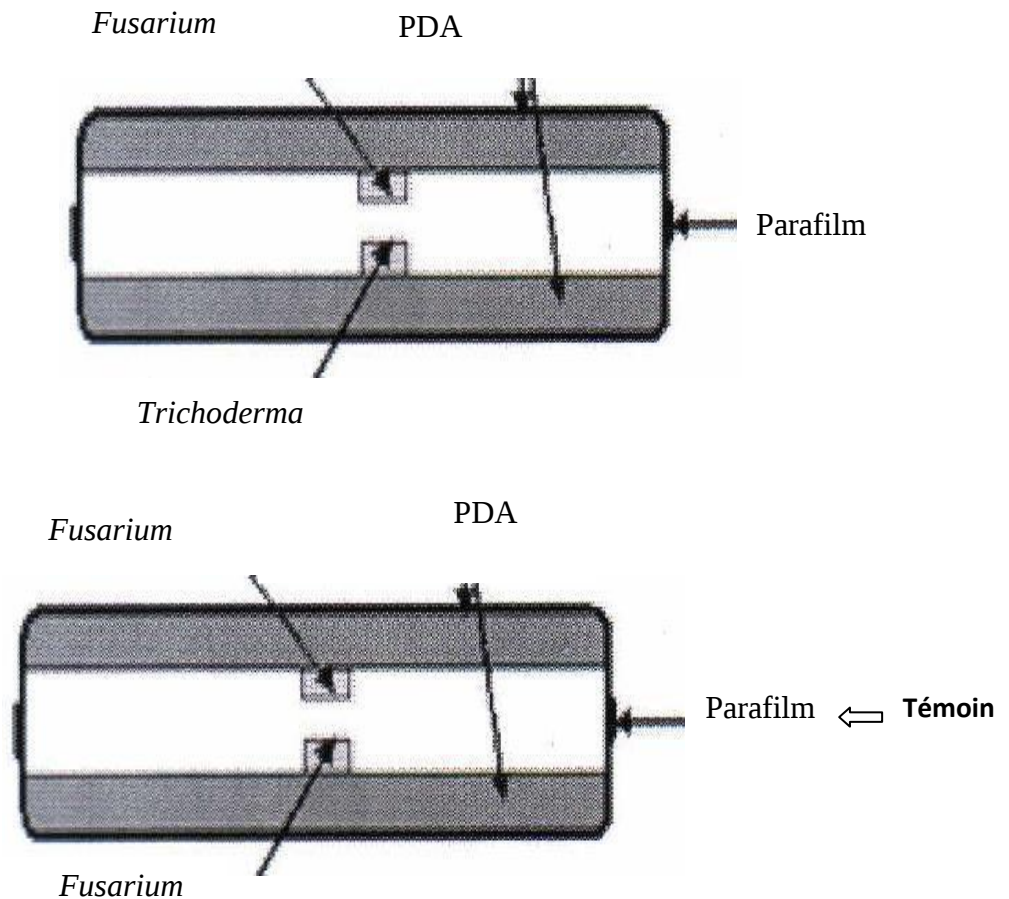


Figure 16. Schéma montrant la confrontation à distance

2.2.4 Mesure de l'inhibition de la croissance mycélienne

Pour déterminer le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'agent pathogène causée par l'agent antagoniste *trichoderma spp* , des mesures journalières du diamètre de la colonie sont effectuées. Le taux d'inhibition de la croissance est calculé selon la formule suivante (Rapiy ,1968)

$$IC\% = \frac{DT-DPA}{DT} \times 100$$

DT : croissance diamètre du témoin

DPA : croissance diamètre mycélienne du pathogène en présence de l'antagoniste

IC : taux d'inhibition de la croissance mycélienne

2.2.5. Mycoparasitisme

Le comportement parasitaire des souches de *Trichoderma* a été mis en évidence par la technique de Camporota. Après la confrontation directe, la zone d'interpénétration des deux colonies a été observée au microscope afin d'estimer l'intensité de l'enroulement des hyphes de *Trichoderma* sur ceux des pathogènes (Berber *et al.*, 2009)

I 3. Analyse statistique

Les résultats relatifs aux tests *in vitro* sont interprétés par l'utilisation de l'analyse de la variance (logiciel SYSTAT version 07).

Les différences entre les isolats pour les paramètres étudiés (croissance mycélienne, température, jours, souches) sont comparées par le biais du test de la variance, en déterminant la variance à l'aide du GLM (General Linear Model), les différences ont été considérées comme significatives pour un $P \leq 0,05$.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III. Résultats et discussion

1. Résultats

1. 1. Isolement et purification

L'isolement est effectué à partir des nœuds, entre nœuds et collet des plants de blé dur présentant les symptômes typique de la fusariose du blé (figure17).

Après purification, nous avons sélectionné quelques isolats d'apparence macromorphologique similaire aux caractères connus chez les *Fusarium sp.*



Figure 17. Isolement des fragments du blé dur sur milieu PDA

1.2. Identification et caractérisation des isolats de *Fusarium sp*

Parmi les isolats purifiés, trois isolats sont identifiés, selon la clé de détermination élaborée par (Toussoum et Nelson, 1985). Les critères morphologiques retenus sont : la couleur de la pigmentation, l'aspect de mycélium la forme et la dimension des fructifications (tableau 10).

La description culturelle des trois isolats a révélé des colonies à croissance rapide. Une variabilité culturelle est essentiellement basée sur la pigmentation des colonies et leurs aspects, les dimensions des conidies, leur forme et les nombres de cloisons.

Tableau 10.Caractérisation des 3 isolats

isolat	Origine	Organe d'isolement	Dimension de conidie	Couleur	espèces
1	Média	Entre nœud	10×3 µm 2 à 3 Cloisons	Cotonneux violacée	<i>Fusarium nivale</i>
2	Média	Nœud	9×2 µm 1 à 3 Cloisons	Semi-cotonneux rose fuchsia	<i>Fusarium nivale</i>
3	Boumerdes	collet	6×6 µm 0cloisson	Rasant saumon Foncée	<i>Fusarium tricinctum</i>

- Le mycélium de la colonie 1 est d'une couleur violacée avec un aspect cotonneux, avec des conidies en forme de croissons épaisse et courte, le nombre de cloisons varies entre 2 à 3 cloisons et mesurent au moyenne 10×3µm. Cette description suspense à l'espèce ***Fusarium nivale*** (figure18).
- Le deuxième isolat donne une colonie semi-cotonneuse d'une couleur rose fuchsia, les macros conidies sont amincies aux deux extrémités ; la cellule apicale est plus pointue que la cellule basale, de dimension uniformes de 9×2µm. Elles comportent 1à 3 cloisons. Cet isolat ne comporte ni des microconidies ni des chlamydospores. Cette description suspense à l'espèce ***Fusarium nivale*** (figure19).
- Le troisième isolat donne une colonie à mycélium saumon foncé d'un aspect rasant, les microconidies sont nombreuses d'une forme piriformes monocellulaires (absence des cloisons), mesurent 6×6µm. Cet isolat ne comporte ni des macroconidies ni des chlamydospores. Cette description suspense à l'espèce ***Fusarium tricinctum*** (figure20).

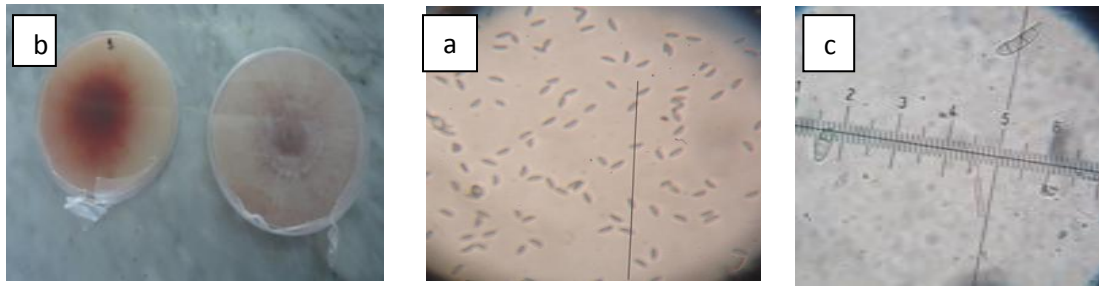


Figure 18. Aspect macroscopique(a) et microscopique macroconidies (b) $G\times 10$ et macroconidie (c) $G\times 40$ de la souche1.

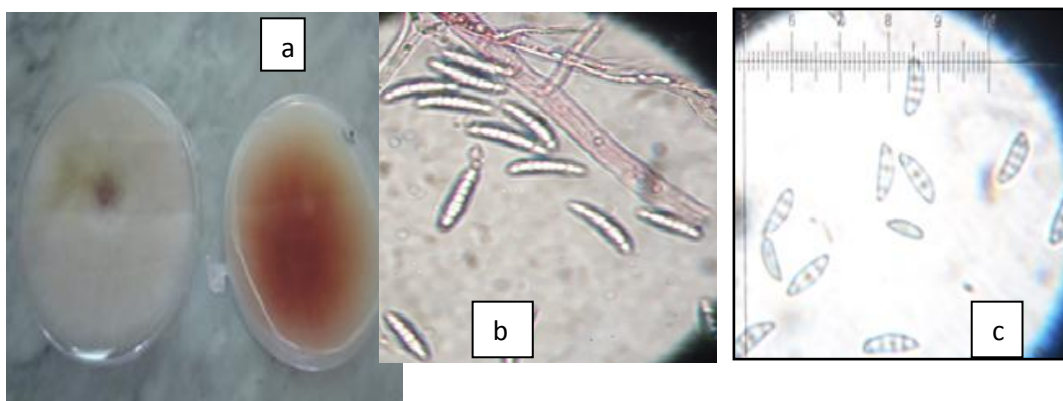


Figure 19. Aspect macroscopique(a) et microscopique mycélium+ conidies (b)et macroconidie (c) $G\times 40$ de la souche2.

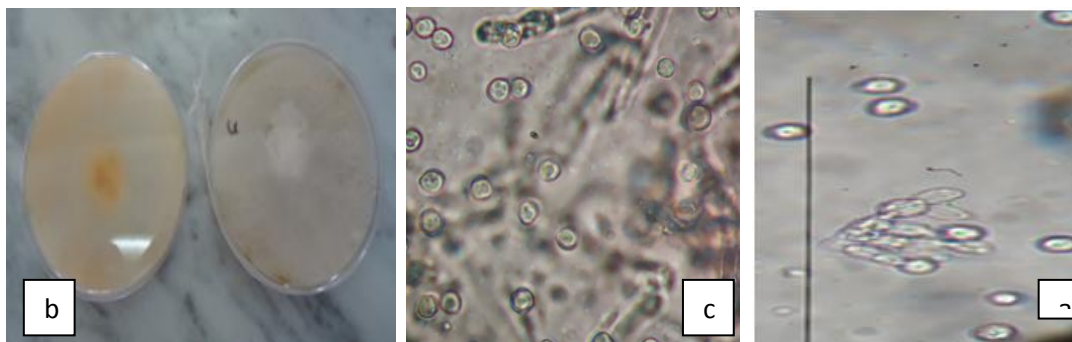


Figure 20. Aspect macroscopique(a) et microscopique mycélium+ conidies (b) et microconidie (c) $G\times 40$ de la souche3

1.3. La Croissance in vitro

Les résultats du test de l'effet de la température et des milieux de culture sur la croissance mycélienne des trois isolats sont représentés sur les tableaux (annexe2) et les figures 21-22-23.

Les deux espèces de *Fusarium nivale* et *Fusarium tricinctum* sont incubés à différentes températures (10, 24 et 35°C) afin de définir la température optimale pour chaque espèce. Ces isolats sont cultivés sur trois différents milieux de culture pour évaluer le meilleur développement.

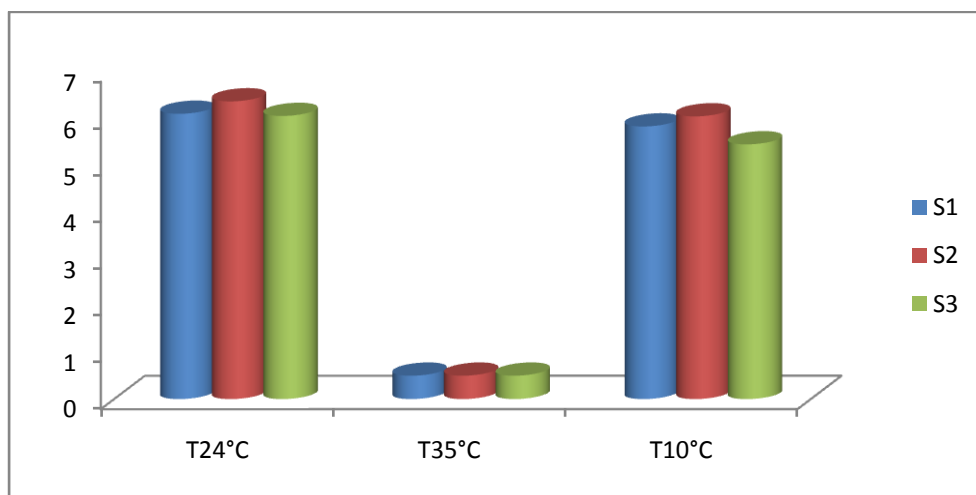


Figure 21. Histogramme d'effet température sur les trois isolats

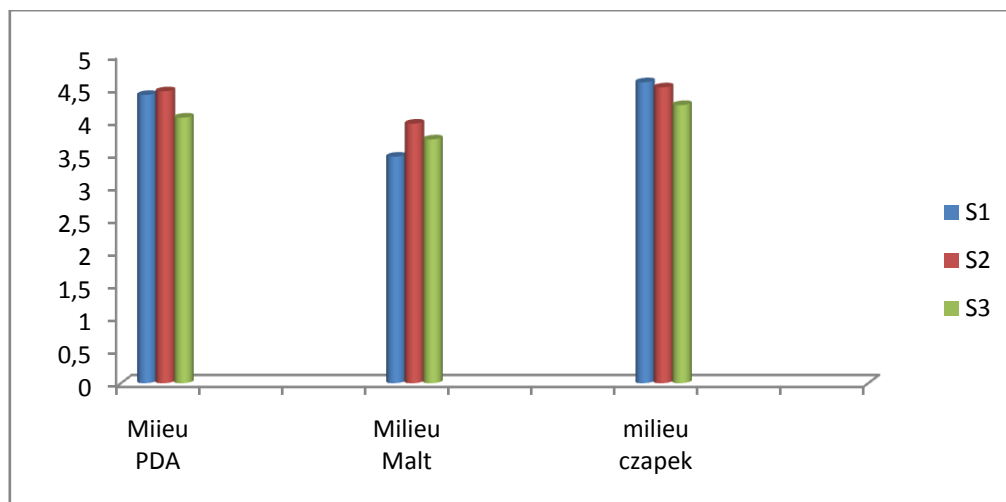


Figure .22. Histogramme d'effet des milieux de cultures sur les trois isolats

Les résultats de l'effet de la température sur la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium sp.* ont révélé une homogénéité entre les isolats. Les deux températures optimales pour les trois isolats sont 10°C et 24°C avec un diamètre moyen qui varie respectivement entre 6,5 et 7 cm après le 7^{ème} d'incubation. Il ressort que la température 35°C est une température inhibitrice avec un diamètre moyen de l'ordre de 0.5cm pour les trois isolats. Un arrêt de développement des isolats a été noté cette température (figure 21)

L'étude de la croissance mycélienne du *Fusarium sp.* nous a permis de savoir la vitesse de croissance sur les différents milieux de culture utilisés afin de déterminer le milieu idéal.

