

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Science Agronomiques
Spécialité/Option : Phytopathologie et Phytopharmacie
Département : Ecologie et génie de l'environnement

Thème :

**Contribution à l'étude du contrôle biologique de la
septoriose du blé (*Zymoseptoria tritici*) par des
champignons antagonistes.**

Présenté par :

- Soualhia Sana
- Khalfallah Amira

Membres du jury:

- Président : M^{me}.Ouchtati N. (M.C.B) Université de Guelma
- Examineur : M^{me}. Chahat N. (M.A.A) Université de Guelma
- Encadreur : M^{me}.Allioui N. (M.C.B) Université de Guelma

Juin 2016

Remerciements

Nos premiers remerciements iront à Dieu le tout puissant pour nous avoir aidé à suivre nos études universitaires et à les corroborer par le présent mémoire.

*Nous tenons à exprimer particulièrement nos sincères remerciements à Mme **Alliouï N.** d'avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils et ses orientations, ainsi que son soutien moral et scientifique.*

*Nous remercions vivement madame **Ouchtati N.** d'avoir accepté de présider le jury, et madame **Chahat N.** d'avoir accepté de juger de ce travail.*

Nos vifs remerciements vont également à :

- Melle **Kanaka K.**, enseignante à l'université 08 mai 1945 de Guelma pour la fourniture des souches de *Fusarium sp.* et d'*Aspergillus sp.**
- Mr. **Boumaaza B.** enseignant à l'université 08 mai 1945 de Guelma pour la fourniture de la souche de *T. harzianum*, ainsi que pour ses conseils et ses orientations, lors de la réalisation de la partie expérimentale.*

*Nos remerciements les plus sincères vont aussi à **Hakima**, Technicienne des laboratoires, et à Mme **Djorfi Houria**, responsable des laboratoires de la faculté, pour leurs aides.*

Et

A tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail, nous disons merci.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A la prunelle de mes yeux, celle qui m'a soutenu jour et nuit
Pourqu'elle me voit toujours au sommet et comme une étoile
Filante:*

*A toi ma très chère Mère Nadia, en témoignage de mon
affection*

*A mon très cher Père Mouhamed, ceci n'est qu'un faible
témoignage de l'exemple qu'il m'a donné de persévérance et
d'acharnement*

A ma chère grand-mère (Aïcha)

A ma sœur Assia

A mes frères Alla, Bilel et Ahmed

A toute ma famille

A Mon binôme Amira

A mes très chers amis

«Nouha» et «Mohamed Djallel»

*«Oum hení», «Sara», «Saadia», «Sara», «Wassila» « Ilhem»,
«Ibtissem»*

*A tous mes les collègues de ma promotion phytopathologie
phytopharmacie et tous ce qui est chère.*

Sana.



Dédicaces

*Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large
et à tout mon entourage,*

*Tout particulièrement à ma mère Khadra et mon père
Mouhamed pour leur patience, conseils, et aussi pour leurs
encouragements et leur soutien moral, et matériel .*

A mon frère : Khayre-eddine.

A mes sœurs : Hana et Chamse.

Je dédie également ce travail à :

*Mon futur mari Djalel, qui m'a donné le courage et le
soutien moral pour continuer mes études.*

Ma deuxième famille, et à ma belle mère

Mon binôme Sana

*Mes très chères amies : Sara, Wassila, Ahlem, Sara A,
Saadia, Nouha et Asma, sans oublier mon camarade
Mohamed Djallel.*

*A tous mes collègues de la promotion 2016 phytopathologie
et phytopharmacie, qui me sont tous très chers.*

Amira.

Sommaire

	Pages
Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
Introduction.....	01
Chapitre 1 : Données bibliographiques sur la tache septorienne des feuilles du blé	03
1-1- Les septorioses des céréales.....	03
1-2- Les septorioses du blé.....	03
1-2-1- La septoriose de l'épi : (<i>Septoria nodorum</i> , <i>Phaeosphaeria nodorum</i>).....	03
1-2-1-1 Symptômes.....	03
1-2-1-2 Développement.....	04
1-2-1-3 Facteurs favorisant le développement de la maladie.....	05
1-2-1-4 Dégâts.....	05
1-2-2- La tache septorienne des feuilles : (<i>Zymoseptoria tritici</i> – <i>Mycosphaerella graminicola</i>).....	05
1-2-2-1 Symptômes.....	05
1-2-2-2 Taxonomie de l'agent causal.....	06
1-2-2-3 Plantes hôtes.....	07
1-2-2-4 Contamination et épidémiologie.....	07
1-2-2-5 Cycle biologique de <i>M. graminicola</i>	08
1-2-2-6 Facteurs favorisant le développement de la maladie.....	10
1-2-2-7 Dégâts.....	11
1-2-2-8 Moyens de lutte utilisés contre la tache septorienne des feuilles du blé.....	11
Chapitre 2 : La lutte biologique	13
2- La lutte biologique.....	13
2-1- Définition.....	13
2-2- Importance de la lutte biologique.....	13
2-3- Concepts de la lutte biologique.....	13
2-4- Objectifs de la lutte biologique.....	14
2-5- Les types de lutte biologique.....	14
2-6- Les avantages et les inconvénients de la lutte biologique.....	15
2-7- Mécanismes de l'antagonisme en lutte biologique.....	16
2-7-1- Définition de l'antagonisme.....	16
2-7-2- Les types d'antagonisme.....	16
2-8- La lutte biologique contre <i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i> ..	17
2-8-1- Présentation et modes d'actions de quelques agents antagonistes de <i>M. graminicola</i>	17
2-8-1-1- <i>Trichoderma sp.</i>	17
2-8-1-2- <i>Fusarium sp.</i>	20
2-8-1-3- <i>Aspergillus sp.</i>	21

Chapitre 3 : Matériel et méthodes	23
3-1- Préparation et cultures de l'agent pathogène <i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i>	23
3-1-1- Prospections et collecte des échantillons de septoriose.....	23
3-1-2- Isolement des souches.....	24
3-1-2-1- Préparation des échantillons.....	24
3-1-2-2- Isolement du pathogène.....	25
3-1-3- Caractérisation des souches de <i>Zymoseptoria tritici</i>	26
3-2- Préparation et culture des agents antagonistes testés.....	26
3-3- Bilan des traitements et des tests utilisés.....	27
3-4- Techniques de confrontation.....	28
3-5- Lecture des boîtes et notation des résultats	30
Chapitre 4 : Résultats et Discussion	31
4-1- Caractérisation du champignon agent causal de la septoriose des feuilles chez le blé (<i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i>).....	31
4-2- Résultats de la confrontation <i>Z.tritici</i> x Agents antagonistes.....	33
4-2-1- <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium solani</i> : F.S.....	34
4-2-2- <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici</i> : F.O.R.L.....	35
4-2-3- <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium oxysporum f.sp. ciceri</i> : F.O.C.....	36
4-2-4- <i>Z. tritici</i> x <i>F.sp.</i>	38
4-2-5- <i>Z. tritici</i> x <i>Aspergillus niger</i> : A.N.....	39
4-2-6- <i>Z. tritici</i> x <i>Trichoderma harzianum</i> : T.H.....	41
Conclusion.....	42
Résumés	
Annexe	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Taxonomie des deux formes de l'agent causal de la tache septorienne des feuilles du blé	7
2	Origines des souches fongiques utilisées dans cette étude	27
3	Résultats des tests de confrontations de <i>Z.tritici</i> x Agents antagonistes	33

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Symptômes de <i>Stagonospora nodorum</i> sur les feuilles	4
2	Symptômes de <i>Stagonospora nodorum</i> sur l'épi	4
3	Lésions sporulantes à la surface d'une feuille de blé	6
4	Symptômes de la tache septorienne sur une feuille de blé	6
5	Fructifications de <i>Z. tritici</i> agent causal de la tache septorienne du blé	6
6	Développement de l'épidémie de la tache septorienne des feuilles au fur et à mesure que le couvert se développe	8
7	Cycle biologique simplifié de <i>Mycosphaerella graminicola</i>	10
8	Champ de blé tendre infecté par la tache septorienne des feuilles (Belkhir, Guelma), site de collecte des souches de <i>Z. tritici</i> utilisées dans cette étude	23
9	Feuille de blé montrant les pycnides de <i>Zymoseptoria tritici</i> observée à la loupe binoculaire (x 5)	24
10	Préparation des échantillons pour l'isolement du pathogène	24
11	Cirrhés de <i>Mycosphaerella graminicola</i> sur feuille de blé, émises après une nuit dans la chambre humide, observées à la loupe binoculaire (x 5)	25
12	Méthode de confrontation directe	28
13	Confrontation de l'agent pathogène (<i>Z. tritici</i>) et l'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA	29
14	Confrontation à distance entre <i>A. pathogène</i> et <i>T. harzianum</i>	30
15	Micro-colonies de <i>Zymoseptoria tritici</i> , observées à la loupe binoculaire (x 5)	31
16	<i>Zymoseptoria tritici</i> cultivé sur PDA, observé à la loupe binoculaire (x 5)	32
17	Conidies de <i>Z. tritici</i> observées au microscope optique (x 40)	32
18	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium solani</i> après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu	34
19	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici</i> (F.O.R.L.) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu	36
20	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium oxysporum f.sp. ciceri</i> (F.O.C.) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu	37
21	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium oxysporum f.sp. ciceri</i> (F.O.C.) par la méthode 1. Après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu	37
22	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium sp.</i> (F.sp.) par la méthode 1, après 8 jours d'incubation	38

23	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Fusarium sp.</i> (F.sp.) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation	39
24	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Aspergillus niger</i> par la méthode 2, après 8 jours d'incubation	40
25	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Aspergillus niger</i> après 15 jours d'incubation	40
26	Résultats du test de confrontation de <i>Z. tritici</i> x <i>Trichoderma harzianum</i> après 15 jours d'incubation	41

Liste des abréviations :

% : pourcentage

°C : degré Celsius

µm : Micromètre

A. : *Aspergillus*

AN: *Aspergillus niger*

B. : *Bacillus*

Bt : *Bacillus thuringensis*

DMI : Inhibiteurs de déméthylation

Ex : Nom ancien de la maladie.

F.:*Fusarium*

F.O.C: *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*

F.O.R.L: *Fusarium oxysporum f.sp. radices-lycopersici*

f.sp : forme spécifique (spécialisée)

Fig.: Figure

F.S: *Fusarium solani*

h : heures

Kg N/ha : kilogramme d'azote par hectare

M. : *Mycosphaerella*

m²: mètre carré

ml : Millilitre

mm : Millimètre

PDA: Potato Dextrose Agar

pH : potentiel d'hydrogène

QoI : Quinone outside Inhibitors

QS : Quorum Sensing

S : *Septoria*

sp: espèce

spp. : Sous espèce

T : Traitement

T. : *Trichoderma*

T. aestivum: *Triticum aestivum*

T. durum: *Triticum durum*

Tab. : Tableau

T.H: *Trichoderma harzianum*

Z.t.: *Zymoseptoria tritici*

Introduction :

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale. Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de leurs besoins énergétiques. Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse (Nadjem, 2012).

En Algérie, les céréales occupent une large partie de la sole agricole totale et s'étendent sur des superficies qui représentent jusqu'à 30 % des terres cultivables (Chebbi *et al.*, 2004). Les blés et l'orge sont les trois céréales qui occupent la majorité des superficies des productions céréalières, et représentent jusqu'à 90 % (Jouve *et al.*, 2000).

Cependant, malgré l'importance relative des superficies emblavées, la production céréalière algérienne reste insuffisante comparativement aux potentialités productives et des besoins du pays. Les rendements du blé, obtenus à travers les années ne connaissent pas ou peu d'évolution positive : 14,2 Qx/ha de blé dur et 14,9 Qx/ha de blé tendre en 2003 ; 15,2 Qx/ha de blé dur et 14,7 Qx/ha de blé tendre en 2006 ; tandis qu'en 2007 la diminution est considérable avec 12,9 Qx/ha pour le blé dur et 12,5 Qx/ha pour le blé tendre (Mahfoud et Lasbahani, 2015).

Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007).

Cette situation est dû en partie aux conditions difficiles du milieu de production, notamment les facteurs climatiques, et les pratiques culturales non appropriées ; à la faiblesse du potentiel génétique du matériel végétal utilisé ; mais aussi et surtout à la prévalence de plusieurs stress biotiques tels que les maladies cryptogamiques qui contribuent en grande partie à la perte de rendement variant en fonction de l'ampleur des incidences et sévérités d'attaque de ces différents pathogènes.

Parmi les principales maladies observées sur le blé, les maladies foliaires, notamment la tache bronzée et la tache septorienne causée par *Zymoseptoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola* sont les plus répandues.

Les pertes de rendements engendrées par *M. graminicola* peuvent atteindre 60 % durant les années pluvieuses, et en particulier lorsque les pluies printanière persistent, après l'émergence de la feuille drapeau.

Les modalités de lutte utilisées contre cette maladie sont plus particulièrement de type chimique ; les produits utilisés appartiennent aux triazoles et aux QoIs, notamment les strobilurines, agissant sur la respiration du parasite. L'efficacité des produits utilisés n'est toujours pas à la hauteur de la protection escomptée par l'agriculteur, en plus des effets intentionnels décrits pour l'utilisation des pesticides sur la santé publique. D'autre part, la variabilité génétique de cet agent pathogène lui attribue des potentialités élevées pour affronter les contraintes de l'environnement, notamment, la résistance variétale chez le blé, ou la résistance aux fongicides utilisés, d'où l'émergence de souches résistantes aux strobilurines de ce pathogène a été déclarée dans plusieurs pays à travers le monde, notamment en Algérie (Allioui *et al.*, 2016).

Face à cette situation, la recherche est lancée actuellement dans beaucoup de laboratoires à travers le monde, à la lutte biologique contre ce type d'agents pathogènes, par utilisation d'antagonistes. Peu de travaux ont porté sur *Zymoseptoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola*, agent de la tache septoriène des feuilles du blé. En Algérie, un seul essai a été réalisé l'année dernière par Boumzaout et hachani (2015).

Cette étude vient contribuer au développement de cette axe de recherche et vise à tester l'effet de quelques souches fongiques rhizosphériques, sur *Zymoseptoria tritici*. Les agents faisant l'objet de cette étude sont : *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus niger*, et *Fusarium sp.*, et ceci par des confrontations *in vitro* en boîtes de pétri.

A cet effet, pour ce travail nous avons adopté le plan suivant :

- Une première partie relative à l'étude bibliographique sur les septorioses du blé dans le premier chapitre.
- Une deuxième partie portant sur les modalités de lutte biologique et les antagonistes utilisés.
- Une troisième partie pratique qui englobe, les méthodes d'isolement et de caractérisation de l'agent pathogène, ainsi que les techniques de confrontation.
- En quatrième chapitre nous avons présenté les résultats obtenus et les discussions.
- Et enfin, une conclusion et perspectives permettant de synthétiser les résultats.

Chapitre 1 : La tache septorienne des feuilles du blé :

1-1- Les septorioses des céréales:

Les septorioses sont d'importantes maladies foliaires des céréales à paille. Elles sont la cause de divers types de taches foliaires, bigarrures et nécroses. Chacune des parties aériennes de l'hôte peut être attaquée, selon le stade de croissance et les facteurs externes. Les agents de septorioses possèdent plusieurs caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres genres de champignons pathogènes qui affectent les mêmes cultures (Zillinsky, 1983):

- Les pycnospores (conidies) sont produites à l'intérieur d'un appareil fructigène fermé, presque sphérique, appelé pycnide.

- Les pycnides naissent enfoncées dans les tissus de l'hôte et à maturité elles émergent de l'épiderme. Les conidies sont extrudées en masse de l'ostiole de la pycnide. Cette masse de spores (cirrhe) est en général légèrement rosée à blanc jaunâtre.

- Les conidies sont filiformes ou cylindriques, de longueur et de largeur qui varient selon l'espèce. Elles sont droites ou courbes, hyalines, ont les bouts arrondis et comportent deux à quatre cloisons transversales.

- Les dimensions, le ratio longueur/largeur des conidies, la texture et la couleur de la paroi des pycnides ou autres appareils sporifères, et l'espèce de l'hôte qu'elles attaquent constituent les plus importants critères de distinction des espèces fongiques agents de septorioses (Zillinsky, 1983).

1-2- Les septorioses du blé :

Le blé peut être attaqué par deux types principaux de septorioses : la tache septorienne des feuilles causée par le champignon : *Zymoseptoria tritici* (*Ex. Septoria tritici*) et la septoriose des épis causée par le champignon : *Stagonospora nodorum* (*Ex. Septoria nodorum*).

