

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'UNIVERS  
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Agronomiques  
Spécialité/Option : Phytopathologie et Phytopharmacie

Thème :

---

**Contribution à l'étude du contrôle biologique de  
*Zymoseptoria tritici*, agent de la tache  
septorienne du blé.**

---

Présenté par :

- Boumzaout Besma
- Hachani Hanene

Membres du jury:

- Président : Mr. Boumaaza B. (Université de Guelma)
- Examineur : M<sup>me</sup>. Azouz F. (Université de Guelma)
- Encadreur : M<sup>elle</sup>. Alloui N. (Université de Guelma)

Juin 2015

# Remerciements

*Nous tenons avant tout à remercier Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et la volonté et la patience pour achever ce modeste travail de fin d'études de Master.*

*Nous remercions vivement notre encadreur, Melle Allami N., qui nous a fait preuve d'une grande patience et qui nous a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, ses conseils, ses orientations, ses encouragements, ainsi que son soutien scientifique et moral, nous ont permis de mener à bien la réalisation de ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également :*

- A Mr. Boumaaza B. qui nous fait l'honneur de présider le jury. Et surtout pour la fourniture de la souche de T. harzianum , ainsi que pour ses remarques et ses conseils, lors de la réalisation de la partie expérimentale.*
- A Mr. Benaada M. pour la fourniture des souches d'Erwinia, avoir accepté de juger ce travail, et aussi pour son aide très efficace dans la réalisation de la partie pratique de notre travail, qu'il trouve dans ces pages l'expression de notre profonde gratitude.*
- A Melle Azouz F. , pour avoir accepté de juger ce travail,*
- A Melle Khanaka K., enseignante à l'université 08 mai 1945 de Guelma pour la fourniture des souches de Pseudomonas sp. Et des Actinomycètes.*

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

*Et*

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

Produced with ScanTOPDF

# Sommaire

Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
Introduction.....	1

## Chapitre 1 : Données bibliographiques sur les septorioses du blé

1-1- Les septorioses des céréales à paille.....	3
1-2- Les septorioses du blé.....	3
1-2-1- La septoriose de l'épi : ( <i>Septorianodorum</i> , forme sexuée : <i>Phaeosphaeria nodorum</i> ).....	5
1-2-1-1 Agent causal.....	5
1-2-1-2 Symptômes.....	5
1-2-1-3 Développement.....	7
1-2-2- Septoriose des feuilles : ( <i>Septoriatritici</i> – <i>Mycosphaerella graminicola</i> ).....	7
1-2-2-1 Agent causal.....	7
1-2-2-2 Symptômes.....	8
1-2-2-3 Développement de la maladie :.....	9
1-2-2-4 Plantes hôtes.....	10
1-2-2-5 Distribution mondiale et en Algérie de la maladie.....	10
1-2-2-6 Dégâts.....	10
1-2-2-7 Cycle biologique de <i>M. graminicola</i> .....	11
1-2-2-8 Facteurs agronomiques et climatiques favorables au développement de la maladie.....	14
1-2-3 Les moyens de lutte utilisés contre la septoriose du blé.....	15
1-2-3-1 La lutte physique.....	15
1-2-3-2 Les moyens culturaux.....	15
1-2-3-3 La lutte chimique.....	16

## Chapitre 2 : La lutte biologique en phytopathologie

2-1- La lutte biologique en phytopathologie.....	17
2-1-1-Définitions et concepts.....	17
2-1-2- Objectifs.....	18
2-1-3-Les types de lutte biologique.....	19
2-1-4-Les avantages et les inconvénients de la lutte biologique.....	20
2-1-5-Importance de la lutte biologique.....	20
2-1-6-Phénomènes de l'antagonisme et modes d'action des agents de lutte microbiologique.....	21
2-2- Lutte biologique contre <i>Mycosphaerella graminicola</i> .....	22
2-2-1-Présentation et modes d'actions de quelques agents antagonistes de <i>M.</i> <i>graminicola</i> .....	24
2-2-1-1- <i>Trichoderma</i> .....	24
2-2-1-2-les <i>Pseudomonas</i> .....	26
2-2-3-Les actinomycètes.....	29

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3-1- Origine de l'agent pathogène <i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>mycosphaerella graminicola</i> . .....	32
3-2- Isolement des souches.....	32
3-2-1- Préparation des échantillons.....	32
3-2-2- L'isolement des souches.....	32
3-3-Caractérisations de la souche de <i>Zymoseptoria tritici</i> .....	33
3-4- Les agents de lutte biologiques testés.....	34
3-4-1- Les bactéries.....	34
3-4-2- Les champignons.....	35
3-5- Bilan des traitements et des tests utilisés.....	35
3-6- Techniques de confrontation <i>Z. tritici</i> / agents antagonistes.....	36
3-7- Lecture des boîtes.....	40