Dans les trois milieux de culture la croissance de colonie se caractérise par une vitesse rapide pour l'ensemble des isolats.

Une moyenne de diamètre entre 4 - 4.5cm mentionnée pour les deux milieux PDA et Czapek. Pour le milieu Malt (tableau), une moyenne de diamètre varie entre 3.5 - 4cm a été notée. Une légère préférence de la croissance des isolats aux deux milieux PDA et Czapek est remarquable par rapport à celle du milieu malt (figure 22)

Les résultats de croissance mycélienne en fonction des deux facteurs ont été aussi étudiés par une analyse de variance.

L'analyse de variance du facteur interaction peut étudier la différence entre les isolats en fonction des jours.

L'analyse de la variance de la croissance mycélienne a révélé qu'il n'y a pas une variabilité entre les isolats, ce qui est montré par une analyse de différence non significative $p=0.84$ (tableau)

Tableau11. Analyse de la variance croissance mycélienne en fonction des modes de souches.

Facteurs	Somme des carrés	ddl	Carr moyenne	F	P
Souches	3.543	2	1.771	0.167	0.846

En mode GLM, il n'y a pas de variabilité entre les isolats, une croissance mycélienne presque identique a été enregistrée pour les trois isolats de *Fusarium sp* (Figure21).

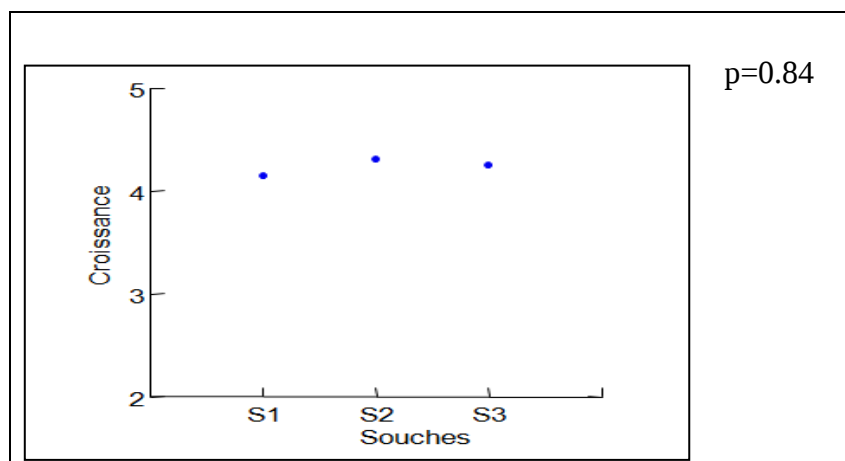


Figure 23. Analyse de la variance des pourcentages de croissance entre les isolats en modèle GLM selon les modes les trois souches.

Par ailleurs, les observations de la croissance mycélienne sur les différents milieux de culture ont montré un changement d'aspect de l'isolat 1 sur le milieu MALT avec un aspect frisé et une couleur foncée par rapport aux deux milieux de culture CZAPEK et PDA (figure22)



Figure24. Aspect frisé de l'isolat 1 sur le milieu MALT

On peut montrer les résultats de la croissance de chaque isolat en fonction du temps (jours), milieux de culture et températures, par une analyse statistique.

Le résultat e l'analyse de la variance de la souche 1 est représentée sur le tableau 12.

Tableau 12. Analyse de la variance de la souche 1 en fonction des modes De milieu, température, temps

Facteurs	Somme des carrés	Ddl	Carr moyenne	F	P
Milieu	66.301	2	33.150	21.227	0.000
Température	1797.103	2	898.552	575.361	0.000
Date	580.585	9	64.509	41.307	0.000

.En mode GLM, l'isolat 1 montre une forte croissance, et presque totale après le 7^{ème} Jours. L'effet température est visible, les deux températures t1 (10°C) et t 3 (24°C) ont un bon effet sur le développement de la souche1. Aucun effet de la température T2 (35°C) sur la souche1. Les deux milieux PDA et Czapek permettent une bonne croissance de la souche1 par apport aux milieux Malt.

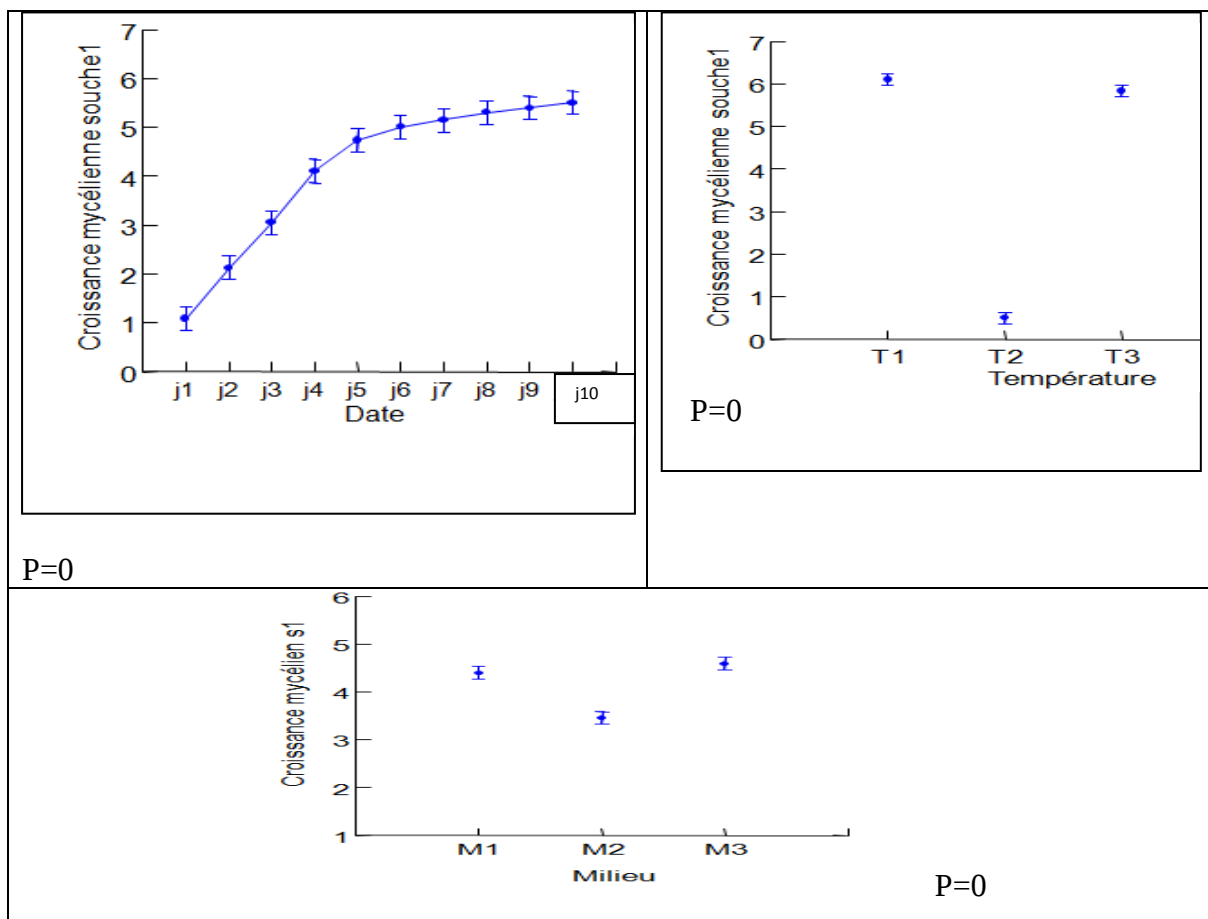


Figure 25. Analyse de la variance des pourcentages de croissance la souche 1 en modèle GLM selon les modes de Temps, température, milieu.

Concernant la croissance de la l'isolat2, l'analyse de la variance est hautement significative tableau13.

Tableau 13. Analyse de la variance de la souche 2 en fonction des modes De milieu, température, temps.

Facteurs	Somme des carrés	ddl	Carr moyenne	F	P
Milieu	16.595	2	8.297	5.980	0.003
Température	1959.744	2	979.872	706.259	0.000
Date	595.665	9	66.185	47.704	0.000

L'isolat 2 montre une croissance très rapide, au bout de 7 Jours. L'effet de la température donne une corrélation positive sur la croissance mycélienne pour les deux températures 10°C et 24°C. La température t2 (35°C) entrave le développement de la souche 2. Une légère préférence de croissance sur les deux milieux CZAPEK et PDA est notée par rapport à celle enregistrée sur le milieu MALT (figure 26).

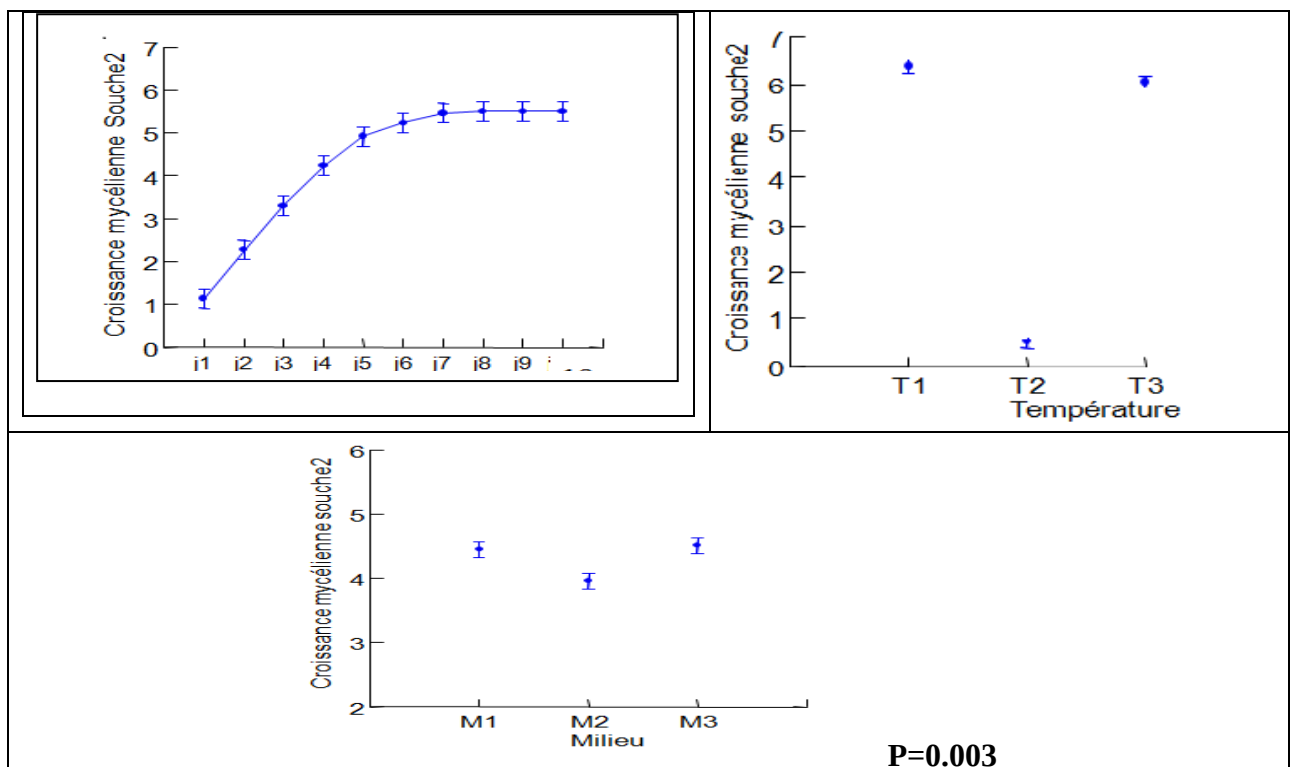


Figure 26. Analyse de la variance des pourcentages de croissance la souche 2 en modèle GLM selon les modes de Temps, température, milieu.

Concernant les résultats de la croissance de l'isolat 3 la différence de la variance hautement significative tableau14.

Tableau14. Analyse de la variance de pourcentage de croissance des souches selon les modes milieu, température, date.

Facteurs	Somme des carrés	ddl	Carr moyenne	F	P
Milieu	13.234	2	6.617	3.645	0.027
Température	1895.700	2	947.850	522.079	0.000
Date	416.779	9	46.309	25.507	0.000

La souche S3 arrive à sa totalité de croissance au bout du 8^{ème} jour. La température t3 (35°C) ne permet aucun développement mycélien.

La croissance mycélienne est intéressante sur les trois milieux utilisés.