1-2-1- La septoriose des épis :

1-2-1-1- Symptômes :

Les symptômes se manifestent aussi bien sur le feuillage que sur les glumes, les gaines des feuilles et les nœuds. Sur les feuilles, ils se forment des tâches ovales ou lenticulaires brunes. Elles peuvent être entourées d'une chlorose ou jaunissement périphérique ; lorsque ces tâches sont abondantes sur une feuille, elles se rejoignent pour former de grandes plages nécrotiques (Fig. 1). Après quelque temps, des fructifications se forment sur les nécroses et sont

visibles sous forme de petites boules soulevant légèrement l'épiderme. Ces boules ou pycnides de couleur brun clair sont beaucoup moins apparentes, et seul un examen microscopique les différencierait. Le démarrage de la maladie est souvent difficile à détecter (Ezzahiri, 2001).

En cas de forte attaque, la maladie atteint les glumes des épis. Elle affecte plus particulièrement la partie supérieure des glumes. Les symptômes sur les glumes se manifestent par de petites taches grises qui vont s'étendre jusqu'à la base en faisant apparaître des pycnides de couleur gris foncé ou brune (Fig. 2). Les grains atteints présentent des colorations brunes ou des symptômes d'échaudage (Ezzahiri, 2001).

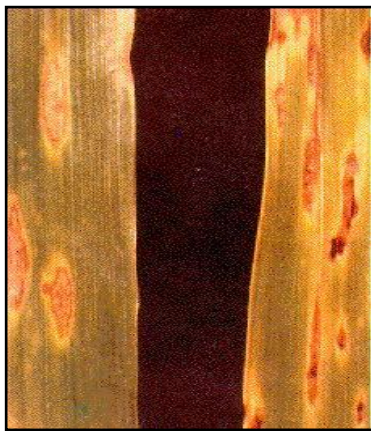


Figure 1 : Symptômes de *Stagonospora nodorum* (Ex. *Septoria nodorum*) sur les feuilles [1].



Figure 2 : Symptômes de *Stagonospora nodorum* (Ex. *Septoria nodorum*) sur les épis [1].

1-2-1-2- Développement :

Selon Ezzahiri (2001), les principales sources d'inoculum sont la semence et les chaumes du blé à la surface du sol. Après la levée, on peut trouver quelques foyers dus à des contaminations très précoces soit par l'intermédiaire des semences ou par les pycnidiospores provenant des débris des récoltes précédentes. Les pycnidiospores, qui permettent le développement épidémique de la maladie, commencent à germer à partir d'une humidité relative de 98% au niveau de la feuille. La température doit être comprise entre 5°C et 37°C, l'optimum de germination se trouvant entre 20 et 25°C. Au niveau d'un tissu atteint par la maladie, les pycnides ne pourront se former que sur des tissus morts. La progression de la maladie est fonction des conditions de pluviométrie et de températures.

1-2-1-3- Facteurs favorisant le développement de la maladie:

Plusieurs facteurs interviennent dans le développement de la septoriose des épis [2]:

- La quantité d'inoculum sur les débris végétaux contribue à l'importance de l'attaque de la culture suivante.
- Une évolution de l'humidité relative vers la saturation après une période de sécheresse.
- La pluie et l'action éclaboussant des gouttes sur les feuilles du blé favorisent la dissémination des spores.
- Les contaminations sont réussies pour une température comprise entre 5°C et 10°C si après la pluie il n'y a pas d'ensoleillement et que l'humidité relative, reste supérieure à 85% pendant au moins 12 heures.
- Une période pluvieuse et humide d'une journée à 8°C – 20°C à l'épiaison correspond à une grave attaque sur les épis. L'éclairement joue un rôle dans la sporulation, notamment le rayonnement des U.V, qui lui est nécessaire.

1-2-1-4- Dégâts :

Au niveau des semences la maladie entraîne la fonte des semis et des manques à la levée.

Au niveau de l'épi la maladie entraîne des baisses de qualité lors d'attaques sur épis. Les dégâts sur feuilles peuvent être importants et entraînent une perte allant jusqu'à 20% de la récolte [3].

1-2-2- La tache septorienne des feuilles :

1-2-2-1- Symptômes :

Les symptômes se présentent sous forme de taches allongées de taille variable sur les feuilles, d'abord chlorotiques et deviennent nécrotiques par la suite (Fig. 3). Dans les parties nécrosées des feuilles se forment des fructifications, ou pycnides qui ont l'aspect de petits points noirs, isolés, globuleux ou ovales (Fig. 4). A l'intérieur des pycnides se trouvent les conidies ou les pycniospores. Elles sont allongées, filiformes, droites ou arquées, hyalines, subdivisées transversalement par de nombreuses cloisons (Fig. 5). Les premiers symptômes sont observés sur les feuilles du bas et progressent au fur et à mesure vers les feuilles supérieures de la plante (Ezzahiri, 2001).



Figure 3 : Lésions sporulantes à la surface d'une feuille de blé (Gigot, 2013).



Figure 4 : Tache de septoriose Sur une feuille de blé (Gigot, 2013).

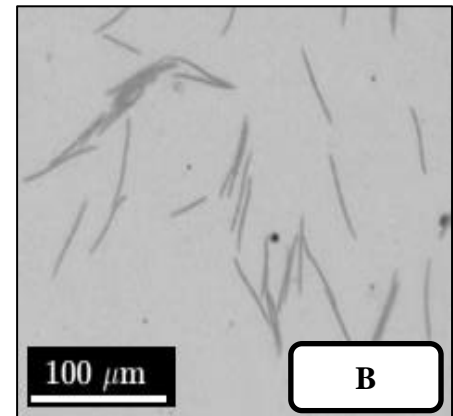
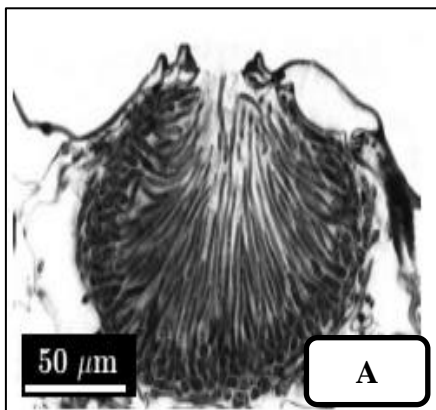


Figure 5: Fructifications de *Z. tritici* agent causal de la tache septorienne du blé (A) Pycnide (fructification issue de la reproduction asexuée) vue en coupe au microscope optique (Kema *et al.*, 1996) . (B) Pycnidiospores observées au microscope optique (Gigot, 2013) .

1-2-2-2- Taxonomie de l'agent causal :

Selon Duvivier *et al.*, (2013), Ce champignon a la capacité de coexister sous deux formes différentes, la forme anamorphe *Zymoseptoria tritici* (Ex. *Septoria tritici*) et la forme téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* ; ces deux formes se distinguent par leur mode de

reproduction respectivement asexuée ou sexuée. Le tableau 1 présente la classification des deux formes : sexuée et asexuée, de ce pathogène.

Tableau 01 : Taxonomie des deux formes de l'agent causal de la tache septorienne des feuilles du blé (Allioui, 2015).

Classification	Forme Asexuée (Anamorphe) <i>Zymoseptoria tritici</i>	Forme Sexuée (Téléomorphe) <i>Mycosphaerella graminicola</i>
Règne	Mycètes	Mycètes
Division	Eumycètes	Eumycètes
Embranchement	Ascomycètes	Ascomycètes
S/Embranchement	Pezizomycètes	Ascom. Filamenteux
Classe	Dothideomycètes	Ascomycètes
S/Classe	Dothideomycetidae	Loculoascomycètes
Ordre	Capnodiales	Dothideales
Famille	Mycosphaerellaceae	Dothideaceae
Genre	<i>Zymoseptoria</i>	<i>Mycosphaerella</i>
Espèce	<i>Z. tritici</i>	<i>M. graminicola</i>

1-2-2-3- Plantes hôtes :

Outre, le blé (dur et tendre : *Triticum durum* et *Triticum aestivum*), le seigle (*Secale cereale* L.) et le triticales (\times *Triticosecale* Wittmark), la gamme d'hôtes de *M. graminicola* s'étend à de nombreuses autres poacées. A ce sujet, Eyal (1999) mentionne *Agropyron* spp, *Agrostis* spp, *Brachypodium* spp, *Bromus* spp, *Dactylis* spp, *Festuca* spp, *Hordeum* spp, *Glyceria* spp. et *Poa* spp. Parmi ces dernières, se trouvent de nombreux adventices courants des cultures de blé, de seigle ou de triticales, qui peuvent jouer le rôle de réservoirs pour le champignon pathogène en maintenant un inoculum à proximité immédiate des céréales cultivées.

1-2-2-4- Contamination et épidémiologie:

Par reproduction asexuée, *Z. tritici* produit des pycnides, se développant sur des nécroses rectangulaires, apparaissant elles-mêmes sur les feuilles les plus âgées de la céréale . Elles renferment des pycniospores (ou pycnidiospores), exsudées puis projetées sur les feuilles supérieures grâce aux pluies automnales et printanières (Fig. 6). Les contaminations se poursuivent tant que les pluies persistent, mais les projections se font à des distances qui dépassent rarement 30 cm. Cependant la reproduction sexuée contribue au brassage génétique des souches fongiques, et les ascospores sont dispersées par le vent à de longues distances, du

stade 2 noeuds environ jusqu'à la récolte. La pluie étant le moteur principal de l'épidémie. Des températures fraîches peuvent, par ailleurs, rendre moins efficaces les contaminations, ralentir les incubations mais à l'évidence, elles ne permettent pas de stopper totalement la maladie (Shaw, 1987 ; Shaw et Royle, 1993).

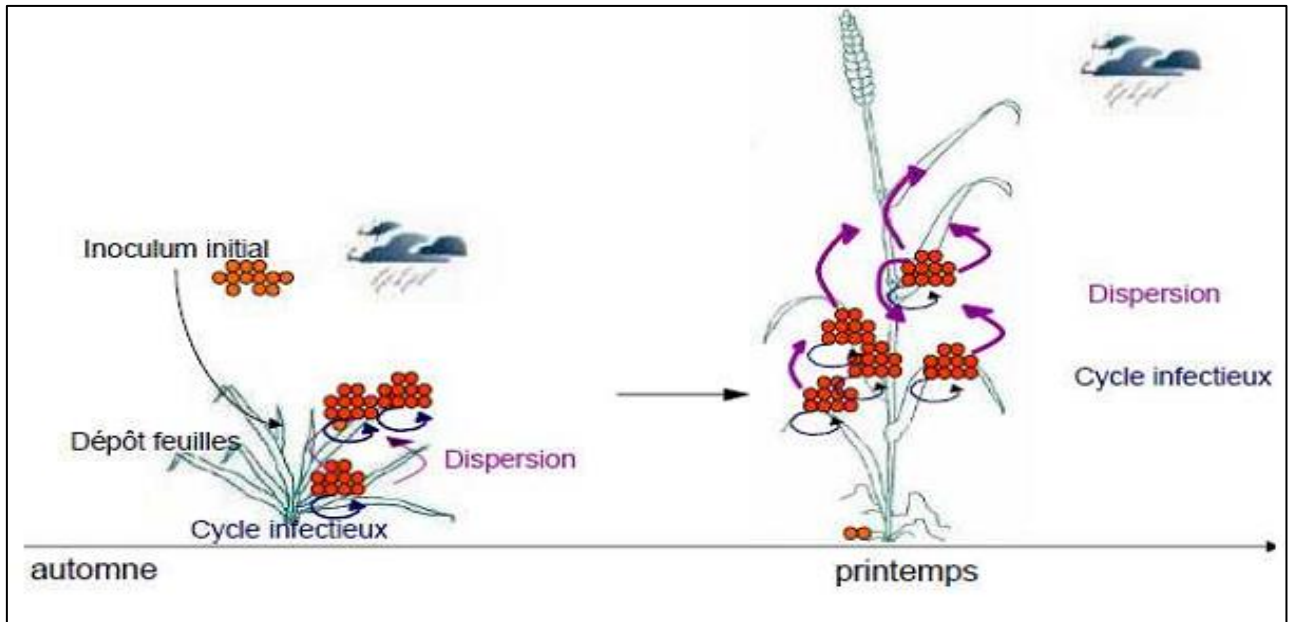


Figure 6: Développement de l'épidémie de la tache septorienne des feuilles au fur et à mesure que le couvert se développe (Gigot, 2013, adapté de Robert *et al.*, 2008).

1-2-2-5- Cycle biologique :

Zymoseptoria tritici / *Mycosphaerella graminicola*, est un champignon hémibiotrophe, car après une première phase biotrophe où l'infection se déroule sans détérioration des tissus hôtes, survient la phase nécrotrophe pendant laquelle les tissus colonisés commencent à mourir.

Le cycle du champignon est assez complexe (Fig. 7): Les infections primaires sont causées par les ascospores, libérées dans l'air à l'automne à partir des périthèces formées sur les résidus de culture (Shaw et Royle, 1989). Au printemps, plusieurs cycles à pycnidiospores ont lieu sur les feuilles d'une plante de blé. Les pycnidiospores sont adaptées à la dissémination à courte distance, typiquement d'une feuille âgée en bas de la plante vers une feuille jeune du haut de la même plante ou d'une plante voisine. La maladie progresse ainsi par infections

successives jusqu'à la feuille drapeau, d'où la qualification de la septoriose de maladie à gradient, et de maladie polycyclique. Les pycnidiospores libérées en présence d'humidité constituent donc le moteur de l'épidémie. Plusieurs phases caractérisent le cycle biologique de ce pathogène (Ben Slimane, 2010) :

- **La germination des spores:** La germination des spores a lieu si les conditions environnementales sont favorables, notamment en présence d'eau libre sur les feuilles, de températures élevées (entre 10 et 25°C avec un optimum aux alentours de 20°C) et d'humidité relative à saturation de 15 à 20 heures. Le tube germinatif pénètre dans l'épiderme de la feuille, le plus souvent, à travers les stomates. L'infection commence quand le pathogène s'installe dans les tissus colonisés.

- **La période de latence:** elle s'étend depuis la germination des spores jusqu'à l'apparition des chloroses, des nécroses ou des premières structures sporulantes, c'est la phase biotrophe du développement du champignon, où la progression mycélienne s'effectue plutôt lentement et de façon peu destructrice dans les espaces intercellulaires. La durée de la phase de latence pour la septoriose des feuilles correspond à peu près au temps entre l'émission de la dernière feuille et la floraison du blé.

- **La sporulation:** La fin de la latence correspond à l'entrée en phase nécrotrophe. Le développement du champignon s'intensifie et conduit à la destruction des parois cellulaires. Elle conduit rapidement à la phase de sporulation, qui correspond à l'émission de pycnidiospores, des spores filiformes de 50 - 80 µm de long et de moins de 5 µm de diamètre. Ces dernières, produites dans les pycnides, sont exsudées sous forme d'un amas mucilagineux nommé 'cirrhe' qui les protège des conditions climatiques défavorables (Eyal *et al.*, 1987).

- **La dispersion:** Les pycnidiospores représentent la forme majoritairement responsable de la dispersion de la maladie pendant la saison de culture. Les cirrhes, quoique protégeant les pycnidiospores, les alourdissent et ne leur permettent pas d'être transportés en suspension dans l'air. Ce sont les éclaboussures de pluies qui les projettent vers les étages foliaires supérieures du blé (Eyal *et al.*, 1987), assurant ainsi de nouveaux cycles de la maladie. Cette dispersion est une deuxième phase clé dans le développement épidémique de cette maladie et dépend fortement de la fréquence et de l'intensité des pluies de printemps. Des

caractéristiques liées au couvert végétal (densité de feuilles, distances entre organes et vitesse d'émission des feuilles) permettent de minimiser ou maximiser les probabilités de contact entre couvert et inoculum (Savary *et al.*, 1995 ; Lovell *et al.*, 1997).

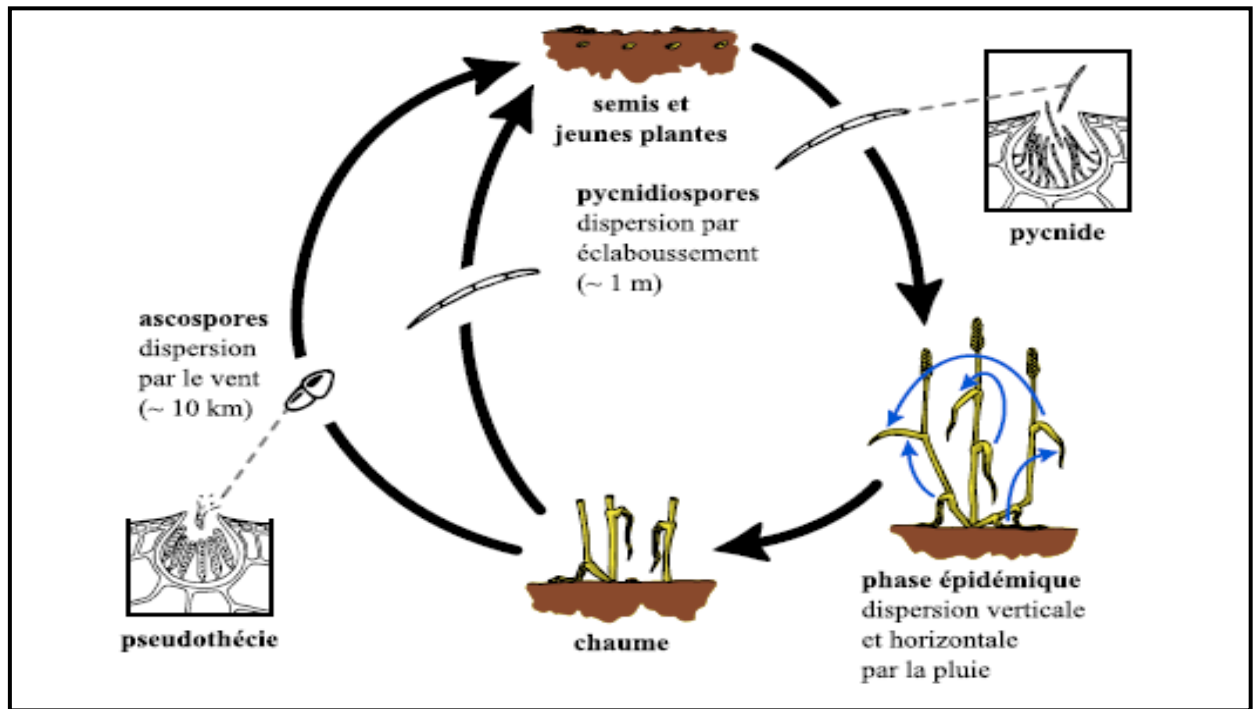


Figure 7 : Cycle biologique simplifié de *Mycosphaerella graminicola* (Gigot, 2013).

1-2-2-6- Facteurs favorisant le développement de la maladie :

Selon Ezzahiri (2001), les chaumes de la culture précédente constituent la principale source d'inoculum de cette maladie. En effet, les pycnides du champignon peuvent survivre sur les chaumes du blé jusqu'à 6 mois et induisent les premières infections sur les plantules du blé. Les premiers symptômes de la maladie sont observés sur les premières feuilles qui sont en contact avec le sol. L'humidité est indispensable pour tous les stades d'infection, germination, pénétration, développement du mycélium dans le tissu foliaire et formation des pycnides.

Ces derniers sont capables dès leur formation, d'exsuder les pycnidiospores dans un cirrhe transparent. Chaque pycnide peut produire plusieurs milliers de spores. A la faveur d'alternances d'humidification et de dessèchement, il peut y avoir plusieurs émissions de cirrhe par une pycnidiospore. Des précipitations fréquentes et des températures modérées (15-20°C)

sont propices au développement de la septoriose. On considère qu'après une pluie, la contamination réussie nécessite une période d'humidité relative de saturation de 15 à 20 heures. De fortes infestations ont été enregistrées avec une période d'humectation de 35 heures suivie d'une humidité relative supérieure à 80% pendant 48 heures.

1-2-2-7- Dégâts :

La nuisibilité de la septoriose en terme de pertes de photosynthèse, croissance ou rendement a été étudiée par plusieurs équipes de recherche (Shtienberg *et al.*, 1990; Shtienberg, 1992; Robert *et al.*, 2006) et convergent pour dire que la baisse de production à chacune de ces échelles est quasi proportionnelle à la baisse de surface verte des tissus malades (Savary *et al.*, 2006). Plusieurs auteurs signalent que les pertes de rendement causées par cette maladie sont considérables et peuvent dépasser 50 % en cas d'attaques sévères (Eyal, 1987 ; Robert *et al.*, 2006).

1-2-2-8- Moyens de lutte utilisés contre la tache septorienne des feuilles du blé :

Plusieurs modalités de lutte sont préconisées pour combattre la tache septorienne des feuilles du blé (Mahfoud *et Lasbahani*, 2015) :

- **Les moyens cultureaux:**

- ✓ Choisir une variété de blé peu sensible.
- ✓ Enfouir les résidus cultureaux et supprimer les repousses de céréales.
- ✓ Allonger la rotation (Augmenter le temps entre 2 céréales à paille).
- ✓ Faire attention à la propreté de la parcelle car les graminées sauvages sont

une source d'inoculum.

- **La lutte chimique:**

Des fongicides foliaires maîtrisent la maladie. Les ingrédients actifs homologués sont notamment le chlorothalonil, le mancozèbe, le propiconazole, la pyraclostrobine et la trifloxystrobine. Les traitements de semences empêchent la maladie de se propager dans un nouveau champ. L'emploi de fongicides appropriés est fortement recommandée (Mahfoud *et Lasbahani*, 2015) :

- Préventif : produit de contact
- Curatif : Produit utilisé après une 1ère infection
- Eradiquant : Produit qui bloque la sporulation

- **La lutte physique :**

Les méthodes de lutte physique incluent toutes les techniques dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique ou biochimique, notamment, la lutte thermique, la lutte électromagnétique, qui repose sur l'interaction entre un rayonnement électromagnétique, ou un courant, et la matière constituant l'ennemi des cultures visé (insectes, mauvaises herbes, pathogènes), et la lutte mécanique qui maîtrise les adventices (Amri, 2007).

- **La lutte génétique :**

La sélection pour la résistance génétique aux maladies fongiques du blé reste la méthode de lutte rapportée comme la plus efficace et la moins coûteuse. En effet l'utilisation de cultivars résistants réduit la conservation du pathogène dans les chaumes et dans les graines (Krupinsky, 1999).

- **La lutte biologique :**

Elle repose sur l'utilisation de microorganismes antagonistes qui altèrent le développement de l'agent de l'agent pathogène. Plusieurs études ont montré que des champignons et des bactéries appartenant à différentes espèces sont des agents de lutte biologique pour l'agent causal de la septoriose du blé. L'effet antagoniste de ces agents est lié à la production des antibiotiques qui jouent un rôle très important dans la suppression de la croissance de ce pathogène sur les feuilles de blé (Levy et *al.*, 1988; Flaishman et *al.*, 1996).

2- La lutte biologique :

2-1- Définition :

La lutte biologique peut être définie comme étant l'introduction d'un ennemi naturel à un ravageur/pathogène donné pour réduire les dommages causés par ce dernier. Les ennemis naturels ainsi que les ravageurs/pathogènes sont de plusieurs natures : plantes, insectes, nématodes, champignons, bactéries, virus, etc. (Mahfoud et Lasbahani, 2015).

Un biopesticide est composé d'un organisme vivant (Plante, nématode, bactérie, champignon ou virus) ou d'un produit dérivé de cet organisme, qui est utilisé pour supprimer ou réprimer un ravageur/pathogène. Plusieurs biopesticides ont pour principes actifs des microorganismes antagonistes. Les microorganismes peuvent exercer une activité antagoniste selon différents mécanismes incluant : la compétition, les interactions directes cellule à cellule, l'antibiose, la dégradation des signaux de " *quorum sensing*" (*QS*), et les actions sur la résistance de l'hôte. Parmi les champignons antagonistes les plus utilisés dans la lutte biologique contre les maladies cryptogamiques, nous citons les genres: *Trichoderma*, *Pythium*, *Aspergillus*...etc. (Bojanowski, 2011).

2-2- Importance de la lutte biologique :

Selon Lefort (2010), En 2003, les agents de lutte biologique et biopesticides représentaient 1,7 % du marché mondial des pesticides ; 2,6 % en 2005 ; et enregistre une croissance annuelle de 10 %. La part effective que pourraient couvrir les moyens actuellement connus devrait être de 10 à 15% du marché mondial. De nouveaux agents sont constamment recherchés, testés et commercialisés.

2-3- Concepts de la lutte biologique :

Le concept de protection biologique intégrée consiste à chercher une optimisation économique et écologique des moyens de contrôle des ennemis des cultures (qui peut être atteinte par la coordination de plusieurs méthodes), pour maintenir les dégâts dans la production végétale en dessous d'un seuil économique critique tout en minimisant les éventuelles conséquences néfastes de ce maintien pour l'homme, l'animal, les plantes et l'environnement (Bouneghou, 2011).

2-4- Objectifs de la lutte biologique:

La lutte biologique ne conduit pas à une éradication (élimination totale) de l'espèce introduite envahissante ou du ravageur des cultures (dite « espèce-cible »). Son objectif est de réduire durablement leurs effectifs de manière à ramener les dommages à un niveau écologiquement ou économiquement tolérable, c'est-à-dire en dessous de ce que l'on appelle un seuil écologique ou économique acceptable. Il s'agit de rétablir une sorte d'équilibre durable entre l'agent de lutte biologique et l'espèce-cible. L'aspect le plus important de la lutte biologique est la sélection d'agents de lutte biologique qui sont hautement spécifique à l'espèce-cible afin qu'ils ne s'attaquent pas à d'autres espèces et ne deviennent pas à leur tour des pestes végétales ou animales. (Meyer, 2002).

2-5- Les types de lutte biologique :

Selon Meyer (2002), on distingue plusieurs types de lutte biologique :

A)- La « lutte biologique classique » : par l'introduction et l'acclimatation de prédateurs (qui chassent et tuent leurs proies), de parasites (qui se développent et se nourrissent au dépend de leur hôte causant une mort rapide ou différée), ou de pathogènes (qui infectent et tuent leurs hôtes). Ceux-ci sont appelés « agents de lutte biologiques » ou « auxiliaires des cultures » dans les agrosystèmes.

B)- La « lutte autocide » : par l'introduction d'un individu de la même espèce, mais modifié (en général stérilisé). Un lâcher massif d'insectes ravageurs mâles stérilisés par irradiation ou par des produits chimiques est réalisé, ceux-ci entrent en compétition avec les mâles normaux déjà présents et sont responsables d'accouplements stériles avec les femelles. Il en résulte une baisse du potentiel de reproduction et une décroissance rapide des effectifs de l'insecte ravageur de génération en génération.

C)- La « lutte inondative » : se fait par des lâchers massifs et saisonniers d'espèces auxiliaires indigènes ou introduites.

D)- La « lutte microbiologique » : par l'utilisation de micro-organismes souvent conditionnés comme des insecticides (cas de lutte contre les insectes), appelés également insecticides microbiens ou « biopesticides ». *Bacillus thuringensis* (connu sous le nom « Bt ») qui produit une protéine toxique contre les insectes est cultivé artificiellement

et commercialisé dans le monde à grande échelle. Il possède plusieurs souches (appelés « pathotypes ») spécifiques contre les larves de Lépidoptères (notamment la Pyrale du maïs), Coléoptères et Diptères (notamment les moustiques). En Nouvelle-Zélande, la variété *B. thuringensis* var. *kurstaki*, commercialisée sous le nom « Foray 48B », a été utilisée en pulvérisation massive aérienne pour éliminer le papillon ravageur *Orgyia thyellina* (« white-spotted tussock moth », Lépidoptères, Lymantriidés) originaire d'Asie.

2-6- Les avantages et les inconvénients de la lutte biologique :

La lutte biologique est une méthode pour laquelle un certain nombre d'avantages et d'inconvénients ont été signalés (Meyer, 2002) :

A- Les avantages:

- ✓ Effets permanents une fois que les ennemis naturels sont bien établis.
- ✓ Pas d'effets secondaires nocifs (absence de résidus chimiques, de pollution chimique).
- ✓ L'agent est sans danger pour l'environnement ou les cultures car il est spécifique à l'espèce-cible.
- ✓ L'agent se développe, se reproduit et se dissémine seul. Il peut s'étendre à tous les habitats et répondre aux fluctuations en nombre de l'espèce-cible.
- ✓ L'effet est souvent graduel et ne cause pas de perturbation forte sur l'environnement.
- ✓ Les dépenses ne sont pas renouvelables car une fois le système bien établi, aucun frais supplémentaire n'est nécessaire.

B- Les inconvénients:

- ✓ Il y a initialement une dépense en temps, efforts humains et financière importante (coût et durée parfois élevés du programme de recherche).
- ✓ Dans le cas où des résultats rapides sont exigés, la lutte biologique agit trop lentement.
- ✓ Les effets varient selon les conditions du milieu et ne sont pas garantis.
- ✓ Il existe un nombre limité d'ennemis naturels pour chaque espèce-cible.
- ✓ Les agents se disséminent le plus souvent seul et le contrôle ne peut pas être localisé.
- ✓ C'est une méthode irréversible.

2-7- Mécanismes de l'antagonisme en lutte biologique :

2-7-1- Définition de l'antagonisme :

Ce terme peut être utilisé pour désigner la situation où un organisme exerce un effet inhibiteur sur un autre organisme qu'il tend à éliminer sans le consommer. (Bouneghou, 2011).

Beaucoup d'antagonistes existent certainement dans la nature et exercent un contrôle biologique plus ou moins efficace sur les pathogènes des plantes. L'homme a toujours essayé d'augmenter l'efficacité des antagonistes à travers l'introduction de nouvelles populations de ces microorganismes au champ, où elles n'existaient pas, ou à travers la stimulation de leur croissance en apportant des amendements au sol. Dans les deux cas, le résultat est un accroissement des activités inhibitrices des antagonistes contre les pathogènes. Bien que certains cas de lutte biologique efficace aient été enregistrés, le potentiel d'un contrôle éventuel des maladies avec cette méthode reste actuellement limité car, contrairement au laboratoire et sous serre, les résultats au champ ne sont pas d'habitude d'un succès particulier (Nasraoui, 2006).

2-7-2- Les types d'antagonisme :

L'antagonisme se manifeste généralement soit par une compétition, un hyperparasitisme, une production de sidérophores ou une antibiose (Bouneghou, 2011) :

✓ **La compétition :** Il s'agit de la lutte de deux ou plusieurs espèces pour l'utilisation d'une même ressource qui peut être de l'espace ou de la nourriture. Une population d'une espèce qui possède un avantage compétitif dans l'appropriation d'une ressource, s'assure du contrôle de cette ressource et élimine les populations d'autres espèces appartenant au même peuplement (Laveque et Mounolou, 2001).

✓ **L'hyperparasitisme :** Le parasitisme est une forme de relation dans laquelle un organisme (le parasite) tire de l'hôte. Les parasites détournent à leur profit une partie des ressources normalement destinée à la croissance, la survie et la reproduction des hôtes. L'hyperparasitisme est l'attaque directe d'un microorganisme par un autre dans un but nutritionnel. Le mycoparasitisme, signifie, un champignon qui est parasité par un autre champignon.

✓ **Production de sidérophores :** Les sidérophores sont des molécules extracellulaires qui possèdent une grande affinité pour le fer ferrique (Fe^{+3}). Ce dernier est présent dans le sol à faible concentration sous forme de $Fe(OH)_3$. Les champignons et

toutes les bactéries aérobiques et anaérobiques facultatives produisent une grande variété de sidérophores. Pour l'antagonisme champignons-bactérie, ce phénomène peut se manifester soit par une inhibition de la germination des spores (mycostase), soit par une lyse du mycélium (mycolyse), ou par lyse des bactéries (bactériolyse).

✓ **L'antibiose :** La sécrétion de substances antibiotiques par les microorganismes est un phénomène fréquent, certains métabolites sont capables d'interférer avec la germination, la croissance mycélienne et/ou la sporulation des agents phytopathogènes. D'autres provoquent la distorsion des hyphes fongiques, modifiant l'aspect des colonies ou entraînant le relargage de composés cellulaires suite à la perturbation de la perméabilité membranaire. Cependant, la production d'antibiotiques dans un milieu de culture ne signifie pas automatiquement que l'antibiotique est synthétisé in-vivo, et même si c'est le cas, qu'il joue un rôle dans cette protection in-vivo. (Lepoivre, 2003).

2-8- La lutte biologique contre *Mycosphaerella graminicola*/Zymoseptoria tritici :

Peu de travaux ont été réalisés sur la lutte biologique des champignons phytopathogènes des céréales, notamment les agents de septorioses :

2-8-1- Présentation et modes d'actions de quelques agents fongiques testés contre *M. graminicola*, agent de la tache septorienne des feuilles du blé:

2-8-1-1- *Trichoderma Sp.* :

A)- Définition :

Selon Johanne (2002), Le genre *Trichoderma* regroupe un ensemble de champignons imparfaits saprophytes qui se retrouvent couramment dans le sol, sur le bois mort, les débris végétaux et les organes aériens des plants. On le reconnaît facilement en culture grâce à la couleur généralement verdâtre de ses spores et le port typique de ses phialides en forme de quilles.

B)-Classification :

La position taxonomique actuelle des *Trichoderma sp.*, est la suivante (Benouzza, 2012) :

Embranchement : *Amastigomycota* et / ou *Eumycètes*.
Sous embranchement : *Ascomycotina*.