Il ressort que l'effet température, milieu et temps ont un effet sur le développement de la souche (figure 27)

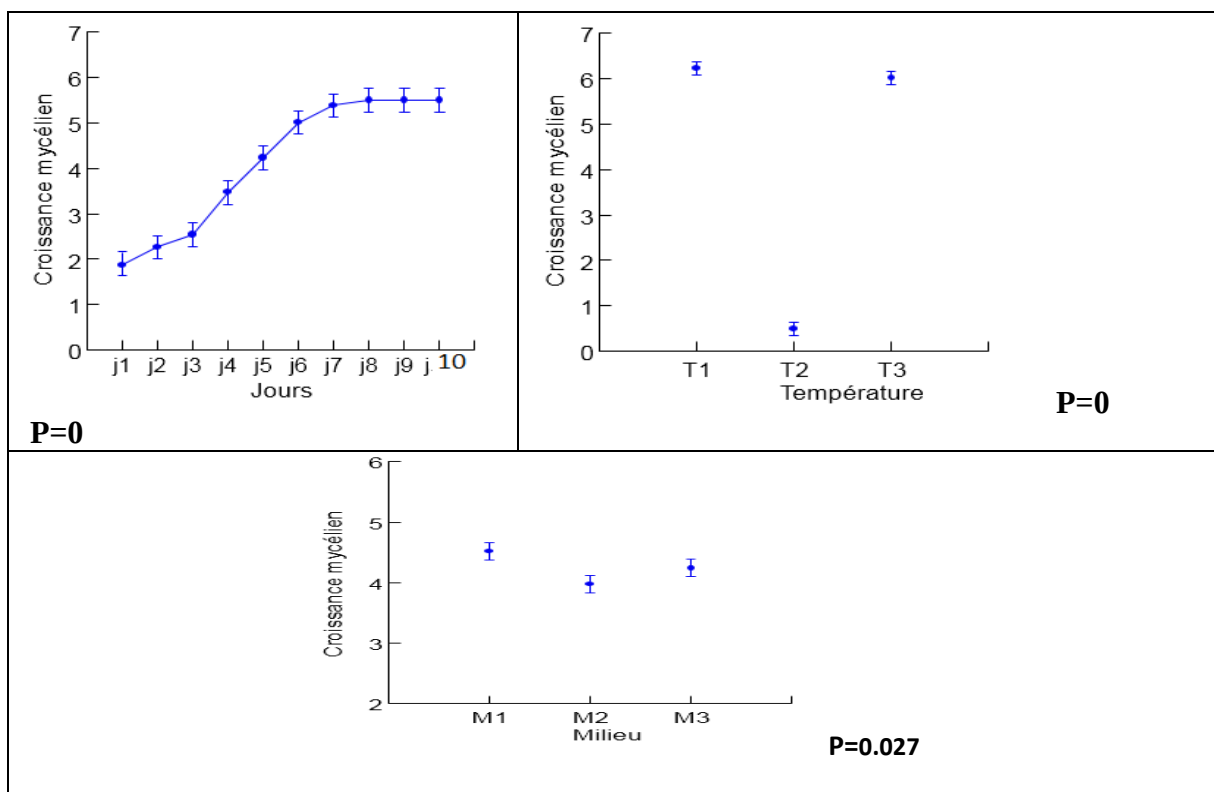


Figure27. Analyse de la variance des pourcentages de croissance entre les souches en modèle GLM selon les modes les trois souches.



Figure28. Arrêt de la croissance des 3 isolats sous température 35°C

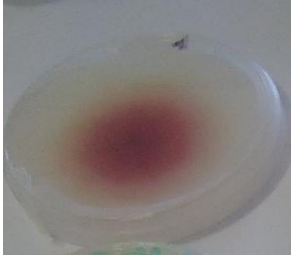
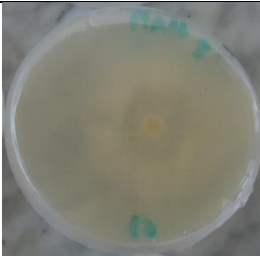
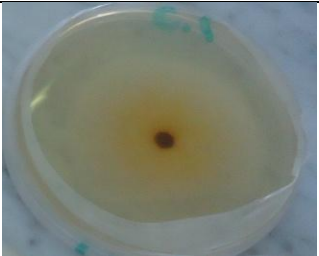
	PDA 3 ^{ème} jr	MALT	CZAPEK
Isolat 1			
Isolat 2			
Isolat 3			

Figure29. Croissance mycélienne des 3 isolats de *Fusarium sp* sur les différents milieux de culture.

1.4. Effet de *Trichoderma* spp. Sur la croissance des isolats de *Fusarium* spp.

1.4.1. Confrontation directe

Le repiquage simultané de *Trichoderma* spp. et les isolats de *Fusarium* spp. a montré une croissance plus rapide de *Trichoderma* spp. au bout de quatre jours d'incubation. la boîte est presque totalement envahie par l'antagoniste alors que les isolats de *Fusarium* spp. occupent des surfaces réduites.

Les résultats obtenus (Tableau annexe 3) montrent l'existence d'une nette réduction du diamètre moyen des colonies des isolats de *Fusarium* spp. en présence des isolats de *Trichoderma* spp. par rapport au témoin (fig. 31,32,33).

L'analyse de la variance du diamètre moyen des colonies des isolats de *Fusarium* spp. a montré l'existence d'une différence très hautement significative entre les différents isolats $P=0$ et date $P=0.041$ et le facteur interaction (isolat- date) avec $P=0.001$ (tableau15)

Tableau 15. Analyse de la variance de pourcentage d'inhibition des souches selon les modes date, souche, facteur interaction

Facteurs	Somme des carrés	ddl	Carr moyenne	F	P
Date	5074.356	4	1268.589	36.973	0.041
isolats	1116.933	2	558.467	16.277	0.000
Interaction date-souche	1328.178	8	166.022	4.839	0.001

D'après le model GLM selon les isolats, date et le facteur interaction. Aucune différence significative dans le degré d'envahissement des espèces de *Fusarium* spp. n'a été noté. Un envahissement et recouvrement totale des isolats de *Fusarium* est observé par les isolats *Trichoderma* sp. (figure 30)

De plus, il est à noter que le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de par le *Trichoderma* sp. est de 100 % pour tous les isolats après le 4^{ème} jour.

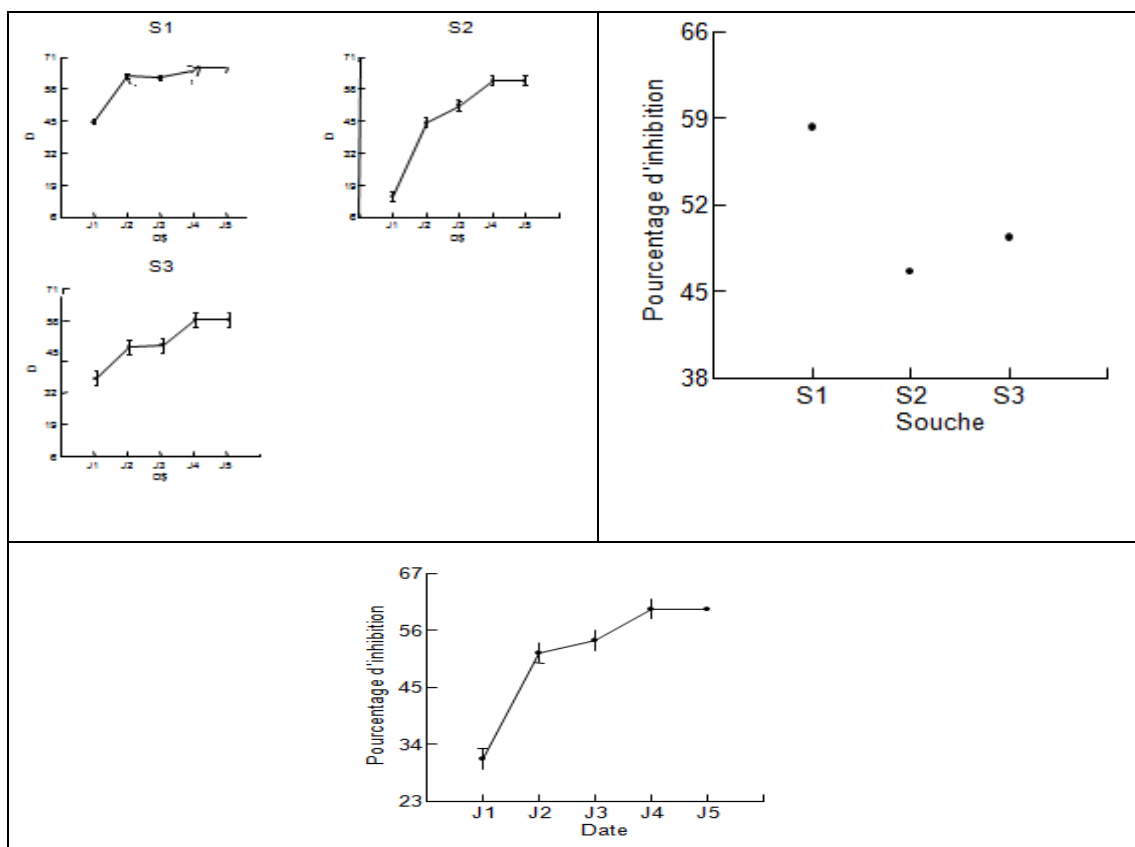


Figure 30. Analyse de la variance des pourcentages d'inhibition des souches en modèle GLM selon les modes de souche, date, facteur interaction

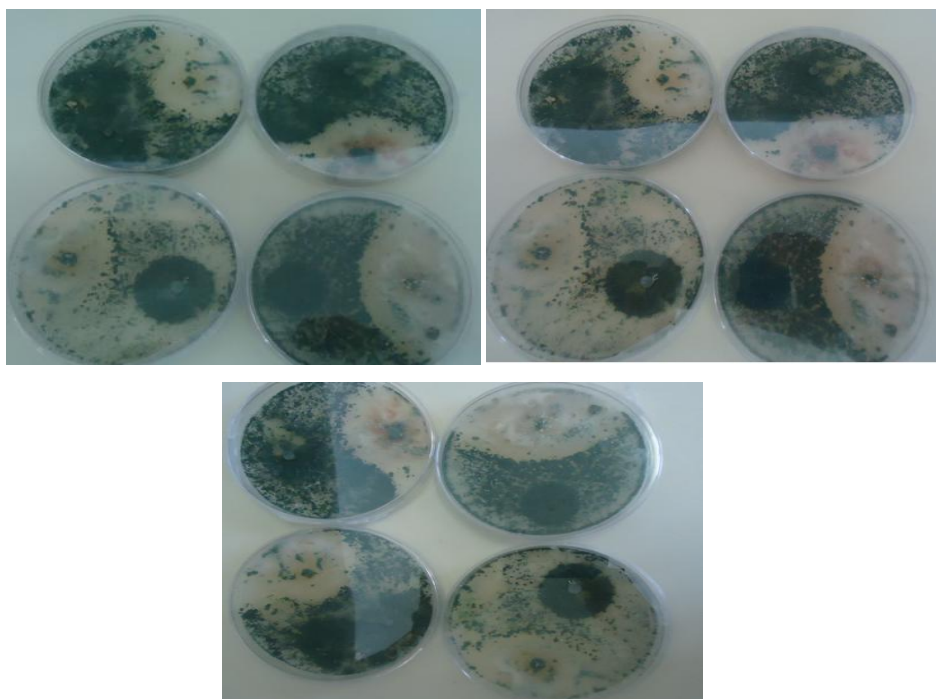


Figure31. Résultat de la confrontation directe après 3^{ème} jour.



Figure32. Résultat de la confrontation directe après 5^{ème} jour.

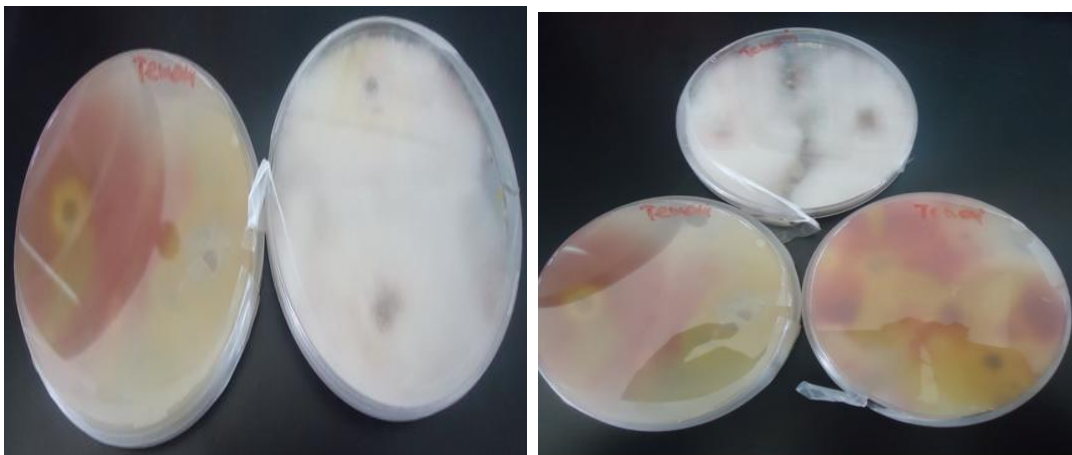


Figure33. Résultat de la confrontation directe du témoin après 5^{ème} jour.

Nous avons noté une légère activité d'agent antagoniste (*Trichoderma sp*), traduit par une zone d'inhibition, au bout de 48h, mais qui disparaît après 62h

1.4.2. Confrontation à distance

Cette technique nous a permis de mettre en évidence l'effet inhibiteur à distance des isolats de *Trichoderma spp.* exercé sur les isolats de *Fusarium spp.* par la sécrétion des substances antifongiques volatiles.

L'analyse de la variance du diamètre moyen des colonies de *Fusarium spp.* a montré l'existence d'une différence très hautement significative entre les différents isolats avec $P=0$ pour les facteurs isolats et interaction et $P=0.041$ pour le facteur date (tableau16).

Tableau16 : Analyse de la variance de pourcentage d'inhibition des souches selon les modes date, souche, facteur interaction

Facteurs	Somme des carrés	ddl	Carr moyenne	F	P
Date	387.061	4	96.765	2.532	0.041
Souche	6314.732	2	3157.366	82.621	0.000
Interaction date-souche	1603.017	8	200.377	5.243	0.000

Après 4 jours de confrontation, les résultats obtenus montrent l'existence d'une nette réduction du diamètre moyen des colonies de l'isolat 2 par rapport au témoin. Un pourcentage d'inhibition arrive au 38% (fig.34 ,35,36).

Par contre on ne note aucune réduction des isolats 1 et 3 (fig.35 , 37).