Classe :	<i>Sordariomycètes.</i>
Ordre :	<i>Hypocréales.</i>
Famille :	<i>Hypocraceae.</i>
Genre :	<i>Trichoderma.</i>

C)-Modes d'action :

✓ **Mycoparasitisme et enzymes lytiques :**

L'abondance de *Trichoderma sp.* dans les écosystèmes est due à leur production élevée d'enzymes hydrolytiques, et leur mycoparasitisme est basé sur la sécrétion d'un ensemble complexe d'enzymes dégradant la paroi cellulaire de divers hôtes. Un système multi-enzymatique important a été décrit chez des espèces de *Trichoderma* : les cellulases, les chitinases, les β -1,3- glucanases, les β -1,6-glucanases et des protéases (Benouzza, 2012). Le mécanisme du mycoparasitisme comprend différentes étapes (Benouzza, 2012) :

- **La Stimulation :** *Trichoderma sp.* perçoit la présence de son hôte, ses hyphes se dirigent directement vers lui par chimiotropisme. Différentes espèces peuvent suivre différents modèles d'induction, mais en général les champignons produisent des exochitinases à de faibles niveaux dont la diffusion de ces dernières catalyse la libération des oligomères de la paroi fongique du champignon cible, et à leur tour en induisent l'expression des endochitinases qui attaqueront le champignon cible avant le contact (Viterbo *et al.*, 2002; Brunner *et al.*, 2003).

- **La Reconnaissance et l'Enroulement :** L'attachement se fait par la liaison des glucides de la paroi fongique du *Trichoderma* à des lectines sur le champignon cible. Une fois que le *Trichoderma* est attaché, il s'enroule autour de l'agent pathogène et forme des appressoria contenant des concentrations élevées de solutés osmotiques tels que le glycérol (Benitez *et al.*, 2004).

- **La Pénétration et la lyse :** La production des enzymes lytiques permet l'entrée des hyphes de *Trichoderma* dans les hyphes du parasite et facilite ainsi l'assimilation du contenu cellulaire de l'hôte (Howell, 2003).

✓ **Antibiose et métabolites secondaires :**

L'antibiose est le processus de sécrétion des composés antimicrobiens par des champignons antagonistes pour lutter contre les agents pathogènes dans leurs zones de croissance (Verma *et al.*, 2007). Les *Trichoderma sp.* produisent des antibiotiques potentiels mais aussi plus de 100 métabolites avec une activité antibiotique, y compris des Polykétides, des Pyrones, des Terpènes et des Polypeptides utilisés dans la chimio-taxonomie des espèces. Ghisalberti et Sivasithamparam (1991) ont classé les métabolites secondaires de *Trichoderma sp.* en trois catégories (Benouzza, 2012) :

- **Métabolites volatils** : 6 Pentyl-pyrone, Ethylène, Cyanure d'Hydrogène, Alcools, Aldéhydes.
- **Métabolites non volatils diffusibles** : Acide Heptélidique ou Koningique, Trichotécènes notamment les Trichodermines.
- **Les peptaïbols** (Peptides Acide -Amino Iso Butyrique Amino Alcool) qui sont des oligopeptides linéaires de 12 à 22 acides aminés riches en acide α -amino isobutyrique, N-acétylés à l'extrémité N-terminale et contenant un amino-alcool à la partie C-terminale.

✓ **Compétition pour les nutriments et l'espace :**

La compétition pour le carbone, l'azote et d'autres facteurs de croissance, ainsi que celle pour l'espace ou les sites spécifiques d'infection, sont utilisées par les agents de lutte biologique. *Trichoderma sp.* a une forte capacité à utiliser et métaboliser les nutriments du sol, ce qui le rend plus compétitif à de nombreux micro-organismes du sol (Benitez *et al.*, 2004).

D)-Exemples des résultats de travaux réalisés par application de *Trichoderma harzianum* sur différents agents phytopathogènes :

✓ **Sur les agents de fusarioses *Fusarium sp.* :**

Des travaux réalisés par Mahfoud *et* Lasbahani (2015), ont montré que la croissance mycélienne du pathogène *Fusarium sp.*, est très réduite par rapport au témoin. Le repiquage simultané de *Trichoderma harzianum*, et du *Fusarium sp.*, a montré une croissance plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié.

✓ **Sur *Drechslera tritici-repentis*, agent de *Helminthosporiose* du blé (Tan Spot):**

La croissance mycélienne du pathogène *Drechslera tritici-repentis* est de 1cm à la fin du 10^{ème} jour d'incubation, et elle est très réduite par rapport au témoin (4,1 cm). Le repiquage simultané de *Trichoderma harzianum* et du *Drechslera tritici-repentis* a montré également une croissance plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié. (Mahfoud *et Lasbahani*, 2015).

2-8-1-2- *Fusarium sp.* :

A)- Généralités :

Le genre *Fusarium* a été introduit par Link en 1809, il comprend de nombreux champignons phytopathogènes. Ceux-ci appartiennent à la classe des *Ascomycètes*, à l'ordre des *Hypocréales* et à la famille des *Nectriaceae*. Ces champignons eucaryotes tirent leur nom du latin «fusus» qui veut dire spores en forme de fuseau. Ce sont des organismes hétérotrophes dont la structure est organisée autour du thalle. À partir de ce thalle, se différencie le stade reproductif anamorphe (asexué) du stade reproductif téléomorphe (sexué) à l'origine du cycle de vie de ces champignons. Généralement, ce genre comprend des champignons microscopiques saprophytes capables de coloniser de nombreux végétaux. Ben Salem (2015).

B)- Classification :

Jeunot (2005), il existe deux formes pour les agents *Fusarium sp.* :

✓ **L'anamorphe :** C'est la forme imparfaite des champignons dont la reproduction asexuée est connue. La multiplication asexuée fait intervenir des conidies de formes et d'organisations très variées (Bouchet *et al.*, 2000).

Dans la classification conservant la division des *Deuteromycota*, le genre *Fusarium* doit être placé, selon Botton *et al.* (1985) dans :

Classe : *Hyphomycètes*,
Ordre : *Tuberculariales*,
Famille : *Tuberculariaceae*,

✓ **Les téléomorphes :** C'est la forme parfaite des champignons dont la reproduction sexuée est connue. Les téléomorphes de *Fusarium sp.* sont des *Hypocréales* appartenant à la sous-division des *Ascomycotina*. (Botton *et al.*, 1985).

Classe: *Hymenoascomycètes*,
Ordre: *Hypocréales*
Sous-classe: *Pyrenomycetidae*,
Famille: *Hypocreaceae*,

C)-Exemples des résultats de travaux réalisés par application de *Fusarium sp.* sur différents agents phytopathogènes :

✓ **Sur *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, et *Alternaria sp.* :**

Des travaux réalisés par Khiat (2014), portant sur des tests de confrontation d'une souche de *Fusarium sp.* vis-à-vis d'isolats fongiques appartenant aux genres : *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, et *Alternaria sp.*, ont montré une réduction de la croissance mycélienne des colonies des différents isolats fongiques confrontés à la souche *Fusarium sp.*, par rapport au témoin. Le taux d'inhibition de la germination des conidies des agents pathogènes, était respectivement, 25 % pour *Trichoderma sp.*, 40% pour *Penicillium sp.*, 20% pour *Rhizoctonia sp.* et 58,88% pour *Alternaria sp.*.

2-8-1-3- *Aspergillus sp.* :

A)- Généralités :

L'*Aspergillus* est un genre fongique asexué, qui comprend plus de 180 espèces officiellement reconnues réparties en 18 groupes (essentiellement définies d'après les caractères de l'appareil reproducteur) morphologiquement, génétiquement et physiologiquement proches. Il se caractérise par des longs hyphes qui se terminent par la formation d'une structure globuleuse, contenant des spores ressemblant la forme d'un goupillon (Bensmail, 2012).

B)- Classification :

La position systématique d'*A. niger* est résumée comme suit (Bensmail, 2012) :

Phylum : *TallopHYta*
Sous-phylum : *Fungi (Mycota)*
Division de sous-phylum : *Eumycota*
Subdivision : *Deuteromycotina (Fungi imperfecti)*
Classe : *Hyphomycètes (forme filamenteuse)*
Ordre : *Moniliales*
Famille : *Moniliaceae*
Sous-famille : *Hyalosporae*
Tribu : *Aspergilleae*
Genre : *Aspergillus*
Espèce : *Aspergillus niger*

C)- Exemples des résultats de travaux réalisés par application de l'*Aspergillus niger* sur différents agents phytopathogènes :

✓ **Sur *Fusarium sp.* :**

Des travaux réalisés par Dedi *et al.*, (2012), ont montré qu'au bout de quatre jours, d'incubation de *Fusarium solani* et *Fusarium oxysporum* en présence d'*Aspergillus niger*, *Aspergillus niger* occupe plus de la moitié de la boîte. Au 10^{ème} jour, les deux agents pathogènes (*Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*) n'occupent respectivement qu'une surface de 3,4 cm, et 0,70 cm de diamètre.

Des travaux réalisés par Mahfoud et Lasbahani (2015), ont abouti à des résultats similaires et ils ont montré que la croissance mycélienne de *Fusarium sp* en confrontation avec *Aspergillus niger* était de 2,05 cm à la fin du 10^{ème} jour d'incubation, et elle est très réduite par rapport au témoin (4,5 cm). Le repiquage simultané de l'*Aspergillus niger* et du *Fusarium sp* montre une croissance modérément plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié.

✓ **Sur *Drechslera tritici-repentis* :**

Mahfoud et Lasbahani (2015), ont trouvé que la croissance mycélienne du pathogène *Drechslera tritici-repentis* est de 1,7 cm à la fin du 10^{ème} jour d'incubation, et elle est très réduite par rapport au témoin (4,1 cm). Le repiquage simultané d'*Aspergillus niger* et du *Drechslera tritici-repentis* montre une croissance plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié.

3- Matériel et méthodes :

3-1- Préparation et cultures de l'agent pathogène *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*:

3-1-1- Prospections et collecte des échantillons de septoriose :

Des prospections réalisées pendant les mois de février et mars dans la région de Guelma ont permis de visiter une trentaine de champs de blé (blé dur et blé tendre), choisis au hasard par arrêt le long des axes routiers tous les 10 à 20 km. Pour chaque champ, dix à vingt pieds ont été inspectés au hasard. Ceci a montré que l'incidence de la maladie est faible pour cette campagne 2015/2016 en comparaison avec les années précédentes où la tache septorienne des feuilles a infesté en 2012/2013, plus de 80 % des champs de blé dans la région Est du pays (Allioui, 2015).

Trois régions ont montré une incidence plus ou moins remarquable : Belkheir, Bouchegouf et Hadjer Mengoub, notamment dans des champs de blé tendre.

Les isolats de *Zymoseptoria tritici* utilisés dans cette étude ont été obtenus à partir de plants de blé tendre présentant des symptômes de la tache septorienne des feuilles, collectés d'un champ de blé situé à route Belkheir, wilaya de Guelma (Fig. 8).



Figure 08: Champ de blé tendre infecté par la tache septorienne des feuilles (Belkhir, Guelma), site de collecte des souches de *Z. tritici* utilisées dans cette étude.

3-1-2- Isolement des souches :

3-1-2-1- Préparation des échantillons :

Des échantillons de feuilles, montrant des symptômes typiques (nécrose foliaire, parsemées de pycnides) de la tache septorienne des feuilles (Fig. 9), prélevées de plantes différentes ont été sélectionnés et mis dans des boîtes de Pétri en chambre humide pendant une nuit dans les conditions de température et de lumière ambiantes au laboratoire (Fig. 10) pour l'émission des cirrhes.

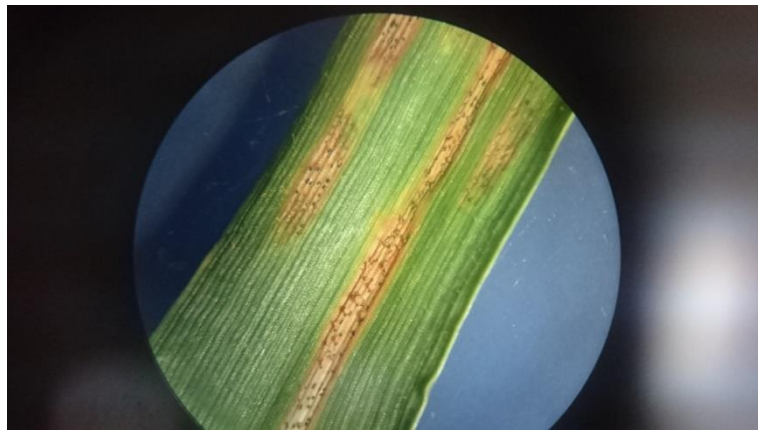


Figure 9 : Feuille de blé montrant les pycnides de *Zymoseptoria tritici* observée à la loupe binoculaire (x 5). (Photo personnelle).

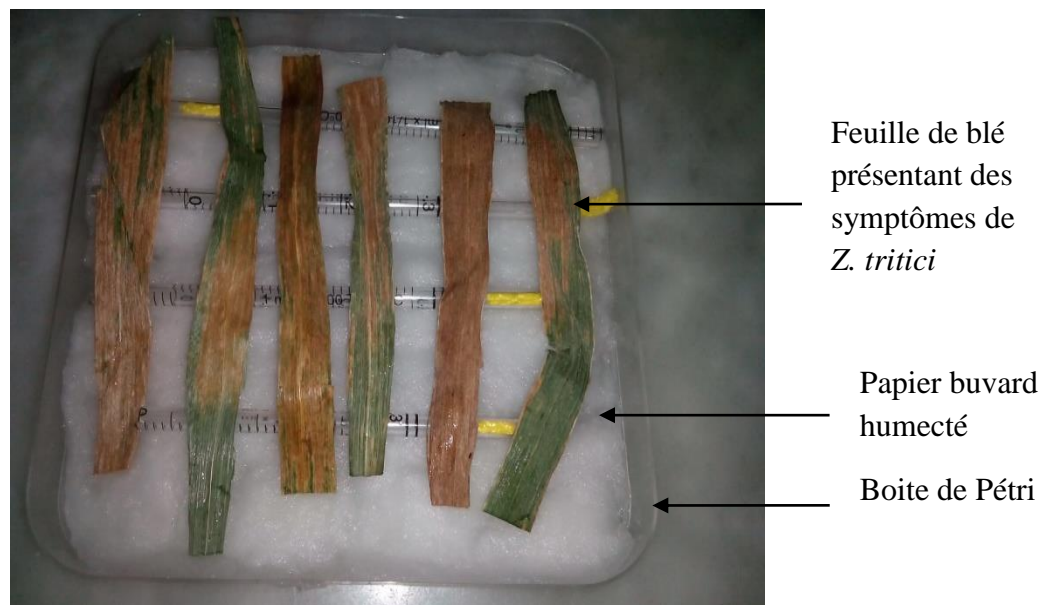


Figure 10 : Préparation des échantillons pour l'isolement du pathogène (Photo personnelle).

3-1-2-2- Isolement du pathogène :

Après une nuit d'incubation en chambre humide, les pycnides émettent un cirrhe blanchâtre chargé de spores (Fig. 11), et des cultures monospores sont préparées selon la technique décrite par Alliou (2015) :

- Les cirrhes contenant les spores sont prélevés sous loupe binoculaire à partir de la surface des pycnides avec une aiguille stérile avant de les mettre en suspension dans de l'eau stérile. Pour avoir suffisamment d'isolats, trois cirrhes de différentes pycnidiospores ont été prélevées de chaque feuille.
- La suspension de spores est ensuite étalée sur des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA (Potatoes Dextrose Agar). La composition du milieu est indiquée en annexe.
- Après une période d'incubation de 4 à 6 jours à l'obscurité, des micro-colonies de couleurs blanchâtre à rosâtre, caractéristiques de *M. graminicola*, se sont développées.
- A l'aide d'une Anse de platine, une seule colonie est prélevée puis repiquée sur du milieu PDA neuf et utilisée ultérieurement pour les tests de confrontation.

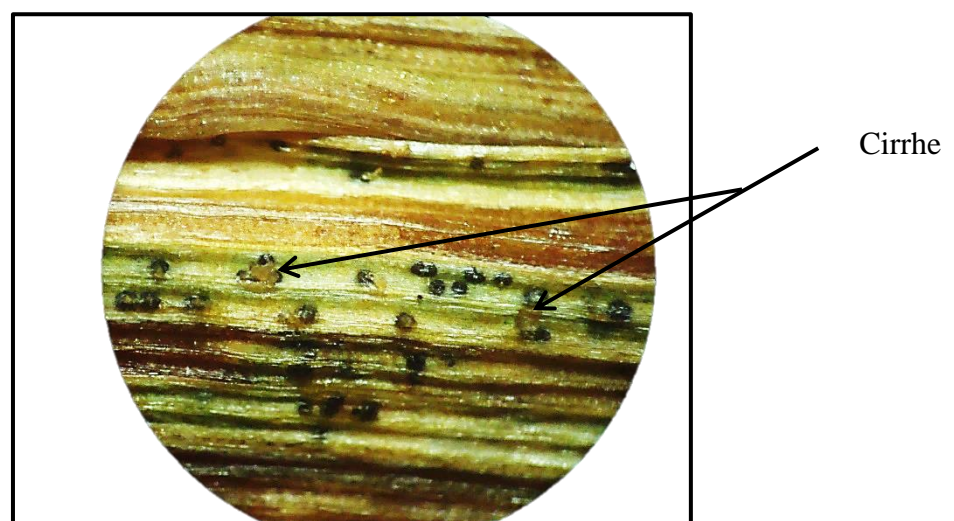


Figure 11: Cirrhes de *Mycosphaerella graminicola* sur feuille de blé, émises après une nuit dans la chambre humide, observées à la loupe binoculaire (x 5).

(Photo : Alliou, 2015).

3-1-3- Caractérisation des souches de *Zymoseptoria tritici* :

Après une période de 6 à 8 jours de croissance sur le milieu PDA, une masse fongique se développe au niveau des boîtes de Pétri. Des observations à la loupe binoculaire et au microscope optique ont été réalisées, dans le but de confirmer les caractéristiques de l'espèce (*Z. tritici*).

-Caractérisation macroscopique :

Deux paramètres ont été pris en considération pour la caractérisation des isolats de *Mycosphaerella graminicola*:

- Aspect (forme) de la culture sur le milieu de culture PDA (type de croissance).
- Couleur de la colonie.

- Caractérisation microscopique :

Le type de spores du champignon est le seule paramètre pris en considération pour la confirmation des caractéristiques microscopiques des isolats de *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* utilisés dans cette étude.

3-2- Préparation et culture des agents antagonistes testés:

Les manipulations portant sur l'étude du pouvoir antagoniste de quelques champignons à l'égard de *Mycosphaerella graminicola*, ont porté sur 06 souches :

- 04 souches de *Fusarium* sp. (01 souche de *F. oxysporum* f.sp. *ciceri*, 01 souche de *F. solani*, 01 souche de *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, et une souche de *Fusarium* sp., dont l'espèce n'est pas encore identifiée).
- 01 souche d'*Aspergillus niger*
- 01 souche de *Trichoderma harsianum*.

Pour la souche d'*Aspergillus niger*, la souche de *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, et *Fusarium* sp., elles ont été isolés fournies par Mme KHENAKA K., enseignante de microbiologie au sein de l'université 8 mai 1945 de Guelma. La souche

de *Fusarium solani* et la souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri* ont été fournies par la station régionale de la protection des végétaux (SRPV El Taref).

La souche de *Trichoderma harzianum* a été fournie par monsieur BOUMAAZA B., enseignant de phytopathologie au sein de notre université.

Le tableau 2 indique le site d'isolement et de collecte des souches :

Tableau 2 : Origines des souches fongiques utilisées dans cette étude.

N°	Genre, espèce	Code de la Souche	Isolement	Origine
01	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>ciceri</i>	F.O.C.	-	SRPV El Taref
02	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i>	F.O.R.L.	Racines de tomates	Mjedz Ammar (Guelma)
03	<i>Fusarium</i> sp.	F. sp.	-	Constantine
04	<i>Fusarium solani</i>	F.S.	-	SRPV El Taref
05	<i>Aspergillus niger</i>	A.N.	Fruits de tomate pourris	Guelma
06	<i>Trichoderma harzianum</i>	T. H.	-	Université de Mostaganem

Tous les isolats des agents de lutte biologique (agents probablement antagonistes de *Mycosphaerella graminicola*) sont cultivés sur du milieu PDA.

3-3- Bilan des traitements et des tests utilisés

Les combinaisons établies entre les différents microorganismes faisant l'objet de cette étude et l'agent de la tache septorienne des feuilles du blé (*Mycosphaerella graminicola*) a fait ressortir, en total 06 traitements :

✓ 04 traitements pour les tests de confrontations de *Mycosphaerella graminicola* et les souches de *Fusarium* sp. :

- F. sp. = souche de *Fusarium*, dont l'espèce n'est pas encore identifiée.
- F.O.R.L = souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*
- F.O.C = souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri*
- F. S = souche de *Fusarium solani*.

✓ 01 traitement pour le test de confrontation de *Mycosphaerella graminicola* et la souche d'*Aspergillus niger* (A.N).

✓ 01 traitement pour le test de confrontation de *Mycosphaerella graminicola* et la souche de *Trichoderma harsianum*. (T.H).

3-4- Techniques de confrontation :

Les tests de confrontation *Mycosphaerella graminicola*-Agents microbiologiques testés ont été réalisés *in vitro*, selon des méthodes de confrontation indiquées en bibliographie et dont les protocoles sont décrits ci- dessous :

- Méthode 1 : Confrontation directe.

Les confrontations sont effectuées selon la méthode Patel et Brown, (1969) décrite par Benouzza (2012), qui consiste à déposer deux explants de 5 mm de diamètre provenant des cultures des deux protagonistes (Pathogène et Antagoniste) dans des boîtes de Pétri contenant du PDA. Les explants sont placés suivant un axe diamétral à 3 cm de distance et à équidistance du centre de la boîte (Fig. 12).

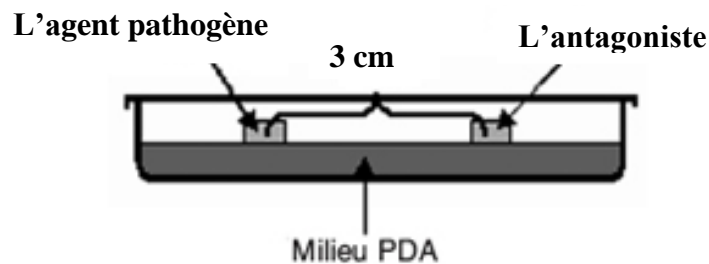


Figure 12 : Méthode de confrontation directe (Benouzza, 2012).

- Méthode 2 : Contact direct (par le biais de cylindres ou « pastilles ») :

Selon Ghomari (2009), cette méthode consiste à prendre un fragment de l'agent pathogène (*Z. tritici*) et faire un ensemencement sur toute la surface de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA ensuite, déposer au centre de la boîte une pastille gélosée (6 mm de diamètre) portant l'agent antagoniste (Fig. 13).

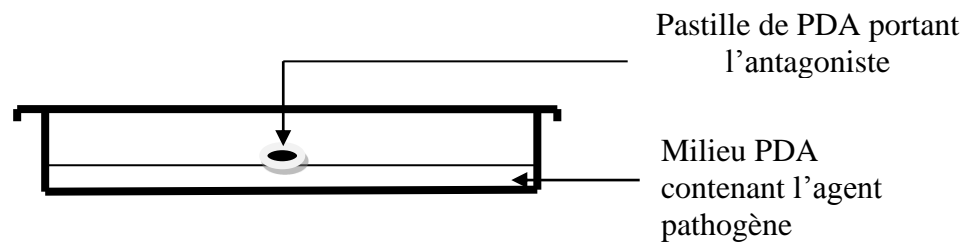


Figure 13 : Confrontation de l'agent pathogène et l'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA (Ghomari, 2009).

- Méthode 3 : Contact direct

Cette méthode consiste à prendre un fragment de l'agent pathogène (*Z. tritici*) et faire un ensemencement sur toute la surface de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA, ensuite, faire dessus deux stries parallèles de 2 à 3 mm de large, de l'agent antagoniste.

Pour toutes les souches testées, la confrontation avec *Mycosphaerella graminicola* a été faite par les 03 méthodes cités ci-dessus, pour chaque traitement et à raison de 5 répétitions par traitement, les boîtes témoins sont préparées à part, en mettant des cylindres de l'agent pathogène ou de l'agent de lutte biologique sur du milieu PDA en vue d'estimer le taux de croissance des microorganismes en absence de toute confrontation.

- Méthode 4 : Confrontation à distance (Technique de substances volatiles) :

Selon Benouzza (2012), cette méthode consiste à repiquer l'antagoniste et le pathogène dans deux boîtes de Pétri séparées ; par la suite, un assemblage est réalisé par la superposition de deux boîtes, l'agent antagoniste en bas et l'agent pathogène en haut (Fig. 14). La jonction des

deux boîtes est assurée par des couches de parafilm afin d'éviter toute déperdition de substances volatiles. Les conditions de culture sont identiques à celle de la confrontation par contact direct.

Le témoin est préparé par superposition de deux boîtes, celle du haut contenant une pastille de l'agent pathogène alors que celle du bas ne contient que le milieu PDA.

Cette méthode a été effectuée seulement pour le test de confrontation entre *Z. tritici* et *Trichoderma harzianum*.

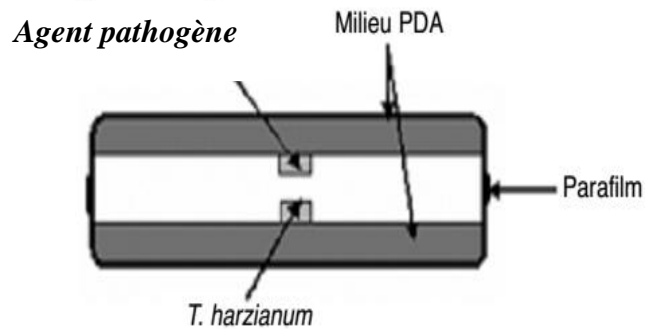


Figure 14: Confrontation à distance entre l'agent pathogène et *T. harzianum* (Hibar *et al.*, 2005).

3-5- Lecture des boîtes et notation des résultats :

La lecture des boîtes est réalisée sur une période de 15 jours, et deux paramètres sont pris en considération :

- Présence ou absence d'une zone d'inhibition.
- Taux de croissance mycélienne de l'agent pathogène (diamètre de la colonie).

4- Résultats et discussion :

4-1- Caractérisation du champignon agent causal de la septoriose des feuilles chez le blé (*Zymoseptoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola*) :

Après 4 à 6 jours d'incubation des spores prélevées à partir des cirrhes, des micro-colonies de couleurs blanchâtre à rosâtre, se sont développées (Fig.15).

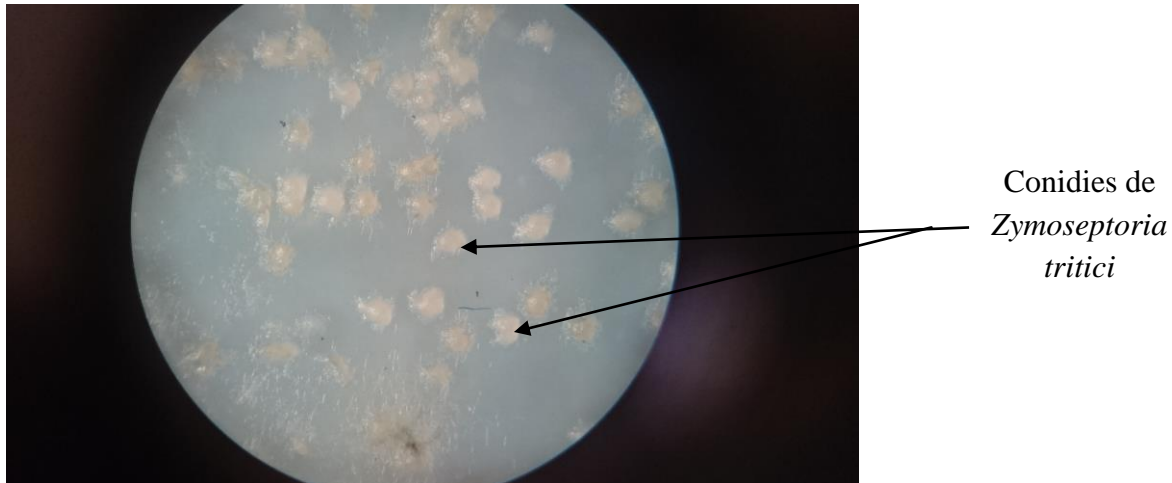


Figure 15 : Micro-colonies de *Zymoseptoria tritici*, observées à la loupe binoculaire (x 5) (Photo personnelle).

Après repiquage d'une seule colonie sur un milieu PDA neuf et après une période de 6 à 8 jours d'incubation, une masse fongique à croissance de type levurien (Yeast like growth), de couleur rosâtre ou blanchâtre, caractéristique de *Zymoseptoria tritici* se développe à la surface des boîtes de Pétri. (Fig. 16).

Les observations réalisées au microscope optique ont montré que les conidies (fructifications asexuées) observées, de *Zymoseptoria tritici* ont la forme de bâtonnets hyalins, filiformes.

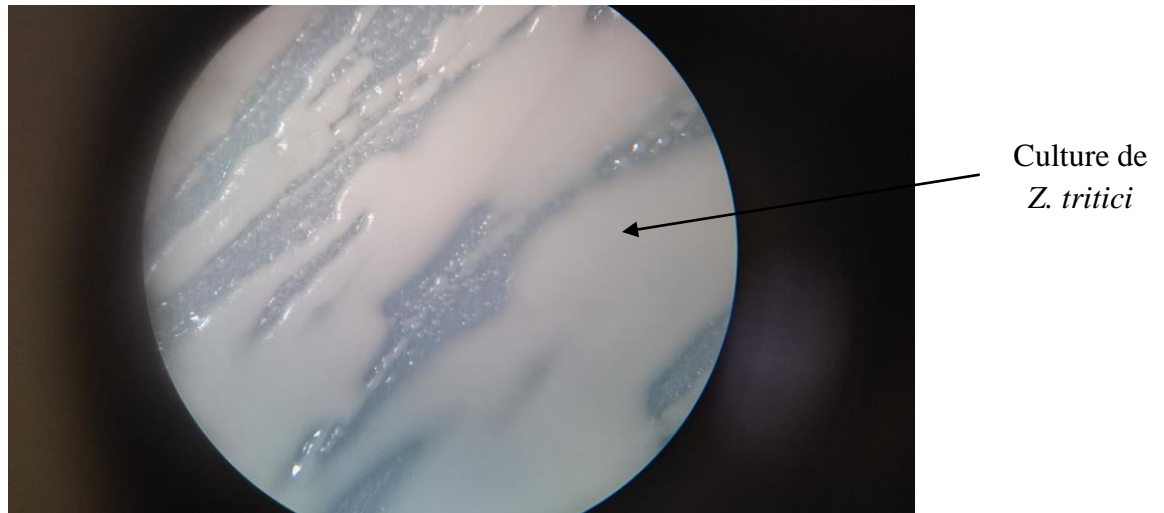


Figure 16 : *Zymoseptoria tritici* cultivé sur PDA, observé à la loupe binoculaire (x 5), après 8 jours d'incubation.
(Photo personnelle).

Selon Zillinsky (1983), les conidies de *Zymoseptoria tritici* (Ex. *Septoria tritici*), agent de la tache septorienne des feuilles du blé, sont sous forme de bâtonnets, hyalins, filiformes, généralement courbés, aux extrémités arrondies, munis de trois à sept parois peu distinctes et mesurent environ 40 - 80 μm x 1.7- 3.0 μm . Quelques fois des petites spores (microspores) sont produites (Fig. 17).

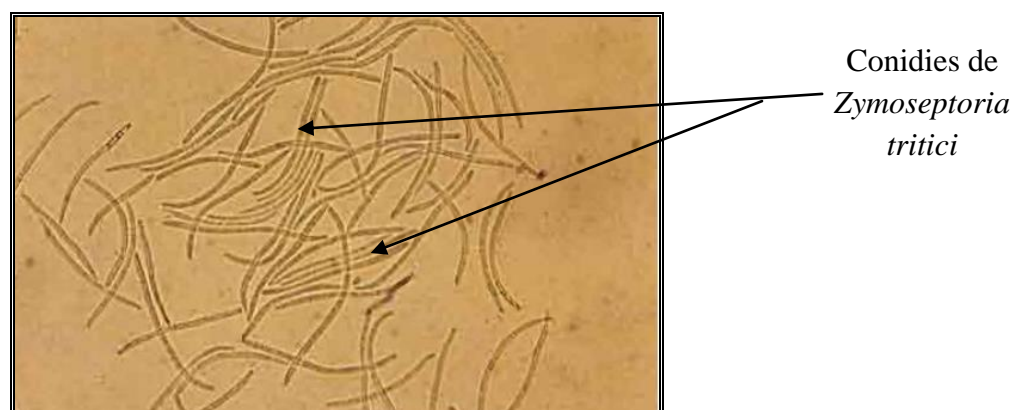


Figure 17: Conidies de *Z. tritici* observées au microscope optique (x 40)
(Zillinsky, 1983).

4-2- Résultats de la confrontation *Z. tritici* x Agents antagonistes :

Les résultats relatifs aux différents tests de confrontation entre *Z. tritici* (Z.t.), et les agents antagonistes testés dans cette étude sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3: Résultats des tests de confrontations de *Z. tritici* x Agents antagonistes.