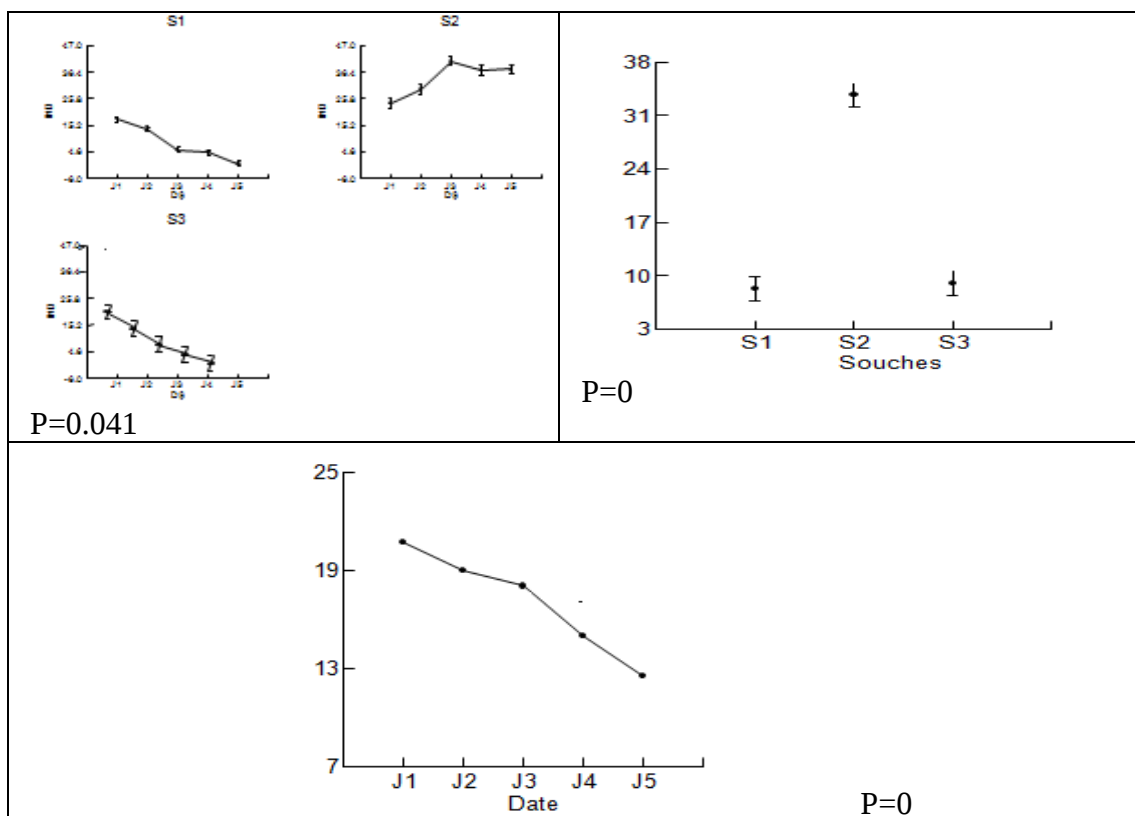


Figure34. Analyse de la variance des pourcentages d'inhibition des souches en modèle GLM selon les modes de souche, date, facteur interaction.

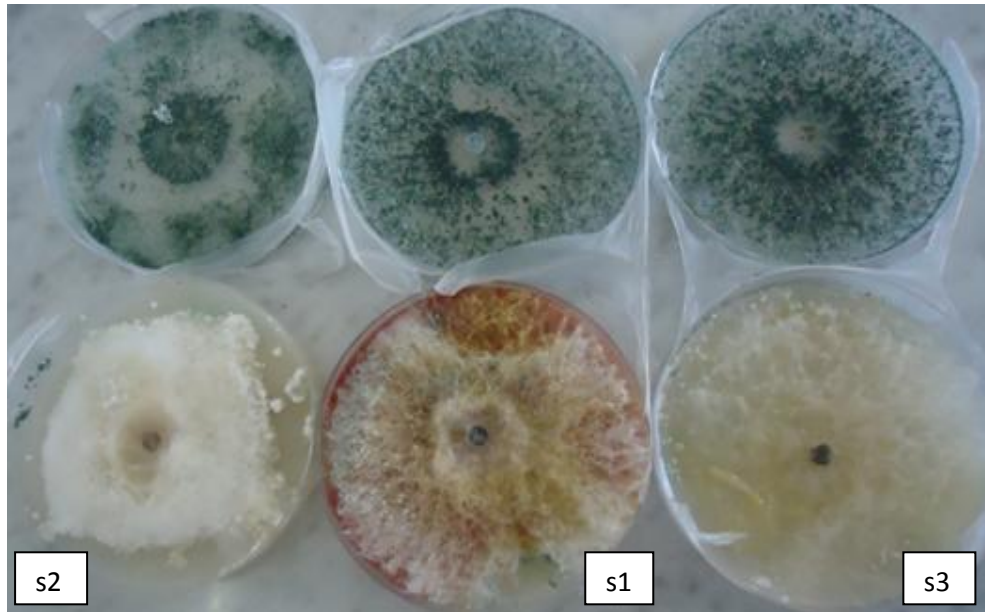


Figure 35. Résultats de la confrontation indirecte pour les 3 isolats après le 7^{ème} jour



Figure 36. Résultats de la confrontation indirecte pour l'isolat 2 après le 7^{ème} jour

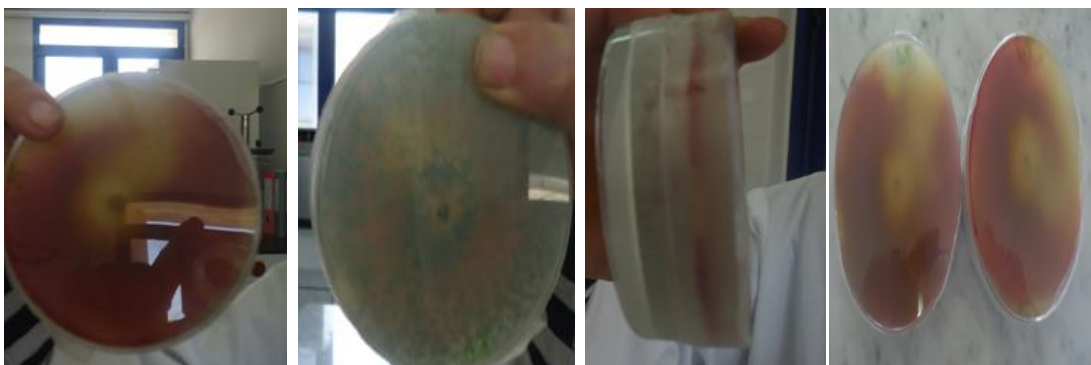


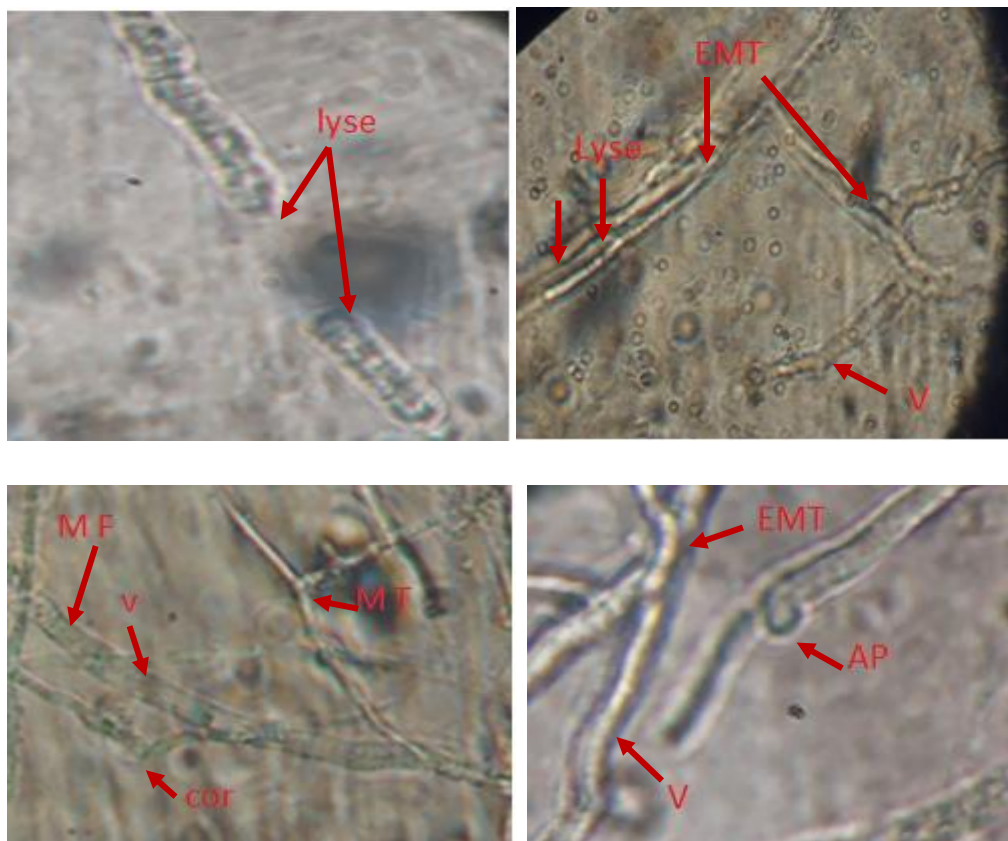
Figure 37. Résultats de la confrontation indirecte pour la l'isolat 1 et l'isolat 3 après le 7^{ème} jour

1.4.3. Mécanisme du mycoparasitisme

Dans le but d'étudier les modifications structurales qui affectent les isolats de *Fusarium spp*, en réaction antagoniste de la souche *Trichoderma spp*, on a effectué des observations microscopiques du prélèvement pris de la zone du contact des deux colonies (*Trichoderma spp* et *Fusarium spp*.)

Les observations ont montré l'attachement du mycélium de *Trichoderma spp* à celui du mycélium de *Fusarium spp*. Un enroulement (figure36) suivie par une activité enzymatique d'antagonisme entraînant la digestion du contenu mycélien.

Une lyse de mycélium de fusariose est engendrée par l'agent antagonisme de *Trichoderma spp*. Une vacuolisation du cytoplasme du parasite (*Fusarium spp*) est aussi notée (figure36).



MT : mycélium *trichoderma sp*, MF : mycélium *Fusarium sp*, EMT : enroulement, COR : transformation en cordon du mycélium ; LYS : lyse du mycélium, V : vacuolisation, app : appressorium

Figure 38. Structure mycoparasitisme de l'antagoniste *Trichoderma spp* vis-à-vis le *Fusarium sp*.

DISCUSSION GENERALE

L'isolement est effectué à partir des échantillons du blé dur. L'identification a révélé trois isolats de *Fusarium spp.* Ces isolats ont été caractérisés selon leur aspect, la couleur, la forme et la dimension des spores (Toussoum et Nelson, 1985). Nous nous sommes basés sur les travaux réalisés par Tabuc (2007).

Les différents isollements effectués à partir des plantes de blé dur, a permis l'obtention des 3 isolats fongiques de différentes étages végétatifs (nœud, entre nœud, collet). En effet, Bayaa et Erskine (1998) et Summiaya (2010) ont prouvé dans leurs recherches que les champignons phytopathogènes peuvent infectées n'importe qu'elle partie de la plante.

L'identification macroscopique et microscopique des isolats utilisés au cours de nos travaux correspondent à deux espèces de genre *Fusarium*. Ces espèces sont *Fusarium tricinctum* et *Fusarium nivale* Warham et al (1997) a décrit l'espèce de *Fusarium tricinctum* par une croissance rapide avec une couleur claire, allons à l'orange lorsqu'elle vieillit, les micro-conidies sont abondantes, en forme piriforme ou forme de fuseau, avec 0 à 1 septum ; elles mesurent entre 7 à 11×4-81 mμ, s'il n'y a pas de septum 10-16 x 4-6 mμ. Ainsi, Ces mêmes auteurs, ont caractérisé l'espèce *Fusarium nivale*, par une couleur blanche aspect pale-abricot avec un mycélium cotonneux ou feutre, le mycélium apparaît légèrement rosâtre, avec nombreuse masse de spore a aspect circulaire lissent hyaline avec une tête pointu et une base en forme de coin aplatie, courte arquée. Elles ont de 1-3 septas, qui mesurent entre 10-30x2-5rnμ et absence de chlamydospore.

L'effet de la température sur la totalité des souches a montré de différence de croissance. En effet, nous avons enregistré un arrêt immédiat de développement pour la température 35 °C. Les valeurs de température permettant la croissance des trois isolats sont comprises entre 10 et 24 °C. Ces valeurs de températures montrent que nos isolats tolèrent les basses températures et ne résistent pas à des hautes températures.

En général, les températures enregistrées dans les sols pour le développement des céréales ne sont pas gênantes pour le développement du parasite.

Selon la fiche technique préparé par le personnel du MAARO (2009), les températures automnales normales, pour le semis des céréales soit de 15 °C le jour, de 5 °C la nuit, et 10 °C pour la levée.

Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec ceux obtenus par Brennan *et al.* (2003) qui ont trouvé que la température optimale de la croissance de *F. culmorum* et *F. graminearum* est située à 25°C, et celle de *nivale* est 20°C (Wagacha et Muthom, 2007 ; Renane ,2008. Bouroubi et Djeghmoum,2009 ; Abdellah ,2013 ; Dane ,2012).

Campbell et Lipps (1998) rapportent que *F. graminearum* isolé aux Etats unis est doté d'un optimum de croissance de 25°C. Pettitt *et al.* (1996) ont trouvé que la température optimale de *F. culmorum* est comprise entre 20°C et 25°C, tandis que *F. nivale* croît mieux à 20°C.

L'équipe de production végétale à la chambre d'agriculture de France (2013), a rapporté que la température de développement de *Fusarium sp* est de 4 à 32°C et elle est entre le 0 à 28°C pour le *Fusarium nivale*. L'optimum de croissance de *Fusarium sp* est situé entre 13 et 28°C et pour le *Fusarium nivale* est situé entre 13 et 21°C. De même, les résultats obtenus par LNPV de France (2008), la température ambiante pour le développement du *Fusarium sp* entre 22-25°C, et pour le *Fusarium nivale* les températures du développement exige des basses températures de 5-8°C et peut suporté jusqu'au 25°C.