Traitements		Résultats	
		Antagoniste	<i>Z.tritici</i>
T1	F.S × Z.t. M1	++	++
T2	F.S × Z.t. M2	+++	+
T3	F.S × Z.t. M3	+++	+
T4	F.O.R.L × Z.t. M1	+++	++
T5	F.O.R.L × Z.t. M2	+++	+
T6	F.O.R.L × Z.t. M3	+++	+
T7	F.O.C × Z.t. M1	+++	+
T8	F.O.C × Z.t. M2	+++	+
T9	F.O.C × Z.t. M3	+++	+
T10	F. sp. × Z.t. M1	+++	+
T11	F. sp × Z.t. M2	+++	++
T12	F. sp × Z.t. M3	+++	++
T13	AN × Z.t. M1	+++	+
T14	AN × Z.t. M2	+++	-
T15	AN × Z.t. M3	+++	-
T16	T.H. × Z.t. M1	+++	-
T17	T.H. × Z.t. M2	+++	-
T18	T.H. × Z.t. M4	+++	-

(-) : Pas de croissance.

(+) : Croissance faible.

(++) : Croissance importante.

(+++) : Croissance très importante.

M1 : Méthode de confrontation directe

M2 : Contact direct (par le biais de cylindres ou « pastilles »)

M3 : Confrontation par contact direct.

M4 : Confrontation à distance.

4-2-1- *Z. tritici* x *Fusarium solani* : F.S. (T1-T3).

Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec la souche de *Fusarium solani*, ont montré que l'antagoniste a enregistré une croissance importante en comparaison avec l'agent pathogène, et ce dans toutes les boîtes préparées par la méthode 2 (contact direct) et la méthode 03 (confrontation par contact directe), et *Fusarium solani* a envahi la surface de toutes les boîtes après 15 jours d'incubation. (Fig. 18).

Cependant, les résultats des tests réalisés par confrontation directe (Méthode 1), ont montré que la croissance des deux agents (Pathogène et antagoniste) est plus ou moins similaire (Tab. 3), et une compétition sur l'espace est nettement observée entre les deux microorganismes.

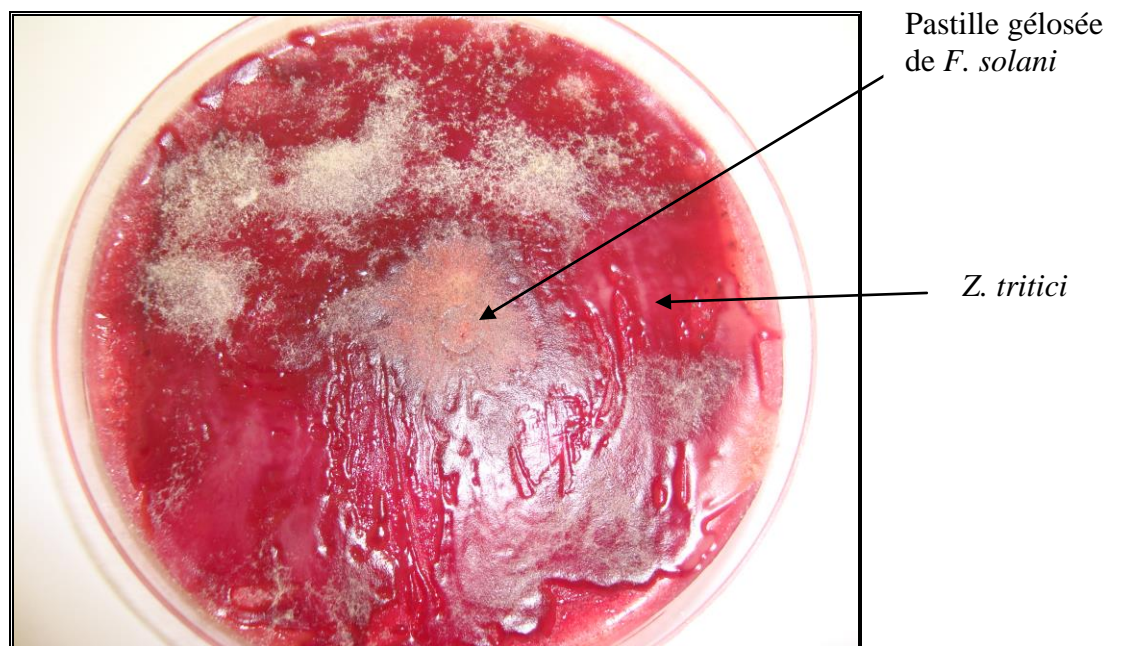


Figure 18 : Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium solani* après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu (Photo personnelle).

Plusieurs travaux ont signalé que *Fusarium solani* produit un grand nombre de métabolites et synthétise plusieurs composés (enzymes, toxines...), notamment : acylamidase, alcaline, phosphomonoestérase, cutinase, diacétoxyscirpenol, fusarubine, HF-2, isomarticine, javanicine, L-asparaginase, marticine, naphthazarine, néosolaniol, solaniol, T-2, zéaralénone [4]. Certains de

ces composés peuvent avoir sans doute, des effets d'antibiose sur certains microorganismes et permettent ainsi à cette espèce fongique de coloniser le milieu.

La comparaison entre les résultats obtenus pour les tests réalisés par les différentes méthodes, laissent supposer que les composés synthétisés par *F. solani* et ayant exercé un effet sur l'agent pathogène *Z. tritici*, sont probablement des composés agissant par contact directe et ne sont pas des composés volatiles agissants à distance, car les résultats du test de confrontation réalisé par la méthode 1 (confrontation directe) sont moins satisfaisants que les tests réalisés par la méthode 2 et la méthode 3 (confrontation par contact directe).

4-2-2- *Z. tritici* x *Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici* : F.O.R.L. (T4-T6).

Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec la souche de *Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici*, ont montré une croissance très remarquable de cette souche dans toutes les boites dont le test a été réalisé avec la méthode 2 et la méthode 3 (méthodes de confrontation par contact direct). Au bout de 15 jours, *Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici* a envahi la surface de toutes les boites, alors que nous avons noté une croissance très faible de l'agent pathogène *Z. tritici* dans ces boites. (Fig. 19).

Pour les tests réalisés par la méthode 1 (confrontation directe), la croissance des deux agents (pathogène et antagoniste), était plus ou moins similaire.

Plusieurs travaux ont signalé que des isolats de *Fusarium* sp., notamment l'espèce *F. oxysporum* produisent des métabolites secondaires ayant une activité d'antibiotiques à l'égard de plusieurs agents phytopathogènes y compris certains groupes de nématodes phytophages (Dababat, 2007).

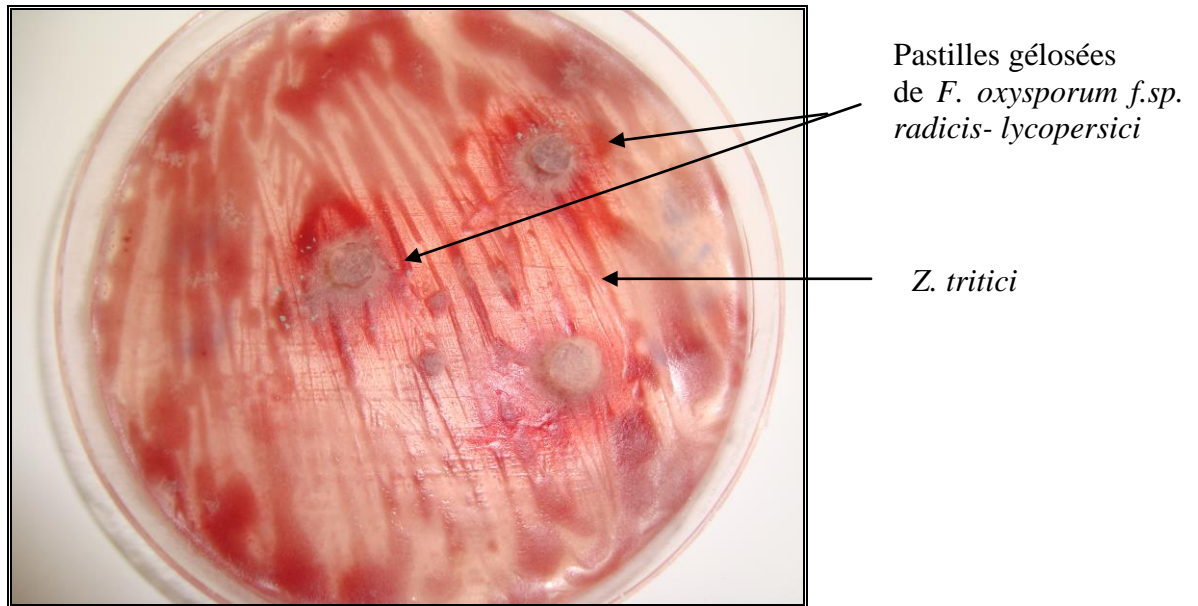


Figure 19 : Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* (F.O.R.L.) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu. (Photo personnelle).

4-2-3- *Z. tritici* x *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* : F.O.C. (T7-T9).

Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec la souche de *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*, ont montré également une croissance très remarquable de l'agent antagoniste dans toutes les boîtes préparées par les méthodes de confrontation par contact direct (méthodes 2 et 3), et au bout de 15 jours, *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* a envahi la surface de toutes les boîtes. (Fig. 20).

Pour les boîtes préparées par la méthode 1 (confrontation directe), la croissance de l'agent pathogène (*Z. tritici*), était faible par rapport à celle de l'agent antagoniste *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*, pour lequel, la croissance était très rapide, au bout de 8 jours d'incubation, le diamètre de la colonie était très important par rapport à celle de *Z. tritici*, et au bout de 15 jours d'incubation, il a envahi tout le milieu. (Fig. 21).

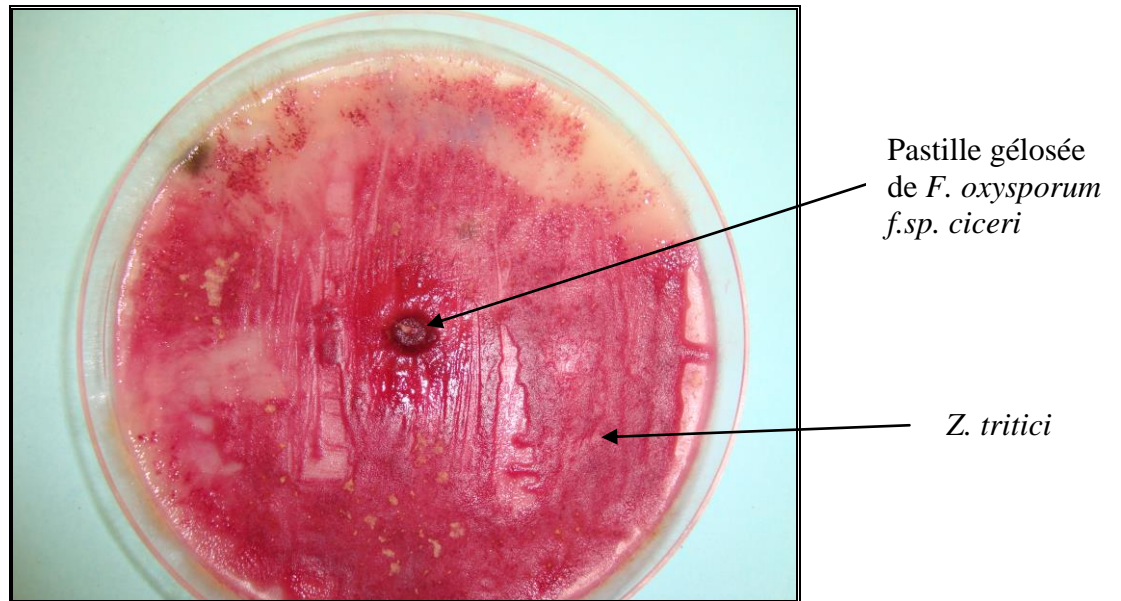


Figure 20: Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* (F.O.C.) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu (Photo personnelle).

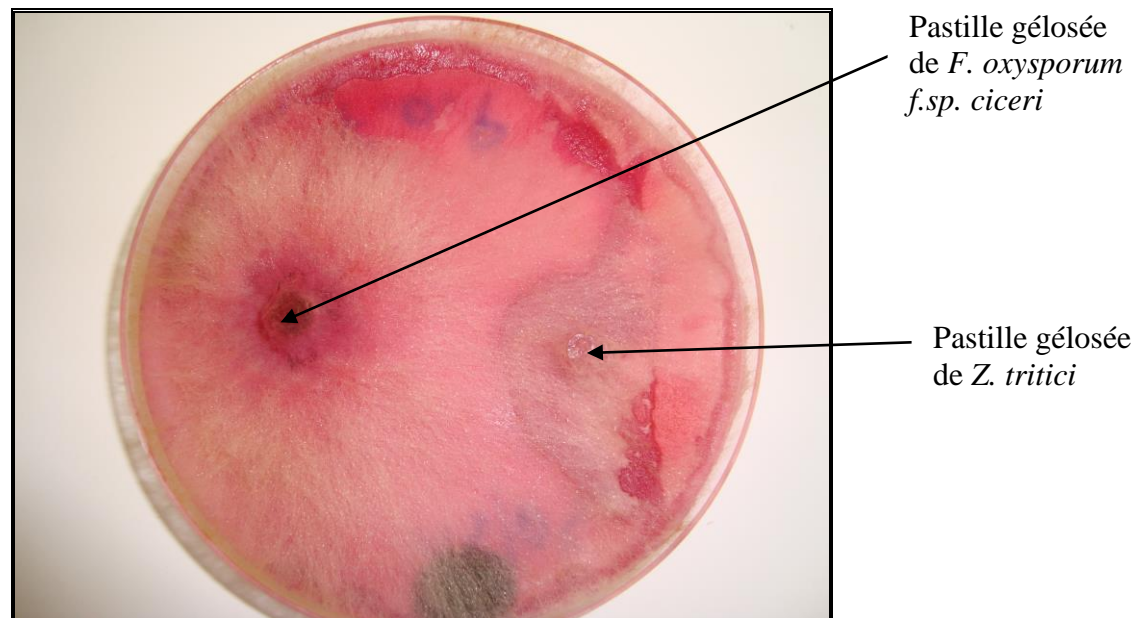


Figure 21: Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* (F.O.C.) par la méthode 1, après 15 jours d'incubation : L'antagoniste envahit complètement le milieu (Photo personnelle).

4-2-4- *Z. tritici* x *F.sp.* (T10-T12).

Les résultats obtenus pour les tests de confrontation de *Z. tritici* avec la souche *F.sp.* (souche de *Fusarium* dont l'espèce n'est pas identifiée), révèlent que pour les boîtes préparées par la méthode 1 (confrontation directe), la croissance de la souche de *Fusarium* est plus rapide que celle de l'agent pathogène (*Z. tritici*). (Fig. 22).

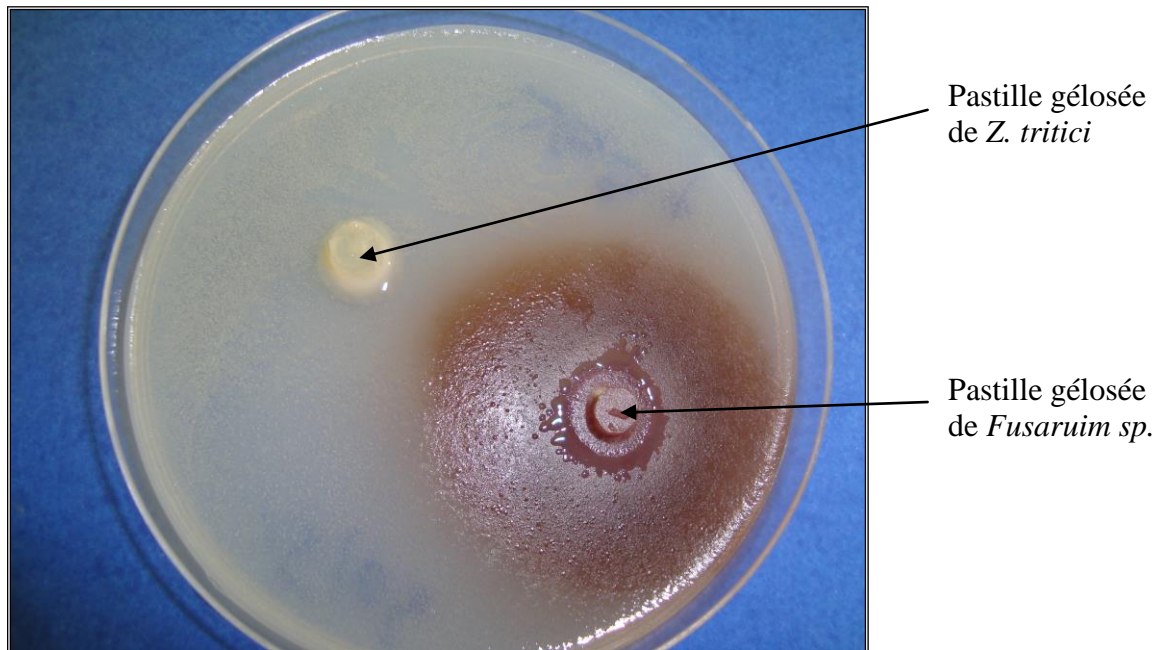


Figure 22 : Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium sp.* (*F.sp.*) par la méthode 1, après 8 jours d'incubation.
(Photo personnelle).

Pour les boîtes préparées par la méthode de confrontation par contact direct (méthodes 2 et 3), la croissance de la souche de *Fusarium sp.* a été nettement remarquable par rapport à celle de *Z. tritici*, et une colonisation complète du milieu a été notée après une période de 15 jours d'incubation (Fig. 23).

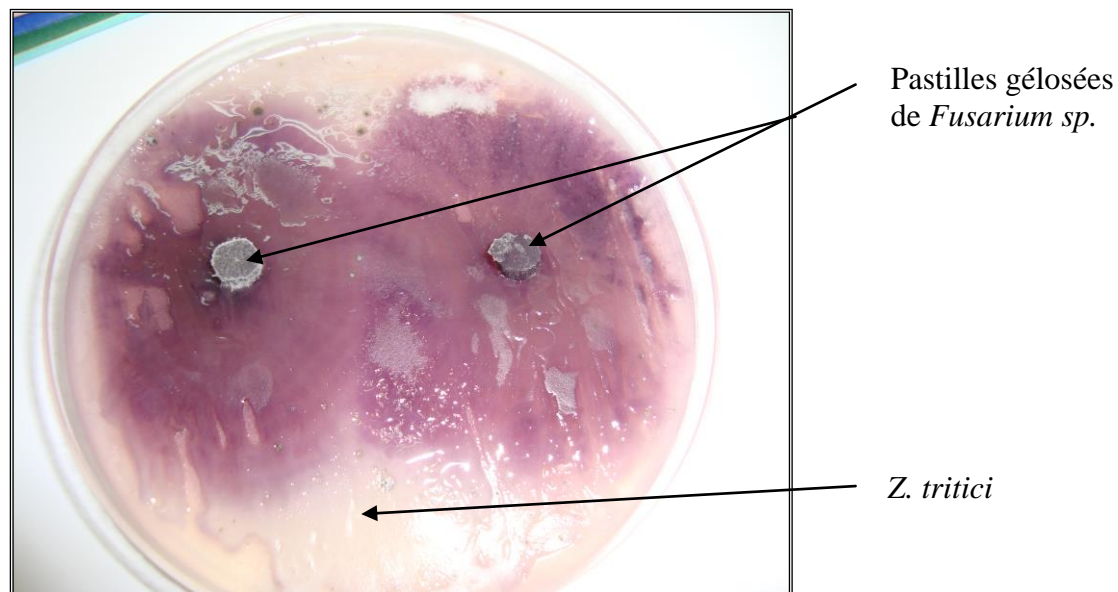


Figure 23 : Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Fusarium sp.* (*F.sp.*) par la méthode 2, après 15 jours d'incubation.
(Photo personnelle).

4-2-5- *Z. tritici* x *Aspergillus niger* : A.N. (T13-T15).

Les résultats relatifs aux tests de confrontation de *Z. tritici* avec la souche d'*Aspergillus niger*, ont montré une croissance remarquable de l'antagoniste, et ce dans toutes les boîtes préparées par les trois méthodes, et *Aspergillus niger* a envahi la surface de toutes les boîtes pour les 3 méthodes, au bout de 15 jours, alors que nous avons noté une croissance négligeable pour le pathogène *Z. tritici*, et ce dans toutes les boîtes et pour toutes les méthodes de confrontation utilisées (Fig. 24 et 25).

Des travaux réalisés par Dedi *et al.* (2010), par confrontation directe sur milieu de culture (PDA) entre *Mucor sp.*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*; *Fusarium solani*; *Phoma sp.*, *Penicillium sp.*, et *Trichoderma sp.* ont révélé que : *Aspergillus niger* a inhibé la croissance de *Fusarium oxysporum* de 92,30 % et celle de *Phoma sp.* de 87,40 % par rapport au témoin après 10 jours d'incubation à 28°C.

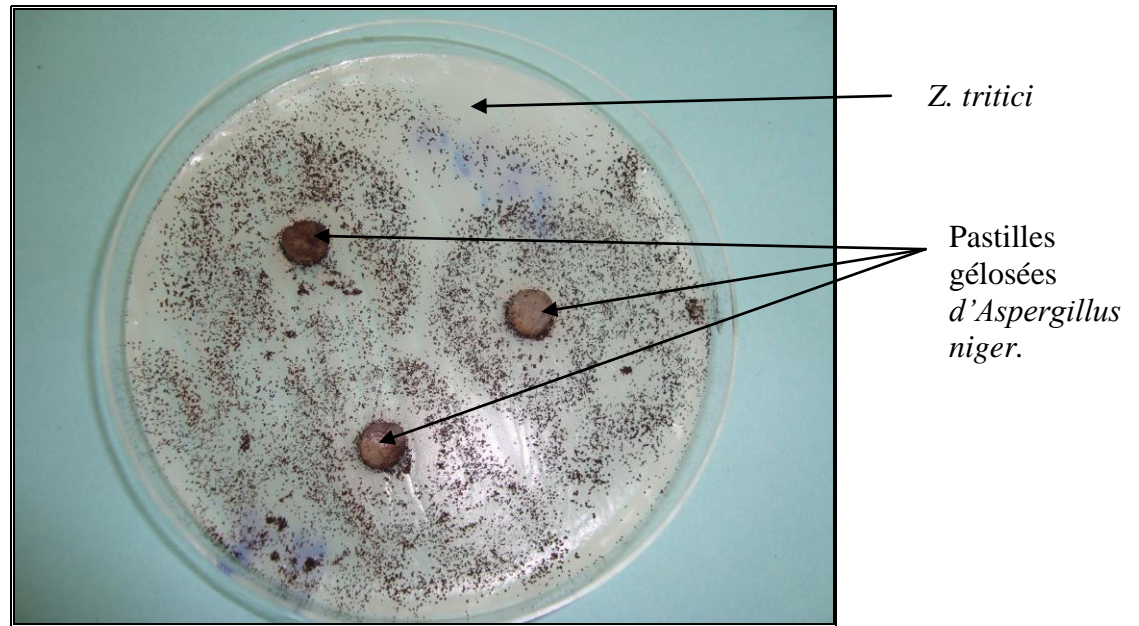


Figure 24 : Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Aspergillus niger* par la méthode 2, après 8 jours d'incubation.

(Photo personnelle).

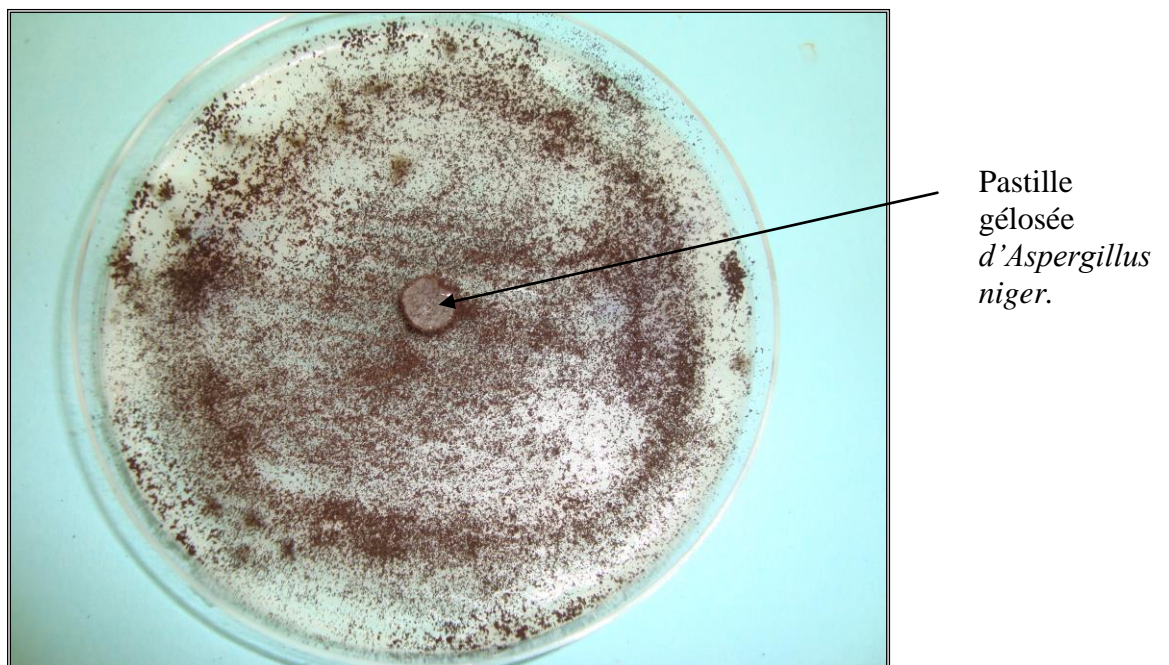


Figure 25: Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Aspergillus niger* après 15 jours d'incubation. (Photo personnelle).

4-2-6- *Z. tritici* x *Trichoderma harzianum* : T.H. (T16-T18).

Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec la souche *T. harzianum*, a montré une absence totale de la croissance de l'agent pathogène *Z. tritici*, et ce pour les méthodes de confrontation directe (méthodes 1 et 2). Le repiquage simultané des isolats de *T. harzianum* et *Z. tritici*, a montré une croissance plus rapide de *T. harzianum* par rapport à *Z. tritici*. Au bout de 15 jours d'incubation *Trichoderma harzianum* a envahi tout le milieu de culture dans toutes les boîtes. (Fig. 26).

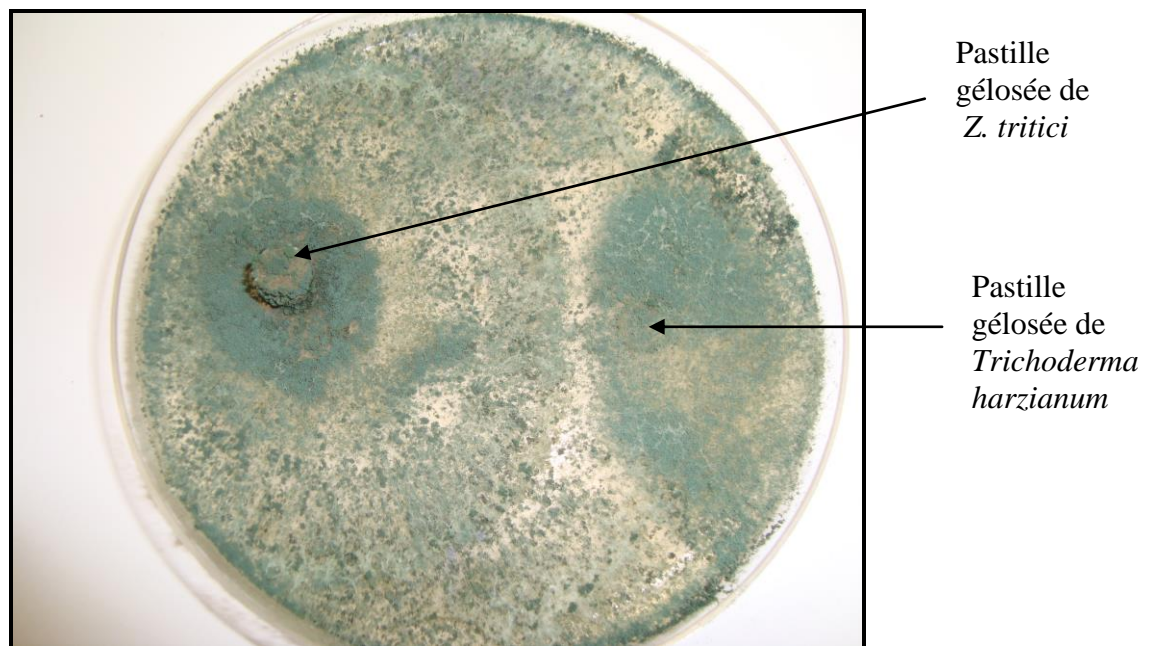


Figure 26: Résultats du test de confrontation de *Z. tritici* x *Trichoderma harzianum* après 15 jours d'incubation. (Photo personnelle).

La croissance rapide de *Trichoderma* est un avantage important pour concurrencer les champignons pathogènes des plantes pour l'espace et les éléments nutritifs. Plusieurs auteurs ont signalé l'effet inhibiteur de *T. harzianum* à l'égard de *Z. tritici*.

En effet, l'épuisement des éléments nutritifs engendré par la croissance rapide de l'agent antagoniste va certainement ralentir ou inhiber la croissance mycélienne du pathogène.

Pour les boîtes où le test est réalisé par la méthode 4 (effets des substances volatiles), les mêmes résultats ont été notés, et un envahissement total des boîtes par *T. harzianum*, accompagné par une inhibition totale de la croissance de *Z. tritici* a été enregistré dans ces boîtes. Ceci laisse supposer que, des métabolites volatils libérés par la souche de *T. harzianum* dans le milieu de culture inhibent la croissance de l'agent causal de la tache septorienne des feuilles du blé *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*.

Dababat (2007), signale que *Trichoderma harzianum*. est un agent de contrôle biologique de haut niveau, et à travers les métabolites qu'il produit, il est capable d'inhiber la croissance d'un grand nombre d'agents phytopathogènes, notamment les champignons telluriques, et même les nématodes du sol du genre *Meloidogyne* sp.

Conclusion :

En Algérie, la culture du blé occupe une place importante parmi les céréales. Elle fait partie de nos mœurs et constitue l'alimentation de base de notre population. Cependant, cette culture est exposée à de nombreux facteurs altérogènes pouvant conduire à la dégradation de la qualité et de la quantité des rendements.

Les maladies cryptogamiques du blé sont parmi les principales causes de pertes de rendement des blés en Algérie, et la tache septorienne des feuilles, causée par le champignon ascomycète *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, étant l'une des maladies les plus répandues, et qui est impliquée dans des pertes considérables des rendements des blés lorsque les conditions de l'environnement sont favorables, et en absence de moyens de lutte efficaces.

Cette étude vient contribuer à la recherche de moyens de lutte efficaces, et sans effets intentionnels, contre la tache septorienne des feuilles du blé, pour laquelle peu de molécules chimiques sont à la hauteur de donner la protection attendue par les agriculteur, et ce par le biais d'un essai de lutte biologique, visant à tester l'effet d'antagonisme probable, entre quelques souches fongiques, et l'agent causal de la tache septorienne des feuilles du blé *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*. Les souches fongiques faisant l'objet de cette étude sont : 04 souches de *Fusarium sp.*, (*F. oxysporum f.sp. ciceri*, *F. oxysporum f.sp. radialis-lycopersici*, *F. solani* et *F.sp.*, dont l'espèce n'est pas identifiée), 01 souche d'*Aspergillus niger* et 01 souche de *Trichoderma harzianum*.

Les résultats obtenus dans cette étude ont fait ressortir les constatations suivantes :

✓ Le test de confrontation de *Z. tritici* avec les différentes souches testées de *Fusarium sp.*, a montré que les agents antagonistes ont enregistré une croissance importante en comparaison avec l'agent pathogène, et au bout de 15 jours d'incubation, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum f.sp. radialis-lycopersici*, *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* et *Fusarium sp.*, ont envahit complètement tout le milieu de culture, alors que nous avons noté une croissance très faible de l'agent pathogène *Z. tritici*, et ce dans la majorité des boîtes.

✓ Le test de confrontation de l'*Aspergillus niger* x *Z. tritici*, a montré une croissance remarquable de l'antagoniste, par rapport à l'agent pathogène (*Z. tritici*), et *Aspergillus niger* a envahi le milieu de culture au bout de 15 jours d'incubation.

✓ Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec la souche *T. harzianum*, a montré une absence totale de la croissance de l'agent pathogène *Z. tritici*, et une croissance très rapide de *T. harzianum*.

La synthèse globale des résultats du phénomène d'antagonismes *in vitro* vis-à-vis de *Mycosphaerella graminicola* effectués par divers méthodes, nous permet de dire que tous les agents fongiques testés ont montré un effet d'antagonisme contre l'agent de la tache septorienne des feuilles du blé ; cependant, le degré de cette antagonisme diffère d'une souche à l'autre, et d'une méthode de confrontation à l'autre :

- La souche *T. harzianum*, semble dotée d'un pouvoir d'antagonisme plus prononcée, contre *Mycosphaerella graminicola*, par rapport aux autres souches testées. Une inhibition totale de la croissance du pathogène a été notée dans toutes les boites.

- Les méthodes de confrontation par contact directes (méthodes 2 et 3) ont donnée les résultats les plus satisfaisants pour tous les agents testés, ce qui laisse supposer que l'antagonisme exercé par les différents agents testés contre *Z. tritici*, repose probablement, plus particulièrement sur le phénomène de compétition, pour la plupart des agents testés, à l'exception de la souche *T. harzianum* pour laquelle nous avons noté un effet positif même pour la méthode de confrontation à distance, ou méthode de substances volatiles.