Selon Pierre.D (1996) le *Fusarium nivale* (fusarium de froid) n'existe que dans les pays ou les hivers sont froids

Trois milieux de culture ont été choisis pour l'isolement des champignons: le milieu PDA, le milieu Czapeck et le milieu Malt. Ces milieux sont utilisés sous la forme solide afin d'obtenir des colonies distinctes les unes des autres (Davet et Rouxel, 1997). En effets, les milieux PDA, Czapeck et le milieu Malt, sont des milieux standards conçus pour l'isolement d'un large spectre de mycètes. Ces milieux sont décrits par plusieurs auteurs (Moreau, 1991 ; Samson *et al.*, 2000; Leontopoulos *et al.*, 2002; Lund *et al.*, 2002), leurs compositions est simple et riche en matière glucidique (Chabasse *et al.*, 1999).

Généralement le mycélium aérien de *Fusarium* sur PDA est délicatement floconneux et clairsemé. Les cultures ont une apparence visqueuse due à la production abondante des colonies, et sont roses (au revers de la boîte, surtout sur milieu PDA). La croissance est moyenne (6-8.5cm) de diamètre en 8 jours à 25°C sur milieu PDA (OEPP/EPPO, 2003). nous avons obtenu une croissance moyenne qui se rapproche à cette durée mais variable d'un isolat à un autre.

L'effet du milieu de culture sur la croissance des isolats n'a pas donné une différence significative. Les trois milieux ont permis la croissance mycélienne.

Le *Fusarium sp.* se développe bien sur les milieux naturels, les milieux synthétiques riches en carbone et les milieux organiques (Lekchiri *et al.*, 2006).

La comparaison du développement du parasite sur différents milieux a montré que le milieu à base d'extrait de pomme de terre est très favorable à la croissance ; alors que le milieu (Czapek) synthétique et minérale s'est révélé le plus favorable à la sporulation du parasite (Sedra, 1993).

En effet, les conditions environnementales du milieu jouant un rôle déterminant dans la dynamique de la colonisation de ce milieu par des microorganismes. L'influence de ces populations sur leurs environnement est gouvernée par les paramètres physico-chimiques des sols, ainsi, les facteurs abiotiques peuvent affecter la composition spécifique des communautés microbiennes et leurs potentiel chimiques (Alexander, 1977).

La confrontation directe sur milieu PDA entre les isolats de *Fusarium spp.* et les isolats de *Trichoderma spp.* a montré une croissance plus rapide des isolats de *Trichoderma*. au bout de quatre jours d'incubation. En effet, la boîte est totalement envahie par l'antagoniste, alors que les isolats de *Fusarium* occupent des surfaces plus petites. Un taux de réduction moyenne de 65% suivie par un envahissement totale de la boîte par l'agent antagoniste avec une inhibition de l'agent pathogène à 100%.

Les résultats obtenus, sont en accord avec les travaux de Bouregghda (2009) qui a évalué l'effet des différents isolats des trois espèces de *Trichoderma spp.* : *T. atroviride*, *T. longibrachiatum* et *T. harzianum* à l'égard des deux pathotypes (pathotype de flétrissement et de jaunissement) de *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris* (Padwick) Matuo et K. Sato. (Foc) agent du flétrissement du pois chiche. Le

pourcentage de réduction de la croissance mycélienne le plus élevé est obtenu avec l'isolat de *T. atroviride* (Ta. 13). Ce pourcentage est de 84,44 % pour le pathotype de jaunissement et de 65,64 % pour le pathotype de flétrissement. De même, Renane (2008) a évalué l'effet de quelques isolats de *Trichoderma* spp. à l'égard de *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. moniliforme* et *F. solani*. Il signalé des pourcentages d'inhibition de la croissance les plus élevés chez les 4 espèces de *Fusarium*

Sidhoumi (2001) a montré que des isolats appartenant aux espèces *T. longibrachiatum* et *T. atroviride* ont une capacité de réduction de la croissance mycélienne de 68,52 – 80,69% pour *F. culmorum* et de 62,21-66,66% pour *F. graminearum*. Dans le même sens Hassanein et al. (1996) ont montré que *T. harzianum* et *T. viride* inhibent la croissance de *Rhizoctonia solani* Kühn avec des pourcentages de réduction de 52,2 et 55,8 % respectivement, et celle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* Gordon avec des pourcentages de réduction de 57,2 et 50,6 % respectivement.

Martínez-Álvarez (2012) a aussi montré l'effet inhibiteur de *Trichoderma viride* sur le *Fusarium cicinatum*.

L'envahissement du mycélium du pathogène par les isolats de *Trichoderma* spp. a été observé par Benhamou et Chet (1997) entre *T. harzianum* et *P. ultimum*. Hibar et al.(2005) ont également observé l'envahissement du mycélium de *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker par l'agent antagoniste *T. harzianum*.

Dans le cas de la confrontation à distance, l'absence de contact direct entre l'agent antagoniste et l'agent pathogène nous a révélé que *Trichoderma* spp. agit seulement par la production de substances antifongiques volatiles. Une réduction significative de la croissance avec l'isolat de *Trichoderma* spp. à l'égard de l'isolats de *Fusarium nivale* (souche2). Ces résultats sont conformes avec ceux obtenus par Bouregghda (2009). Cet auteur a noté l'inhibition à distance de la croissance de *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* sous l'effet des substances antifongiques volatiles secrétées par des isolats de *Trichoderma* spp.

Hibar et al. (2005) ont obtenu une inhibition de la croissance de *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* de l'ordre de 63 % en présence de *T. harzianum*. Les travaux de Akrami et al., (2011) ont rapporté que certaines espèces de *Trichoderma* ont réduit la

croissance des espèces de *Fusarium oxysporum* par la production des substances volatiles.

Berber (2009) a noté que le mycélium de *T. harzianum* peut envahir d'autres genres et espèces fongiques comme le champignon tellurique *Pythium*. L'auteur a montré que l'effet de métabolites volatils et diffusibles pour six souches. La production de composés volatils par *T. harzianum* comme la 1-hydroxy-3-méthylanthraquinone.

La souche S2 de *Fusarium nivale* est sensible à l'agent antagoniste *Trichoderma* en confrontation à distance. Ce qui est confirmé par Hiber *et al.* (2005), qui a conclu que *T. harzianum* peut réduire de 80 % la fusariose des racines et du collet. Les mécanismes mis en jeu par *Trichoderma* in vivo seraient les mêmes que ceux mis en évidence in vitro, à savoir le mycoparasitisme, la sécrétion des substances volatiles peut agir par la sécrétion de substances volatiles qui sont capables de stopper à distance le développement de l'agent pathogène.

Des modifications structurales sur la morphologie des isolats de *Fusarium sp* est causé par le phénomène de mycoparasitisme par l'agent antagoniste *Trichoderma sp*, suite à une confrontation de 4 jours. Le mycoparasitisme s'exerce par un enroulement au tour des hyphes de son hôte, ils sont fixés par des liaisons covalentes appressorium, la pénétration s'exerce à l'aide des crochets et à la formation d'un appressorium qui sécrète des chitinases et des β 1-3glucanases qui dissolvent la paroi de l'hôte (Pierre, 1996 ; Benitez *et al.*, 2004).

Une lyse des membranes mycéliennes, suivie par une digestion des contenus plasmatiques traduits par la force de pression occasionnée par l'enroulement du mycélium *Trichoderma sp* au tour du mycélium du *Fusarium sp*. (Howell *et al.*, 2003). Berber (2009) a rapporté que le *Trichoderma sp* est mycoparasitisme connue comme un agent de lutte biologique, l'effet de *Trichoderma harzianum* se manifeste par l'enroulement des hyphes au tour des filaments de champignon pathogène, s'ensuit une lyse grâce à la production des enzymes. Les mêmes constatations sont faites par Caron. (2002).

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, nous avons identifié et étudié la croissance *in vitro* de quelques isolats de *Fusarium* spp. obtenus à partir des plants de blé présentant les symptômes typiques de la fusariose de l'épi. Ces plants ont été collectés dans la région de Boumerdes et la région de Média.

Dans un premier lieu, nous avons pu identifier des agents pathogènes associés à la base de la tige (collet) qui est le *Fusarium tricinctum* et à partir de nœud et entre nœud et qui sont deux isolats appartenant à l'espèce *Fusarium nivale*. Ces deux espèces sont capables de provoquer des symptômes sévères qui peuvent aller jusqu'à la mort des plantules.

Nous avons testé 03 milieux de culture pour étudier la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. Ce dernier se développe rapidement sur milieu solide PDA suivi par le milieu Czapek, et ensuite le milieu Malt. Le milieu Malt représente la vitesse de la croissance la plus lente au départ. Les trois milieux sont adéquats pour le développement de *Fusarium* sp.

Les résultats obtenus montrent que les isolats croîtraient normalement dans un intervalle de température de 10 à 24°C et un arrêt de la croissance est atteint à la température de 35 °C.

L'essai *in vitro* de lutte biologique de *Trichoderma* sp contre la fusariose du blé a montré une activité antagoniste importante.

Dans la confrontation directe, le *Trichoderma* spp. inhibe à 100% la colonie *Fusarium* sp. En effet, le *Trichoderma* sp envahisse totalement et sporulent au dessus du *Fusarium* sp., montrant ainsi leur pouvoir hautement mycoparasitaire.

De même, en confrontation à distance, il s'est avéré aussi que cet isolat antagoniste est capable d'émettre des substances antifongiques volatiles efficaces dans l'inhibition de la croissance d'un seul isolat de *Fusarium* spp. qui est l'isolat 2, nous pouvons déduire la sensibilité de cette isolat au *trichoderma* sp.

En perspectives, il serait intéressant de :

- Pousser les études pour mettre en évidence les différentes espèces responsables de la fusariose du blé dans les principales zones céréalières du pays.

- La connaissance des espèces existantes, leur pouvoir pathogène, leurs fréquences selon les régions, les variétés et les étages bioclimatiques rend l'étude de lutte biologique plus orientée et plus efficace.

En outre, l'identification de ces espèces ne doit pas se limiter aux caractéristiques morphologiques qui restent dans certain cas insuffisantes, mais elle doit être complétée et confirmée par les analyses moléculaires.

- Il est aussi recommandé d'évaluer les dégâts et les pertes de rendement causées par cet agent fongique en Algérie par des prospections sur plusieurs années prenant en considération la détermination du taux de contamination de nos produits céréaliers par les fusariotoxines
- Tester l'effet *in vivo* de la souche *Trichoderma sp* sur la croissance des isolats et qui peut avoir des intérêts pratiques en lutte biologique contre les effets néfastes des espèces pathogènes présenter dans se travail.
- Envisager, d'étendre l'expérimentation *in situ* de la souche *Trichoderma* avec d'autres espèces phytopathogènes.
- Identification et caractérisation des métabolites secondaires du *trichoderma sp* par HPLC.

.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdallah, N. 2013.** Complexe fongique pourriture racinaire et fusariose de l'épi : Etude pathologique et lutte biologique avec *Trichoderma atroviride* P. Karsten. Mém. Maj. Agr. El-Harrach. 169 p.
- Agrios, G.N. 2005.** Plant Pathology. Fifth edition, Elsevier Academic Press, San Diego, CA 962 p.
- Akrami M, Hadi G, Ahmadzadeh M, 2011.** Evaluation of different combinations of trichoderma species for controlling fusarium rot of lentil. African Journal of Biotechnology, 10: 2653-2658;
- Alexander M. 1977.** Introduction to soil microbiology. 2ème éd. John Wiley. New York. P : 467
- Altomare, C., Norvell, W. A., Bjorkman, T. et Harman, G. E. 1999.** Solubilisation of phosphate and micronutrients by the plant growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. App. Env. Microbiol. 65 : 2926-2933.
- Amokrane, A. 2001.** Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse. Maj, Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 80 P.
- Anonyme, 2004.** Le blé .www.leblé.html.
- Anonyme , 2009.** le personnel de MAAARO, Céréale semi et croissance de la culture Publication 811F : Guide agronomique des grandes cultures
- Anonyme, 2013.** Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres, La Fusariose sur Blé.
Anonyme, 2008. Laboratoire Nationale de Protection des Végétaux. Toutes Céréales, détection et identification des espèces de fusarium spp. et microdochium nivale sur grains de cereales par isolement mycologique semi-sélectif et étude microbiologique ; Réf. MH-03.16 : version B.
- Aouali, S. et Douici-Khalfi A. 2009.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie. ITGC. pp. 10–25.
- Bai, G. et Shaner, G. 1996.** Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab. Plant Dis. 80: 975-979.
- Bayaa B., Erskine W. (1998).** Diseases of lentil. In : Allen DJ, Lenné JM, eds. The pathology of food and pasture legume. CAB International.p : 423-71.
- Benitez, T., Rincon, A. M., Limon, M. C. et Codon, A. C. 2004.** Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology 7 : 249-260.

Benhamou, N. et Chet I. 1997. Cellular and molecular mechanisms involved in the interaction between *Trichoderma harzianum* and *Pythium ultimum*. Appl. Environ. Microbiol. 63 : 2095–2099.

Benmokhtar, T et Kafi, D. 1999. Contribution à l'étude des virus des céréales, caractérisation biologique des virus de la mosaïque du blé et de l'orge : WMSV, BSMV. Mém. Ing. Agr. INA. El-Harrach. 55 p.

Berber F, Amina O, AlainB et Allal D. 2009 . Antagonisme in vitro et in vivo de deux trichoderma à l'égard de quatre espèces de bipolaris pathogènes sur le sorgho ; Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 93-114

Brennan, J. M., Fagan, B., van Maanen, A., Cooke, B. M., etDoohan, F. M. 2003. Studies on *in vitro* growth and pathogenicity of Eurprean *Fusarium* fungi. European Journal of Plant Pathology 109 : 577-587.

Bigirimana, J. 1997. Induction of systemic resistance on bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Trichoderma harzianum*. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent 62 : 1001-1007.

Bisset, J. 1984. A revision of the genus *Trichoderma*. I. Section Longibrachiatum sect. Nov. Can. J. Bot. 62 : 924-931.

Bisset, J. 1991a. A revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. Can. J. Bot. 69 : 2357-2372.