Des études complémentaires doivent être effectuées dans cette axe, et la recherche d'agents de lutte biologiques efficaces, de type, fongiques, bactérien, ou autres, devient une nécessité ; et d'autre part, des études approfondies sur le pouvoir pathogène des isolats Algériens de *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, et les niveaux de tolérance des variétés de blé cultivées en Algérie doivent être envisagées, en vue de limiter les dommages occasionnés par cette maladie, et diminuer la nuisibilité d'utilisation des produits chimiques , envers l'agriculteur, le consommateur et l'environnement.

Références bibliographiques

A

Allioui N., 2015 : Structure et diversité génétique d'une population algérienne de l'agent causal de la septoriose du blé (*Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*). Thèse de Doctorat ès Sciences en biologie végétale, option : Ecotoxicologie végétale. Université Badji Mokhtar, Annaba. 160p.

Allioui N.; Siah A. Brinis L. Reignault P. et Halama P., 2016: Identification of QoI fungicide-resistant genotypes of the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* in Algeria. *Phytopathologia Mediterranea*, 55 (1) : 89–97.

Amri S., 2007 : Lutte chimique contre la septoriose du blé : problèmes et alternatives, Mémoire de projet de fin d'études du cycle Ingénieur, Option : Biotechnologies et industries semencières, Département d'Agronomie et Biotechnologie Végétale, université 7 Novembre de Carthage, Tunisie : 6-27p.

B

Benitez T.; Rincon A. M. ; Limon M. C. et Codon A. C., 2004: Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains, *Int, Microbiol.*, 7 : 249-260.

Benouzza S., 2012 : Inventaire de la mycoflore de la rhizosphère de l'olivier et étude de ses potentialités antagonistes vis-à-vis de *Verticillium dahliae* KLB: agent de la verticilliose de l'olivier, thèse de magister, option : Intérêt des microorganismes en agroalimentaire, Département de biotechnologie, université d'Oran Es Senia : 167p.

Ben Salem O., 2015 : Étude de l'abondance relative de souches de *Fusarium graminearum* dans un inoculum mixte par séquençage 454, Maitrise en biologie végétale , Maître ès sciences (M.Sc.) , Université Laval, Canada : 7.

Ben Slimane R., 2010 : Effets de la septoriose foliaire sur la sénescence et les flux d'azote pendant le remplissage des grains chez le blé tendre, Thèse de doctorat . Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech) : 9.

Bensmail S., 2012 : Optimisation de la production de la protéase acide par *Aspergillus niger* sur milieu solide : purification et caractérisation, mémoire de magister, Option : Biochimie - Microbiologie Appliquées, Université M'Hamed Bougara de Boumerdès Faculté des Sciences Département de Biologie : 26-29.

Botton R., Breton A., Fevre M., Guy PH., Larpent J.P. et Veau P., 1985 : Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Biotechnologies, Masson : 139-145.

Bouchet P. ; Guignard J.L. et Villard J., 2000 : Les champignons, Mycologie fondamentale et appliquée, Abrégés, Edition Masson : 77p.

Boumzaout B. et hachani H., 2015 : Contribution à l'étude du contrôle biologique de *Zymoseptoria tritici*, agent de la tache septorienne du blé, mémoire de master, Option : Phytopathologie et Phytopharmacie, université 8 mai 1945 Guelma faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers département d'écologie et génie de l'environnement : 51p.

Bouneghou S., 2011 : L'effet inhibiteur de *Pythium sp.* sur la croissance mycélienne de *Fusarium roseum* et d'*Alternaria alternata*, mémoire de master, option : Biotechnologie des Mycètes, fermentation et production des substances fongiques, Université Mentouri Constantine

Faculté des sciences de la Nature et de la vie Département de Biochimie et de la Microbiologie : 1.

Bojanowski A., 2011 : Molécules antifongiques et activité Antagoniste de deux souches de *pseudomonas* envers *helminthosporium solani*, agent responsable de la tache argentée de la pomme de terre, Thèse de maître ès sciences (M.Sc.), en biologie végétale, Université Laval, Canada : 70 p.

Brunner K.; Peterbauer C. K. Mach R. L. Lorito M. Zeilinger S. et Kubicek C. P., 2003: The NagI *N-acetylglucosaminidase* of *Trichoderma atroviride* is essential for chitinase induction by chitin and of major relevance to biocontrol. *Current, Genetics*, 43: 289-295.

C

Chebbi H. E. et Lachaal L., 2004 : L'agriculture et la sécurité alimentaire: une étude comparative des pays du Maghreb. Revue méditerranéenne d'économie agriculture et environnement 3 (3). Eds. IAM, Bari: 4-11.

Chellali B., 2007 : Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. In [5].

D

Dababat A/F. A.S., 2007: Importance of the mutualistic endophyte *Fusarium oxysporum* 162 for enhancement of tomato transplants and the biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* with particular reference to mode- of – action. Cuvillier Verlag Gotingen edit. : 23-34.

Dedi J. ; Otchoumou A. et Allou K., 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) : 47 – 53.

Devivier M. ; Mahieu O. Heens B. Meza R. Monfort B. Legréve A. Seutin B. Bodson B. et Deroft M., 2013 : lutte intégrée contre les maladies, Livre Blanc des Céréales: 29p.

E

Eyal Z., 1999: Septoria and stagonospora diseases of cereals: a comparative perspective. In Lucas, J. A., Bowyer, P. & Anderson, H. M., éditeurs: Septoria on cereals: a study of pathosystems, CABÍ Publishing, Oxon, UK: 1–25

Ezzahiri B., 2001: Les maladies du blé, transfert de technologie en agriculture (PNTTA) N° 77 I AV Hassan II : 4p.

Eyal Z.; Scharen A. L., Prescott J. M. and Ginkel M. V., 1987: The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, (eds) MexicoD.F. : 46 p.

F

Flaishman M. A.; Eyal A. Zilberstein C. Voisard C. et Hass D., 1996: Suppression of *Septoria tritici* blotch and leaf rust of wheat by recombinant cyanide producing strains of *Pseudomonas putida*. *Mol. Plant- Microbe Interact*, 9: 642-645.

G

Ghisalberti E. L. et Sivasithamparam K., 1991: Antifungal antibiotics produced by *Trichoderma spp*, *Soil Biol, Biochem.*, 23 : 1011-1020.

Ghomari F., 2009 : Moyens de luttés chimique et biologique contre le *Fusarium oxysporum, fsp albedinis* Agent causal du Bayoud chez le palmier dattier *Phoenix dactylifera* L ,mémoire de magister ,option :phytopathologie ,université d'ORAN ES-SENIA :110p.

Gigot C., 2013: Potentialités des associations de variétés pour limiter la progression épidémique de la septoriose du blé : rôle des mécanismes de dispersion des spores par la pluie dans un couvert végétal hétérogène, thèse de doctorat, option : agronomiques et écologiques .institut des sciences et technologies, paris : 131 p.

H

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

Howell C. R., 2003: Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control plant diseases: the history and evolution of current concepts, *Plant Dis.*, 87: 4-10.

J

Jeunot B., 2005 : Les Fusariotoxines sur céréales: détection, risque et nouvelle réglementation, thèse de doctorat, Université Henri Poincare-Nancy1 , faculté de pharmacie : 10p.

Johanne C., 2002 : Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*. Horti protection INC. Conférence présentée lors des journées horticoles régionales à St Rémi le 5 décembre 2002 :1p.

Jouve A. ; Belghazi S. et Kheffache Y., 2000 : La filière céréalière dans les pays du Maghreb : constante des enjeux, évolution des politiques. Ciheam, Options méditerranéennes. 14 (Série B) : 170-192.

K

Khiat I., 2014: Etude de la confrontation des souches fongiques isolées à partir du sol de forêt brûlée de la région de Mila, Mémoire de master, Option: Biotechnologie des Mycète, Faculté des Science de la Nature et de la Vie, Département de Microbiologie, Université de Constantine: 27-28.

Kema G. H. J. ; Yu D.; Rijkenberg F. H. J. ; Shaw M. W. et Baayen R. P., 1996: Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. *Phytopathology*, 86(7):777–786.

Krupinsky J. M., 1999 : Influence of cultural practices on Septoria / Stagonospora diseases. Proceeding of the 5 th international Septoria Workshop. Septoria and Stagonospora diseases of cereals: a compilation of global research. 20-24 September. CIMMYT, Mexico: 105-110.

L

Laveque C. et Mounolou J.C., 2001: Biodiversité Dynamique biologique et conservation .Ed.Dounod : 284p.

Lefort F., 2010 : Lutte biologique et lutte microbiologique :des concepts anciens pour des méthodes de lutte modernes . édit. Hes .S O /GENEVE: 57p.

Lepoivre Ph., 2003: phytopathologie, bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Edit. De Boeck, Bruxelles.: 432p.

Levy E.; Eyal Z. et Chet I., 1988: Suppression of septoria tritici blotch and leaf rust on wheat seedling leaves by *Pseudomonas*, *Plant Pathology*. 37: 551-557.

Lovell D. J.; Parker S. R. ; Hunter T. ; Royle D. J. et Coker R. R., 1997 : Influence of crop growth and structure on the risk of epidemics by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) in winter wheat. *Plant Pathology* 46: 126-138.

M

Mahfoud A ., et Lasbahani A., 2015 : Approche de lutte contre les maladies fongiques du blé : étude de l'efficacité de trois molécules antifongiques (in-vitro et in situ) et l'effet antagoniste de certains microorganismes fongiques (in-vitro), mémoire de Master, option : Biotechnologie des Mycètes : Fermentation et production de substances fongiques, Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, département de biologie : 16-17.

Meyer JY ., 2002 : La lutte biologique contre les espèces introduites envahissantes : solution miracle ou méthode risquée. Fiche technique, INRA France : 16p.

N

Nadjem K., 2012 : Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal delà culture de blé en région semi-aride, mémoire de magister, Option: Production Végétale et Agriculture de Conservation, Université Ferhat Abbas Sétif, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Département des Sciences Agronomiques : 3.

Nasraoui B., 2006: Les champignons parasites des plantes cultivées, INRAT, Tunis : 450p.

R

Robert C .; Bancal M. O. ; Lannou C. et Ney B., 2006 : Quantification of the effects of Septoria tritici blotch on wheat gas exchange with respect to lesionage, leaf number, and leaf nitrogen status. *Journal of Experimental Botany* 57(1): 225-234.

Robert C.; Fournier C. Andrieu B. A. et Ney B., 2008 : Coupling a 3D virtual wheat (*Triticum aestivum*) plant model with a Septoria tritici epidemic model (Septo3D): a new approach to investigate plant-pathogen interactions linked to canopy architecture. *Functional Plant Biology* 35: 997-1013.

S

Savary S .; Castilla N. P. ; Elazegui F.A. ; McLaren C.G. ; Ynalvez M. A. et Teng P.S., 1995 : Direct and indirect effects of nitrogen supply and disease source structure on rice sheath blight spread. *Phytopathology* 85(9): 959-965.

Savary S .; Teng PS.; Willocquet L. et Nutter F.W., 2006 : Quantification and modeling of crop losses: A review of purposes. *Annual Review of Phytopathology* 44(1): 89-112.

Shaw M. W., 1987: Assessment of upward movement of rain splash using a fluorescent tracer method and its application to the epidemiology of cereal pathogens. *Plant Pathology*, 36: 201-213.

Shaw M. W. et Royle D. J., 1989 : Airborne inoculum as a major source of *Septoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) infections in winter wheat crops in the UK. *Plant Pathology* 38(1): 35-43.

Shaw M. W. et Royle D. J., 1993: Factor determining the severity of epidemics of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) on winter wheat in the UK. *Plant Pathology*, 42: 882-899.

Shtienberg D., 1992 : Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. *Phytopathology* 82(7): 760-765.

Shtienberg D.; Dinoor A. et Marani A., 1990 : Evaluation of the single tillers method for yield loss assessment in wheat under Israeli conditions. *Journal of Phytopathology* 130(4): 331-341.

V

Verma M.; Brar S. K.; Tyagi R. D. ; Surampalli R. Y. et Valero J. R., 2007 : Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp. : Panoply of biological control. *Biochem. Eng. J.*, 37: 1-20.

Viterbo A.; Romet O.; Chemin L. et Chet I., 2002: Significance of lytic enzymes from *Trichoderma* spp, in the biocontrol of fungal plant pathogens, *Antonie Leeuwenhoek*, 81: 549-556..

Z

Zillinsky F. J., 1983: Maladies communes des céréales à paille, Guide d'identification : CIMMYT, Mexico. : 35-45.

Les sites web.

[1] : <http://www.quick-agro.fr/cereales/maladies/117-septoriose-de-lepi.html> .
(Consulté le : 19/03/2015)

[2] : http://alger-roi.fr/Alger/cahiers_centenaire/productions/textes/p1_chapitre1a.htm.
(Consulté le : 13/04/2015)

[3] : <http://gpd.basf-agro.fr/accesrapide.php?cult=ble>.
(Consulté le : 05/01/2015)

[4]. <http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/espece.php?idE=104#ancre12> .
(Consulté le 20 mai 2016)

[5]. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
(Consulté le 20 mai 2016)

Résumé :

La tache septoriënne des feuilles du blé, causée par le champignon ascomycète *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* est l'une des maladies les plus répandues en Algérie, et elle est fortement incriminée dans la limitation des rendements et la dégradation de la qualité de la culture. Le contrôle de cette maladie s'opère plus particulièrement par l'utilisation de pesticides (fongicides), pour lesquels les effets intentionnels ne sont pas à démontrer. En plus l'agent causal de cette maladie se caractérise par une grande diversité génétique, lui permettant de développer des résistances et de s'adapter facilement aux contraintes imposées par le milieu.

Cette étude vise à chercher des agents de lutte biologiques, pouvant être utilisés pour combattre cette agent pathogène, et elle a porté sur 06 souches fongiques : *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*, *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus niger* et *Trichoderma harzianum*. La confrontation entre les différentes souches et *Z. tritici*, a été réalisée par différentes méthodes.

Les résultats obtenu ont montré un effet d'antagonisme remarquable pour l'ensemble des souches testées, à l'égard du pathogène, et plus particulièrement la souche de *T. harzianum*. Les méthodes de confrontation par contact directe ont donné les résultats les plus satisfaisants, pour la majorité des souches testées.

Mots clés : *Mycosphaerella graminicola*, blé, lutte biologique, antagonismes, champignons.

Abstract :

Septoria tritici blotch of wheat, caused by the ascomycete fungus *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* is one of the most prevalent diseases in Algeria, and it is strongly implicated in the limitation of yields and the degradation of the quality of the crop. Control of this disease occurs in particular by the use of pesticides (fungicides), for which harmful effects are not to demonstrate. In addition the causal agent of this disease is characterized by a great genetic diversity, allowing it to develop resistance and to easily adapt to the constraints imposed by the environment. This study aims to search for biological control agents, who can be used to combat this pathogen, and it focused on 06 fungal strains: *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri*, *Fusarium* sp., *Aspergillus niger* and *Trichoderma harzianum*. The confrontation between the different strains and *Z. tritici*, was conducted by different methods.

The results obtained showed an effect of remarkable antagonism for the whole of the strains tested, against the pathogen, and more particularly the strain from *T. harzianum*. The direct confrontation by contact methods gave the most satisfactory results for the majority of the strains tested.

Key words: *Mycosphaerella graminicola*, wheat, biological control, antagonism, fungi.

الملخص:

يعتبر مرض التبقع البستوري على القمح الذي يسببه فطر زقي *Mycosphaerella / Zymoseptoria tritici* من الأمراض الأكثر انتشارا في الجزائر، والمسبب في تدهور كمية و نوعية المحصول. وتتم مكافحة هذا المرض بصفة خاصة عن طريق استخدام المبيدات (الفطرية)، والتي ثبت أنها تسبب أعراض جانبية كثيرة بالإضافة الى ذلك فان هذا العامل الممرض يتميز بالتنوع الجيني الذي يسمح له بتطوير المقاومة وسهولة التكيف مع العوائق التي يفرضها الوسط. تهدف هذه الدراسة إلى البحث عن عوامل المكافحة البيولوجية التي يمكن استخدامها لمكافحة العامل الممرض ، وتم التركيز على 06 سلالات فطرية: *Fusarium solani* ، *Fusarium oxysporum f.sp. radicis- lycopersici* ، *Fusarium sp.* ، *Trichoderma harzianum* و *Aspergillus niger* ، *Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* . وقد تمت المواجهة بين السلالات المختلفة و *Z. tritici* بأساليب مختلفة و أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن هناك تأثير ملحوظ عدائي لجميع السلالات المختبرة، تجاه العامل الممرض وخاصة *Trichoderma harzianum* . وقد اعطت المواجهة عن طريق الاتصال المباشر نتائج مرضية بالنسبة لغالبية السلالات التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية: *Mycosphaerella graminicola*، قمح، المكافحة البيولوجية، العداوات، الفطريات

Annexe

1- Composition du milieu de culture PDA :

- Pomme de terre..... 200 g
- Glucose.....20 g
- Agar-agar..... 20 g
- Eau distillée..... 1 000 ml