Bisset, J. 1991b. A revision of the genus *Trichoderma*. III. Section *Pachybasium*. Can. J. Bot. 69 : 2373-2417.

Bisset, J. 1991c. A revision of the genus *Trichoderma*. IV. Additional notes on section *Longibrachiatum*. Can. J. Bot. 69 : 2418-2420.

Bonanomi, G., Antignani, V., Capodilupo, M. et Scala, F. 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendements that suppress soilborne plant diseases. Soil Biology and Biochemistry 42 : 136-144.

Bonjean, A. 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Eds. LePerchec S., Guy P. et Fraval A. Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, pp :29-37.

Booth, C. 1977. Laboratory guide to the identification of the major species. Commonwealth. Mycological Institute – England. 220 p.

Bouabcha, H. 2003. Efficacité des techniques d'incorporation de quelques isolats de *Trichoderma longibrachiatum* Rifai dans la lutte contre la fusariose du blé. Mém. Ing. INA. El-Harrach. 100p.

Boubetra, S. et Mouhamedi, F. 1998. Contribution à l'étude des virus affectant les céréales au niveau de la région du centre d'Alger. Mem. Ing. Agr. INA. El Harrach. 69 p.

Boufenar-Zaghouane F. et Zaghouane, O. 2006. Le guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. ITGC/ICARDA. 1^{ère} édition. 152 p.

Boukhris, S. 1992. Identification des bactéries phytopathogènes transmis par semences de blé en Algérie. Mém. Ing. Agr. I.N.A. El Harrach. Alger. 67 p.

Boulal, H., Zaghouane, O., El mourid, M. et Rezghi, S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). ITGC/ICARDA. 176 p.

Bouregghda, H. 2009. Recherche de l'effet antagoniste de *Trichoderma* spp. à l'égard de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (Padwick) Matuo et K. Sato (Foc), agent du flétrissement du pois chiche. Thèse Doct. INA. El Harrach. 145p.

Bouroubi, N. et Djeghmoum, C. 2009. Essai de lutte biologique par l'utilisation de *Paenibacilluspolymyxa* à l'égard de la fusariose du blé. Mem. Ing. Agr. INA. El-Harrach. Alger. 75 p.

Boutigny, A.-L., Richard-Forget, F. et Barreau, C. 2008. Natural mechanisms for cereal resistance to the accumulation of *Fusarium* trichothcenes. Eur. J. Plant. Path. 121 : 411-423.

Brennan, J. M., Fagan, B., van Maanen, A., Cooke, B. M., et Doohan, F. M. 2003. Studies on *in vitro* growth and pathogenicity of Eurprean *Fusarium* fungi. Euro. J. Plant Path. 109 : 577-587.

Burlakoti, R. R., Estrada, R., Rivera, V. V., Boddeda, A., Secor, G. A. et Adhikari, T. B. 2007. Real-time PCR quantification and mycotoxin production of *Fusarium graminearum* in wheat inoculated with isolates collected from potato, sugar beet, and wheat. Phytopathology 97 : 835-841.

Cahagnier, B. 2001. Céréales et mycotoxines. Généralités, présences, dosage. Industrie des céréales 122 : 22-29.

Caron, D. 1993. Les fusarioses. ITCF. Paris. 30- 39 pp.

Caron, D. 2000. Maladies des céréales et des orges. ITCF. Paris. 30-39 pp.

Caron, D. 2002. Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*.

Chabasse D., Guiguen C. et Contet-Audonneau N. 1999. Mycologie médicale. Masson. Paris.

Celia Borrero, M., Isabel Trillas, José Ordovas, Julio. Tello, Manuel Avilés, 2004 . Predictive Factors for the suppression of Fusarium wilt of Tomato in plant growth Media.

Champeil, A., Doré, T., Fourbet, J.F. 2004. Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. Plant Science 166, 1389-1415.

Charef, S. A. 2001. Protection intégrée des cultures en Algérie. Atelier sur la protection intégrée des cultures dans les pays de l'Afrique du nord. Biskra – Algérie, 22 – 26 octobre 2001. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). pp. 30 – 37.

Chen, Y., wang, J.X., Zhou, M.G. Chen, C. J. et Yuan, S. K. 2007. Vegetative compatibility of *Fusarium graminearum* isolates and genetic study on their carbendazim-resistance recombination in China. Phytopathology, 97: 1584-1589.

Clavel, A. J. 2006. Diagnostic des accidents du blé dur. ARVALIS Institut du végétal. Paris. 105p.

Culter, H. G., Cox, R. H., Crumley, F. G. et Cole, P. D. 1986. 6-pentyl- α -pyrone from *Trichoderma harzianum*: its plant growth inhibitory and antimicrobial properties. Agricultural and Biological Chemistry 50: 2943-2945.

Culter, H. G., Himmetsbach, D. S., Arrendale, R. F., Cole, P. D. et Cox, R. H. 1989. Koninginin A : a novel plant regulator from *Trichoderma koningii*. Agricultural and Biological Chemistry 53 : 2605-2611.

Daami-Remadi, M., El Mahdjoub, M. 2001. Lutte biologique contre la pourriture aqueuse des tubercules de pomme de Terre par *Trichoderma harzianum*. Ann. L'INRAT 74: 167- 186.

Dane, Y. 2012a. Etude de la croissance *in vitro* et de l'agressivité de quelques isolats de *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. agent de la pourriture racinaire et de la gale de l'épi du blé. Mém.Ing.Agr. ENSA.El-Harrach. Alger. 60 p.

Danielson, R. M. et Davey, C. B. 1973a. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. Soil Biol. Biochem. 5 : 495-504.

Danielson, R. M. et Davey, C. B. 1973b. Carbon and nitrogen nutrition of *Trichoderma*. Soil Biol. Biochem. 5 : 505-515.

Davet P. 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. Paris. 383

Davet P. and Rouxel F. 1997. Detection Et Isolation Des Champignons Du Sol. , (Edn) Inra .Paris.

Dawson, W. A. J. M., Jestoi, M., Rizzo, A., Nicholson, P. et Bateman, G.L. 2004. Field evaluation competitors of *Fusarium culmorum* and *F. graminearum*, causal agents of ear blight of winter wheat, for the control of mycotoxin production in grain. Biocontrol Sciences and Technology 15: 783-799.

De Meyer, G., Bigirimana, J., Elad, Y. et Hofte, M. 1998. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinerea*. Eur. J. Plant Path. 104 : 279-286.

Dill Macky, R., et Jones R. K. 2000. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. Plant Dis. 84 : 71 – 76.

Djebari, B. 2005. Contribution à la connaissance des bactérioses du blé, de l'orge et du triticale. Thèse. Maj. Agr., INA. El-Harrach. 92 p.

Djeghmoum , C. Bouroubi N. 2009. Essai de lutte biologique par l'utilisation de *Paenibacillus polymyxa* à l'égard de la fusariose du blé. Mém., Ing. INA. El-Harrach. 74p.

Djerbi, M. 1969. Etude écologique et histologique des actions parasitaires des espèces fusarienne à l'égard du blé. Faculté des sciences Paris. Thèse du 3^{ème} cycle de science naturel, pp 111.

Djonović, S., Pozo, M. J., Dangott, L. J., Howell, C. R. et Kenerley, C. M. 2006. Sml, a proteinaceous elicitor secreted by the biocontrol fungus *Trichoderma virens* induces plant defense responses and systemic resistance. Molecular Plant-Microbe Interaction 19: 838-853.

Dodd, S. L., Lieckfeldt, E. et Samuels, G. J. 2003. *Hypocrea atroviridis* sp. nov., the teleomorph of *Trichoderma atroviride*. Mycologia 95 : 27-40.

Dreyfus, J. et Lagache, F. 2007. Les fusariotoxines. Fiche technique. Service Régional de la Protection des Végétaux de Haute-Normandie. 5p.

Dubos, B. 1986. L'utilisation des *Trichoderma* comme agent de lutte biologique à l'égard de deux parasites aériens : *Chondrostereum purpureum* (Pers. Ex Fr.) Pouzar (Plomb des arbres fruitiers) et *Botrytis cinerea* Pers. (Pourriture grise de la vigne). Pp. 35-49. In : L'emploi d'ennemis naturels dans la production des cultures. Versaille, 10 janvier 1985. Ed. INRA (les colloques de l'INRA, n° 34).

Duc, P. et Bezet, M. 2003. Blé : comment la fusariose de l'épi joue sur les qualités technologique et sanitaires. Phytoma – la défense des végétaux 566 : 19-21.

Elad, Y., David, D. R., Levi, T., Kapat, T., Kapat, A., Kirshner, B., Guvrin, E. et Levine, A. 1999. *Trichoderma harzianum* T39-mechanisms of biocontrol offoliar pathogens. In H. H. Lyr (Ed.), *Modern Fungicides and Antifungal Compounds II.*, Intercept Ltd., Andover, Hampshire, U.K., pp. 459-467.

Eudes, F., Comeau, A., Rioux, S. et Collin, J. 2000. Phytotoxicité de huit mycotoxines associés à la fusariose de l'épi chez le blé. Can. J. Plant Path. 22 : 286-292.

Ezzahiri, B. 2001. Les maladies du blé. Bulletin de transfert de technologie en agriculture, MADREF/DERD ed. N°77,4p.

E.J. Warharm., L.D.Butler.,B.C. Sutton 1997. Contrôle des Semences de Maïs et de Blé Guide de laboratoire.Guide de laboratoire, Systèmes de Production Durables de Maïs etde Blé

Feliachi, K. 2002. Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. ITGC. El Harrach. Alger.

Feuilhade de Chauvin M. 2005. New diagnostic techniques

Gams, W. et Bisset, J. 1998. Morphology and identification of *Trichoderma*. Pp : 1-33. *Trichoderma and Gliocladium* Vol. 1. Edited by Kubicek C. P., and Harman, G. E., Taylor & Francis. London.

Gargouri , S., Hadjlaoui, M., Guermach, A. et Marrakchi, M. 2001. Identification des espèces fongiques associées à la pourriture racinaire du blé et étude de leur répartition selon les étages bioclimatiques en Tunisie. Bull OEPP 31: 499-503 pp.

Ghizalberti, E. L., Narbey, M. j., Dewan, M. M. et Sivasithamparam, K. 1990. Variability among strains of *Trichoderma harzianum* in their ability to reduce take-all and to produce pyrones. Plant and Soil 121: 287-291.

Gilbert, J. et Tekouz, A. 2000. Effect of *Fusarium* head blight and seed treatment on germination, emergence, and seedling vigour of wheat. *Can. J. Plant Path.* 17 : 252-259.

Gullino, M. L. 1992. Control of *Botrytis* rot of grapes and vegetables with *Trichoderma* spp. In : Tjamos, E. C., Papavizas, G. C., Cook, R. J. (Eds.), *Biological control of plant diseases, Progress and challenges for the Future*. Plenum Press. New York, pp. 125-132.

Gustafson, P., Raskina, O., Ma, X. et Nevo, E. 2009. Wheat evolution, domestication and improvement. In : Carver, B. F., *Wheat science and trade*. pp. 5-29.

Gutzuiller, A., Czeglédé, L. et Stoll, P. 2005. Efficacité d'adsorbants contre les mycotoxines de *Fusarium* chez le porc. *Revue Suisse Agric.* 37 (3) : 121-129.

Hamel, A.N. 2002. Comparaison de deux techniques de l'apport de l'agent antagoniste *Trichoderma* dans la lutte contre deux agents de la fusariose du blé : *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*. Mém, Ing. Agr. INA. El-Harrach. 56p.

Hammadache, A.1995. Les mauvaises herbes des grandes cultures. *Revue Céréaliculture ITGC*. Alger, 40 p.

Hamou, M., Labdi, M. et Hamdi, S. 2009. Problématique de la céréaliculture et perspectives de développement. Actes de l'Atelier régional sur la recherche scientifique et le développement de l'agriculture. Mostaganem-Algérie, 12-13 janvier 2009. pp. 8-15.

Harman, G.E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96 :190-194.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. et Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Review Microbiology* 2 : 43-56.

Harrouche, F. 1998. Aperçu sur l'infestation de quelques parcelles de céréales par *Heterodera avenae* dans la région de Staouali. Mém. Ing. Agr. INA.EL- Harrach. 83p.

Hassanein, A. M., Elmorzy, G. A. et Abou-Zeïd, H. H. 1996. Biological control of damping off, root rot and wilt diseases of lentil, pp. 369-374. In : *Proceeding du symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires*, 11-14 Novembre, 1996, Rabat, Maroc.

Hibar, K., Daami-Ramadi, M., Khiareddine, H. et El Mahdjoub, M. 2005. Effet inhibiteur *in vivo* et *in vitro* du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 9 (3): 163-171.

Hilton, A. J., Jenkinson, P., Parry, D. W. et Hollins, T. W. 1996. Relationship between plant morphology and severity of *Fusarium* ear blight in eight cultivars of winter wheat. Brighton Crop Protection Conf. Pests and Diseases 1: 419-420.

Horberg, H.M. 2002. Patterns of splash dispersed conidia of *Fusarium poae* and *Fusarium culmorum*. Eur. J. Plant Path. 108: 73-80..

Howell, C. R. 2006. Understanding the mechanisms employed by *Trichoderma virens* to effect biological control of cotton diseases. Phytopathology 96 : 178-180.

Howell C.R., 2003. Mecanisms employed by trichodema. Species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant dis.

Howell, C. R., Hanson, L. E., Stipanovic, R. D. et Puckhaber, L. S. 1999. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. Phytopathology 90:248-252.

Isebbbaert, S., De Saeger, S., Devreese, R., Maene, P., Hermans, B. et Haesaert, G. 2009. Mycotoxin-producing *Fusarium* species occuring in winter wheat in Belgium (Flanders) during 2002-2005. Phytopathology 157 : 108-116.

Jijakli, H. 2003. La lutte biologique en phytopathologie. Pp : 289-311. In : Lepoivre, P. phytopathologie. Ed.les presses agronomiques des Gembloux.

Jin, Y., Zhang, X. et Osborne, L. 2001. Survival of *Gibberella zeae* ascospores on the plant surface. Phytopathology 91: S44.

Jones, R. K. 2000. Assesments of *Fusarium* head blight of wheat and Barley in response to fungicide treatment. Plant Dis. 84 : 1021-1030.

Jourdheuil, P.,Grisson P. et Fraval, A. 1999. la lutte biologique : un aperçu historique. In :Les dossiers de l'environnement n°19. INRA. Pp. 213-233.

Juliette D, Atcho O et Kouassia A. 2010. Effet de l'interaction *in vitro* et *in vivo* entre *Aspergillus niger*, *Mucor* sp . et *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Phoma* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. Afrique SCIENCE 06(3) (2010) 47 – 53. Côte d'Ivoire

Kaci, Z., Ousaid, Y. 1999. Essai de lute biologique contre la fusariose de pois chiche par l'utilisation de quelques isolats de *Trichoderma* spp. Mém. Ing. Agr. INA. El-Harrach. 68 p.

Keith, A. et Seifert, D. Sc. 2001. Systématique of fungal plant disease .www.BS ≥Spp. Org.uk.

Köhl, J., de Haas, B. H., Kastelein, K., Burgers, S. L. G. E. et Waalwijk, C. 2007. Population dynamics of *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* in crops and crop residues of winter wheat. *Phytopathology* 97 : 971 – 978.

Kolmer, J., Chen, X. et Jin, Y., 2009. Diseases which challenge global wheat production – the wheat rusts. *In* : Carver, B. F., Wheat science and trade. Pp. 89-124.

Kumar, S., Sstack, R. W., Friesen, T. L. et Faris, J. D. 2007. Identification of novel *Fusarium* head blight resistance quantitative trait locus on chromosome 7A in tetraploid wheat. *Phytopathology* 97 : 592-597.

Lacroix, M. 2008. Guide d'identification des maladies des céréales. Le bulletin des agriculteurs. 47p.

Lanusse, M., Lung-Escarmant, B., Dubos, B et Taris, B. 1983. Etude *in vitro* des propriétés de huit espèces de *Trichoderma* à l'égard de deux souches d'*Armillaria mellea* (vahl.) karst. *In* : Les antagonismes microbiens mode d'action et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes. 24^{ème} colloque SEF, Bordeaux, 26-28 mai 1983. Ed. INRA. pp 178-189.

Larkin R.P. et Fravel, D.R. 1999. Mechanisms of action and Dose-Response relationships governing biological control of *Fusarium* wilt of Tomato by non-pathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* 89:1152–1161.

Lauzon, M., Yves, D. et Rioux, S. 2004. L'épidémiologie de la fusariose chez le blé et l'orge. Bulletin d'information. Grandes cultures N° 06.

Leslie, J. et Summerell, B. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. First edition, Blackwell Publishing. 387 pp.

Leontopoulos D., Siafaka A. et Markaki P.2002. Black olives as substrate for *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin B1 production. *Food Microbiol.* 20, 119-126.

Liu, C., Mitter, V., Magner, T., Ban, T. et Chakraborty, S. 2008. Relationship between resistance to *Fusarium* head blight and crown rot in hexaploid wheat. CSIRO Plant Industry.

Lund F., Nielsen A.B. et Skouboe P. 2002. Distribution of *Penicillium commune* isolates in cheese dairies mapped using secondary metabolite profiles, morphotypes, RAPD and AFLP fingerprinting. *Food Microbiol.* 20, 725-734

Luongo, L., Galli, M., Corazza, L., Meekes, E., de Haas, L. et Lombaers van der Plas, C. 2005. Potential of fungal antagonists for biocontrol of *Fusarium* spp. In wheat and maize through competition in crop debris. *Biocontrol Sciences and Technology* 15: 229-242.

Lyøse, E., Bone, K. R. et Klemsdal, S. S. 2008. Identification of up-regulated genes during zearalenone biosynthesis in *Fusarium*. *Eur. J. Plant. Path.* 122 : 505-516.

Mahmoudi, M.E. 2004. Etude de l'effet de la combinaison de deux techniques d'incorporation de l'agent antagoniste *Trichoderma Pers.* dans la lutte contre *Fusarium graminearum* (Schawbe) teleomorphe *Gibberella zeae* (Schawbe) Petch agent de la pourriture racinaire du blé. Mém. Ing. Agr. INA. El- Harrach. 80 p.

Ma, H.X., Bai, G.H., Zhang, X. et Lu, W.Z. 2007. Main effects, epistasis, and environmental interactions of quantitative trait loci for *Fusarium* head blight resistance in a recombinant Inbred Population. *Phytopathology* 96: 534-541.

Maldonado-Ramirez, S. L., Schmale III, D.G., Shields, E.J. et Bergstrom, G.C., 2005. The relative abundance of viable spores of *Gibberella zeae* in the planetary boundary layer suggest the role of long-distance transport in regional epidemics of *Fusarium* head blight. *Agricultural and forest meteorology* 132: 20-27.

Marra, R., Ambrosino, P., Carbone, V., Vinale, F., Woo, S. L., Ruocco, M., Ciliento, R., Lanzuise, S., Ferraioli, S., Soriente, I., Gigante, S., Turrà, D., Fogliano, V., Scala, F. et Lorito, M. 2006. Study of the three-way interaction between *Trichoderma atroviride*, plant and fungal pathogens by using a proteomic approach. *Current Genetics* 50: 307-321.

Marshal, D. 2009. Diseases which challenge global wheat production – powdery mildew and leaf and head blights. In : Carver, B. F., Wheat science and trade. pp. 155-169.

Mascher, F., Michel, V. et Browne, R. A. 2005. Sélection de variétés de blé et de triticales résistantes à la fusariose sur épi. *Revue suisse Agric.* 37 (5): 189-194.

Mauler-Machnik, A. et Suty, A. 1997. New finding of the epidemiology, importance and control of *Fusarium* ear blight on wheat. *Cereal Res. Commun.* 25 : 705-711.

Messiaen, CM. et Cassini, R. 1968. La systématique des *Fusarium* .INRA Paris. 390-451 pp.

Mesterhazy, A. 1983. Breeding wheat for resistance to *Fusarium Graminearum* and *F. culmorum*. Zeitschrift fur Pflanzenzüchtung 91: 295 – 311.

Mesterhazy, A. 1984. A laboratory method to predict pathogenicity of *Fusarium Graminearum* in field and resistance of wheat to scab. Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungariae 19: 205 – 218.

Mesterhazy, A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. Plant Breeding 144 : 377-386.

Mokdad, H. 2007. Contribution à l'étude des agents de la fusariose des épis du blé. Mém. Ing. Agr. INA. El-Harrach. 51p.

Moule, C. 1980. Bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France. Paris Maison Rustique 1980. pp 318.

Moreau C.1991. Les moisissures. Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. Contrôle microbiologique. Chap 6, 222-241.

Müllenborn, C., Steiner, U., Ludwig, M. et Oerke, E.C. 2008. Effect of fungicides on the complex of *Fusarium* species and saprophytic fungi colonizing wheat kernels. Eur. J. Plant Pathol. 120: 157-166.

Olivier, J. M. et Germain, R. 1983. Etude des antibiotiques volatils des *Trichoderma*. In : les antagonismes microbiens, mode d'action et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes. 24^{ème} colloque de la société française de phytopathologie, Bordeaux (26-28 mai) 1983. Ed. INRA, pp.

Osborne, L. E. et Stein, J. M. 2007. Epidemiology of *Fusarium* head blight on small-grain cereals. International Journal of Food Microbiology 119: 103-108.

Pablo Martínez-Álvarez, Fernando Manuel Alves-Santos and Julio Javier Diez.2012. In Vitro and In Vivo Interactions between *Trichoderma viride* and *Fusarium circinatum*

Palazzini, J. M., Ramirez M. L., Torres, A. M. et Chulze, S. 2007. Potentiel biocontrol for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol production in wheat. Crop Protection 26: 1702-1710.

Pandy, A. K., Arora, D. K., Pandey, R. R., et Srivastava, A. K. 1996. Integrated control of *Fusarium* wilt of chickpea by solar heating of soil amended with oilseed meals and fungicides. Indian Phytopathol. 49: 247-253.

Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium* : biology, ecology and potential biocontrol. Annual Review Phytopathology 23: 23-54.

Parry, D.W., Jenkinson, P. et McLeod, L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals_a review. Plant Pathology 44: 207-238.

Paulitz, T. C. 2000. Population dynamics of biocontrol agents and pathogens in soils and rhizospheres. Eur. J. Plant Pathol. 106: 401-413.

Pereyera, S.A. et Dill-Macky, R. 2008. Colonisation of residues of diverse plant species by *Gibberella zeae* and their contribution to *Fusarium* head blight inoculum. Plant Dis. 92 : 800 – 807.

Pierre ,D. 1996. Vie microbienne du sol et production végétale.

Rakotoarimanga N, JeffersonZ, Daniel R et Heriniaina R.2014. Lutte biologique antifongique : actinomycètes du sol rhizosphérique antagonistes de *Fusarium* isolé du fruit de tomate (*Solanum lycopersicum* L., 1753) pourri. Antananarivo, Madagascar.

Rennane, R.2008. Évaluation de l'efficacité *in vitro* et *in vivo* de quelques espèces de *Trichoderma* spp. à l'égard de quelques isolats de *Fusarium* spp. dans la protection du blé contre la fusariose. Mem. Ing. Agr. INA. El-Harrach. 85p.

Rifai, M. A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological papers 116: 1-56.

Samuels, G. J. 1996. *Trichoderma* : a review of biological and systematic of the genus. Mycol. Res. 100: 923-935.

Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma* : Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology 96: 195-206.

Samuels, G. J., Chaverri, P., Faar, D. F. et Mc Cray, E. B. 2006. *Trichoderma* online://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/*Trichoderma*/index.cfm.

Samuels, G. J., Dodd, S. L., Gams, W., Castlenry, L. A. and Petrin O. 2002. *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. Mycologia 94 : 146-170.

Sayoud, R. 1987. Les maladies des céréales. Céréaliculture 17 : 20-21 pp.

Sayoud, R., Ezzahiri, B. et Bouznad, Z . 1999. Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. ITGC. Alger. 64p.

Schilling, A.G., Moller, E.M., et Geiger, H.H., 1996. Polymerase chains reaction based assays for species specific detection of *Fusarium culmorum*, *F.graminearum*, and *F.avenaceum*. Phytopathology 86 : 515-522 p.

Schisler, D. A., Khan, N. I., Boehm, M. J., Lipps, P. E., Slininger, P. J. et Zhang, S. 2006. Selection and evaluation of the potentiel of choline-metabolizing microbial strains to reduce *Fusarium* head blight. *Biological Control* 39 : 497-506.

Schroeder, H. et Christensen, J. J. 1963. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 53 : 831-838.

Sedra My.H.1993. Remarque sur la stabilité et la relation entre les caractères morphologiques et le pouvoir pathogène du *Fusarium oxysporum* f.sp albedinis. Agent du bayoud du palmier dattier . Alawamia INRA-Rabat Maroc.

Sidhoumi, L. 2001. Essai de lutte biologique contre deus agents de la fusariose du blé : *Fusarium graminearum* et *Fusarium culmorum*. Mém. Ing. Agr. INA. El-Harrach. 65p.

Silvy, C. et Guy, R. 1999. Biopesticides contre les maladies, les insectes et les mauvaises herbes. Les dossiers de l'environnement N° 19.

Simon, H., Codaccioni, P. et Lecoœur X. 1989. Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui, sciences, techniques, application. pp. 168 – 200.

Sivan, A., et Chet, I. 1986. Biological control of *Fusarium* spp. in cotton wheat and mushmelon by *Trichoderma harzianum*. *J. phytopathology* 116 : 39-47.

Smiley, R. W., Bakhouse, D., Lucas, P. et Paulitz, T. C. 2009. Diseases which challenge global wheat production – root, crown, and culm rots. *In* :Carver, B. F., Wheat science and trade. pp.125 – 152.

Summiaya Rahim, Shahnaz Dawar and Marium Tariq. (2010). Mycoflora associated with lentil (*lens culinaris* l.) Seeds of pakistan. *Pak. J. Bot.*, 42(6): 4345-4352,

Tabuc Cristina. 2007. Flore fongique de différents substrats et condition optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat. Institut polytechnique de Toulouse.

Taghlit, F. 1986. Lutte intégrée contre les ennemis, ravageurs et déprédateurs des céréales. INA Alger.15 p.

Tanji, A. 2000. Mauvaises herbes du blé et de l'orge dans le périmètre du Tadla. *Al Awamia* 102 : 49-57.

Tanji, A. 2002. Synthèse de 117 essais de désherbage chimique du blé dur réalisés au Maroc entre 1970 et 2001. *Al Awamia* 106: 11-38.

Tousson, T.A. et Nelson, P.E. 1976. *Fusarium a pictorial guide to the identification of Fusarium species according to the taxonomy system of Snyder and Hansen*. Second edition the Pennsylvania State University Press. 43pp.

Trail, F., Gaffoor, I. et Vogel, S. 2005. Ejection mechanics and trajectory of the ascospores of *Gibberella zeae* (anamorph *Fusarium graminearum*). *Fungal Genetics and Biology* 42 : 528-533.

Vidhyasekaran, P. 2004. *Concise encyclopedia of plant pathology*. Food Products Press and The Haworth Reference Press. 587p.

Vinale, F. Sivasithamparam, K. et Ghisalberti, E. L. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil biology and biochemistry* 40: 1-10.

Vogelgsang, S., Suyok, M., Hecker, A., Jenny, E., Krska, R., Schuhmacher, R. et Forrer, H.-R. 2008. Toxigenity and pathogenicity of *Fusarium poae* and *Fusarium avenaceum* in wheat. *Eur. J. Plant. Path.* 122: 265-276.

Wagacha, J.M. et Muthomi, J.W. 2007. *Fusarium culmorum*: infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. Crop the grain of winter wheat. *European Journal of Agronomy* 24: 357-366.

Weise, M.V. 1987. *Compendium of wheat diseases*. Third printing 1998, APS Press: 42-43.

Whipps, J. M. et Mark P. M. 2009. Biological control agents in plant disease control. In : Walters, D. *Disease control in crops, biological and environmentally friendly approaches*. Crop and Soil Systems Research group. Edinburgh, UK, pp. 27-61.

Woo, S. L., Scala, F., Ruocco, M. et Lorito, M. 2006. The molecular biology of interactions between *Trichoderma* spp., pathogenic fungi and plants. *Phytopathology* 96 : 181-185.

Xu, X.-M., Nicholson, P., Thomset, M. A., Simpson, D., Cooke, B. M., Doohan, F. M., Brennan, J., Monaghan, S., Moretti, A., Mule, G., Hornok, L., Beki, E., Tatnell, J., Ritieni, A. et Edwards S. G. 2008. Relationship between the fungal complex causing *Fusarium* head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology* 98 : 69 – 78.

Yu, J.-B., Bai, G.-H., Zhou, W.-C., Dong, Y.-H. et Kolb, F. L. 2008. Quantitative trait loci for *Fusarium* head blight resistance in recombinant inbred population of Wangshuibai/Wheaton. *Phytopathology* 98 : 87-94.

Yuen, G. Y. et Schoneweis, S. D. 2007. Strategies for managing *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. International journal of Food Microbiology 119 : 126 – 130.

Yves, D., Sylvie Rioux et Lauzon, M. 2007. L'épidémiologie de la fusariose chez le blé et l'orge. Bulletin d'information. Grandes cultures N° 04.

Zillinsky, F.J. 1983. Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification CIMMYT. 141 p.

ANNEXES

Annexe 1 :

Composition de milieu PDA

-Pomme de terre : 200g

-Glucose : 20 g

-Agar : 20 g

-Eau distillée stérile : Qsp 1000 ml.

Le milieu est autoclavé à 120°C pendant 20 mn.

Composition de milieu Czapek

KH_2PO_4 : 0.5g

NaNO_3 : 2g

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0.5g

Glucose : 20g

Extrait de levure : 1g

Gélose : 20g

Solution de sulfate ferreux à 1% : 1ml

Eau distillée : 1000ml

Autoclavage à 120°C pendant 20mn

Composition de milieu Malt

20 g agar

10 g extrait de malte

Ajustée avec eau distillée 1000ml

Autoclavage à 120°C pendant 20mn

Annexe 2

Tableau 17. Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 1 :

	jours	Milieu PDA			Milieu Malt			milieu czapek		
		T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10
souche1	1	1	0,5	0,8	1,2	0,5	1,3	3	0,5	1,5
		1	0,5	0,8	1,1	0,5	1,4	2,5	0,5	1,3
		1	0,5	0,8	1,3	0,5	1,2	2,2	0,5	1,4
	2	3,1	0,5	1,3	2	0,5	1,9	4,9	0,5	2,3
		3,6	0,5	2,8	2,4	0,5	1,7	5,2	0,5	3
		3,2	0,5	3	1,8	0,5	1,8	5,3	0,5	3,5
	3	5,3	0,5	5	3	0,5	2,5	5,8	0,5	4
		5	0,5	4,9	2,3	0,5	2,5	6	0,5	4,5
		5,2	0,5	5,2	3	0,5	2,6	6	0,5	5
	4	7,4	0,5	6,2	3	0,5	4,6	7,6	0,5	6,4
		7,2	0,5	6,4	4,2	0,5	3,2	7,8	0,5	6,9
		7,2	0,5	6,5	4	0,5	3,7	7,5	0,5	6,5
	5	8	0,5	7,5	5	0,5	5	8	0,5	7,8
		8	0,5	7,5	4	0,5	5	8	0,5	8
		8	0,5	7,6	5,5	0,5	4,5	8	0,5	8
	6	8	0,5	8	5,6	0,5	6	8	0,5	8
		8	0,5	8	5,7	0,5	5,7	8	0,5	8
		8	0,5	8	5,9	0,5	5,8	8	0,5	8
	7	8	0,5	8	6,5	0,5	6,5	8	0,5	8
		8	0,5	8	6	0,5	6,8	8	0,5	8
		8	0,5	8	6,5	0,5	6,2	8	0,5	8
	8	8	0,5	8	7	0,5	7,3	8	0,5	8
		8	0,5	8	7	0,5	7,2	8	0,5	8
		8	0,5	8	7	0,5	7,3	8	0,5	8
	9	8	0,5	8	7,5	0,5	7,5	8	0,5	8
		8	0,5	8	7,3	0,5	7,5	8	0,5	8
		8	0,5	8	7,5	0,5	7,8	8	0,5	8
	10	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8

Tableau.18 .Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 2 :

		Milieu PDA			Milieu Malt			milieu czapek		
	jours	T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10
souche2	1	1,7	0,5	1,4	1,5	0,5	1,3	1	0,5	1,9
		1,7	0,5	1,2	1,3	0,5	1,4	1	0,5	2,2
		1,6	0,5	1,2	1,2	0,5	1,3	1	0,5	2,3
	2	3,8	0,5	2,8	3,3	0,5	2	3	0,5	4,3
		3,8	0,5	2	3,1	0,5	2,2	3	0,5	4,6
		3,9	0,5	2,4	3	0,5	2	3	0,5	4,5
	3	5,7	0,5	4,5	4	0,5	3	5,5	0,5	5
		5,9	0,5	4,3	4	0,5	3	5,4	0,5	5
		6,3	0,5	5,1	4	0,5	3	5,6	0,5	5,4
	4	7,3	0,5	6,3	5	0,5	4,4	7	0,5	6
		7,4	0,5	6,2	5	0,5	4,3	7	0,5	6,6
		7,5	0,5	6	5,5	0,5	4,1	7,4	0,5	6,8
	5	8	0,5	7	6,5	0,5	5,5	7,8	0,5	8
		8	0,5	7	6,5	0,5	5,4	8	0,5	8
		8	0,5	7,5	7	0,5	5,5	7,6	0,5	7
	6	8	0,5	8	7,5	0,5	6,3	8	0,5	8
		8	0,5	8	7,3	0,5	6,2	8	0,5	8
		8	0,5	8	7,6	0,5	5,9	8	0,5	8
	7	8	0,5	8	8	0,5	7,5	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	7,5	8	0,5	8
	8	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
	9	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
	10	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8

Tableau.19 .Résultats de la croissance mycélienne en fonction du jours selon les 3 milieux de culture pour la souche 3 :

	jours	Milieu PDA			Milieu Malt			milieu czapek		
		T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10	T 24	T 37	T 10
souche3	1	0,5	0,5	0,5	1,8	0,5	0,8	2	0,5	2
		0,5	0,5	0,5	1,9	0,5	0,9	1,8	0,5	2
		0,5	0,5	0,7	2	0,5	0,9	2	0,5	2,3
	2	1	0,5	0,6	2,8	0,5	1,7	3,2	0,5	3,1
		9	0,5	7	2	0,5	1,5	3,1	0,5	3
		2,4	0,5	0,7	2	0,5	1,3	3	0,5	3
	3	5	0,5	3	3	0,5	2	4,8	0,5	4,2
		4,5	0,5	2,3	3,2	0,5	2	4,9	0,5	3,9
		5	0,5	2	3,4	0,5	2	5	0,5	4
	4	5,6	0,5	4	4	0,5	3	6	0,5	4,9
		6	0,5	5,3	4,5	0,5	2,5	6,3	0,5	5,4
		6,5	0,5	6	4,2	0,5	4	6	0,5	5
	5	7	0,5	6	6	0,5	4	7,3	0,5	6
		7	0,5	5,5	5,5	0,5	4	7,4	0,5	6
		6	0,5	7,5	6	0,5	5	7,6	0,5	6
	6	8	0,5	7,5	7	0,5	6	8	0,5	7
		7,5	0,5	8	7	0,5	6,9	8	0,5	7,2
		7	0,5	7	7,2	0,5	6,5	8	0,5	6,9
	7	8	0,5	8	8	0,5	7,5	8	0,5	7,5
		8	0,5	8	8	0,5	7,5	8	0,5	7
		8	0,5	7,5	8	0,5	8	8	0,5	7,8
	8	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
	9	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
	10	8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8
		8	0,5	8	8	0,5	8	8	0,5	8

Tableau.20 .Résultats de moyenne la croissance des isolats selon les milieux et les températures

	Milieu PDA			Milieu Malt			milieu czapek		
	T 24	T 35	T 10	T 24	T 35	T 10	T 24	T 35	T 10
S1	6,473333	0,5	6,21	4,91	0,5	4,95	6,926667	0,5	6,336667
S2	6,686667	0,5	6,163333	5,976667	0,5	5,393333	6,443333	0,5	6,586667
S3	6,173333	0,5	5,473333	5,65	0,5	5	6,346667	0,5	5,873333

Annexe4

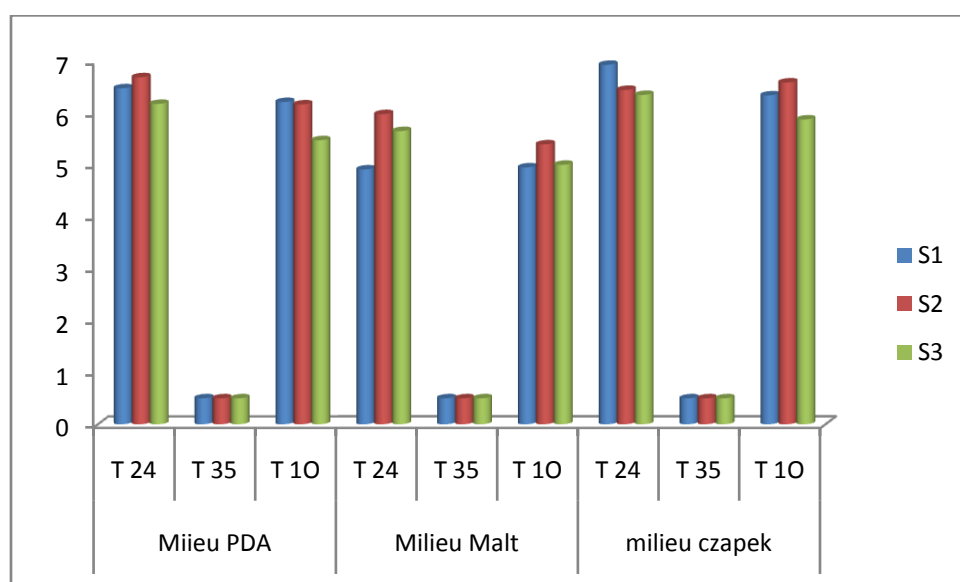


Figure 39. Histogramme d’effet des milieux de cultures et température sur les trois isolats

Annexe 3

Tableau.21 .Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 1

	JOURS	CONFRONTATION DIRECTE				CONFRONTATION INDIRECTE			
		R1	R2	R3	Témoin	R1	R2	R3	Témoin
souche1	1	0.7	0.9	1.2	1.7	1.4	1.5	1.3	1.7
	2	1.3	1.4	1.1	3.5	3.3	3.1	2.4	3.4
	3	2	1.7	1.9	8	8	5.7	5.3	6
	4	3.2	3.2	3.1	8	8	6.7	7.3	7.5
	5				8	8	8	8	8

Tableau.22 .Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 2

	JOURS	CONFRONTATION DIRECTE				CONFRONTATION INDIRECTE			
		R1	R2	R3	Témoin	R1	R2	R3	Témoin
souche2	1	1.4	1.5	1.2	1.6	1.4	1.5	1.2	1.8
	2	2	2.2	1.9	3.7	2.3	2.5	2.4	3.4
	3	2.4	2.5	2.4	8	3.4	3.9	3.5	6.1
	4	3	3	3.1	8	4.2	4.6	5	7.3
	5	3	3	3.2	8	4.5	5.2	5.3	8

Tableau.23. Résultats de confrontation directe et indirecte pour la souche 3

	JOURS	CONFRONTATION DIRECTE				CONFRONTATION INDIRECTE			
		R1	R2	R3	Témoin	R1	R2	R3	Témoin
souche3	1	1.1	1.4	1.2	1.9	1.4	1.5	1.4	1.8
	2	1.58	2.2	2.2	3.8	3.3	3.3	2.7	3.6
	3	2.5	2.7	2.6	8	5.6	5.8	5.8	6.2
	4	3.2	3.4	3.3	8	7.4	6.9	7.4	7.5
	5	3.3	3.5	3.4	8	8	8	8	8

الملخص

يعد مرض الجرب على السنابل ر المتسبب عن الجنس فوزاريوم من أهم الأمراض التي تصيب القمح، إذ يتسبب في خسائر كبيرة من ناحية كمية الإنتاج، النوعية التكنولوجية والصحية للبذور وذلك بسبب تراكم الميكوتوكسينات. في هذا البحث قمنا بتقييم لعدة عزل من الجنس فوزاريوم من خلال دراسة تأثير الحرارة و وسط النمو على نمو الفطر ،النمو الافضل لوحظ في درجتي حرارة ما بين 10° و 24° .

المكافحة الحيوية باستعمال عزل من نوع تريكوديرما ضد الفوزاريوز أظهرت أن لهذه الأخيرة نشاط تضادي ضد الفوزاريوم و الميكروودوشيوم في المخبر .

كلمات المفتاح

القمح، فوزاريوم، مكافحة الحيوية، تريكوديرما.

Résumé

La fusariose est une maladie importante sur blé, elle cause des pertes quantitatives et affecte les qualités technologiques et sanitaires des graines à cause de l'accumulation des mycotoxines.

A travers notre étude, un échantillonnage a été effectué dans la région de Boumerdes et Medea. Trois isolats sont identifiés ; ils appartiennent au genre *Fusarium*. L'effet de la température et des milieux de culture sur la croissance mycélienne a été caractérisé. Le meilleur développement de ces isolats est situé entre 10° et 24°C .

L'essai de lutte biologique contre les *Fusarium* spp. par l'utilisation de *Trichoderma* sp. a montré que une activité antagoniste *in vitro* intéressante par leurs pouvoir hautement mycoparasitaire. La sécrétion de substances antifongiques volatiles a ralenti la croissance mycélienne de la souche 2 qui s'avère sensible au *Trichoderma* sp.

Mots clé : Blé, *Fusarium*, lutte biologique, *Trichoderma*

Abstract

Fusarium head blight and root rot are serious diseases of wheat, they cause quantitative yield losses and affect technological and sanitary quality because of the accumulation of mycotoxins.

Through our study, the characterisation of some isolates of different species of the genus *Fusarium* was assessed. With the studie of effect of temperature and growth media on the mycelium growth.

The biological control assay agains *Fusarium* spp. by using *Trichoderma* spp. isolate , shows that these isolate has an antagonistic activity *in vitro* by their highly parasitic mechanism and the secretion of volatile antifungal substances.

Key words

Wheat, *Fusarium* , biological control, *Trichoderma*.