## Chapitre 4 : Résultats et Discussion

4-1- Caractérisation du champignon agent causal de la septoriose des feuilles chez le blé ( <i>Zymoseptoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i> ) .....	41
4-2- Résultats de la confrontation <i>Z. tritici</i> x Agents antagonistes .....	42
4-2-1- <i>Z. tritici</i> x <i>Pseudomonas sp.</i> .....	43
4-2-2- <i>Z. tritici</i> x <i>Erwinia sp.</i> .....	45
4-2-3- <i>Z. tritici</i> x Actinomycètes .....	47
4-2-4- <i>Z. tritici</i> x <i>Trichoderma harzianum</i> .....	50
Conclusion.....	52
Résumés	
Références bibliographiques	
Annexe	

Produced with ScanTopDF

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Principaux types de septorioses des céréales	4
2	Taxonomie de l'agent causal de la septoriose du blé	8
3	Exemples des agents de la lutte biologique et leurs pathogènes	23
4	Exemples de bio-pesticides commercialisés, formulés à base de <i>Pseudomonas spp.</i> fluorescents agent de contrôle biologiques des pathogènes des plantes	28
5	les antibiotiques produits par les Actinomycètes utilisés en bio-contrôle	30
6	Résultats des tests de confrontations de <i>Z.tritici</i> x Agents antagonistes	42

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Symptômes de <i>Septoria nodorum</i> sur les feuilles	6
2	Symptômes de <i>Septoria nodorum</i> sur l'épi	6
3	Tache de septoriose	9
4	Lésions sporulantes à la surface d'une feuille de blé	9
5	Cycle biologique simplifié de <i>Zymoseptoria tritici</i>	11
6	Chronologie de l'infection de tissus hôtes de blé par <i>Zymoseptoria tritici</i> en conditions de laboratoire	13
7	Mécanisme d'éclaboussement d'une goutte de pluie sur un substrat végétal	14
8	Préparation des échantillons	33
9	cirrhe grise sortant des pycnides sur une feuille de blé [5]	34
10	Bilan des traitements utilisés	37
11	confrontation équidistance de <i>Z. tritici</i> et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA	38
12	confrontation de <i>Z. tritici</i> et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA par la méthode 2	38
13	confrontation de <i>Z. tritici</i> et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA par la méthode 3	39
14	confrontation à distance entre <i>M. graminicola</i> et <i>T.harzianum</i> (technique des substances volatiles ) (methode 4	40
15	<i>Zymoseptoria tritici</i> cultivé sur PDA	41
16	conidies de <i>Z. tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie)	42
17	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de <i>Pseudomonas sp1</i>	43
18	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de <i>Pseudomonas sp2</i>	44
19	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de <i>Pseudomonas sp. 2</i> Testée par la méthode 3	44
20	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de la souche d' <i>Erwinia</i> Testée par la méthode 3 (b), (Photo personnelle).	45
21	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de la souche 1 d' <i>Erwinia</i> Testée par la méthode 1	46

22	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de la souche 2 d' <i>Erwinia</i> Par la méthode 3	47
23	Boite témoin montrant la croissance de <i>Z. tritici</i> après 15 jours de croissance sur milieu PDA	48
24	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de la souche T14 d'Actinomycètes testée par la méthode 2	49
25	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de la souche T14 d'Actinomycètes testée par la méthode 2	49
26	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de <i>Trichoderma harzianum</i> testée par la méthode 1	51
27	Croissance de <i>Z. tritici</i> en présence de <i>Trichoderma harzianum</i> testée par la méthode 4	51

## Liste des abréviations :

- Bt : *Bacillus thuringensis*
- DMI : Inhibiteurs de déméthylation
- f.sp* : forme spécifique
- Kg N/ha : kilogramme d'azote par hectare
- M* : *Mycosphaerella*
- P.* : *Pseudomonas*
- PDA: Potato Dextrose Agar
- pH : potentiel Hydrique
- QoI :QuinoneoutsideInhibitors
- S* : *Septoria*
- sp* :espèce
- spp.* : sous espèce
- T.* : *Trichoderma*
- T.aestivum*: *Triticumaestivum*
- T.durum*: *Triticum durum*
- Z.* : *zymoseptoria*

Produced with ScanTOPDF

# *Introduction*

Produced with ScanTOPDF

## 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 ses besoins énergétiques (Nedjem , 2012).

Hennouni (2017) signale qu'avec une production nationale qui ne satisfait que le tiers des besoins, l'Algérie apparaît très dépendante de l'extérieur. Elle est ainsi à la merci des pertes dues aux accidents climatiques, aux itinéraires techniques appliqués par les agriculteurs, aux ravageurs, à la concurrence des mauvaises herbes ainsi qu'aux maladies.

Le blé peut subir de nombreuses maladies à différents stades de son développement. Ces dernières peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion de la maladie.

Les maladies fongiques ont une influence sur le rendement puisqu'elles contaminent pour certaines une partie de la feuille voire la totalité (la septoriose), ce qui inhibe le rendement photosynthétique.

La septoriose du blé causée par *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter (anamorphe *Septoria tritici* Rob. ex Desm.) et *Phaeosphaeria nodorum* (E.Müll.) Hedjar (anamorphe *Stagonospora nodorum* (Berk.) E.Castell.Germano.) est l'une des principales maladies du blé à travers le monde. Elle peut causer des pertes de rendement allant jusqu'à 60 % (Zahri et al., 2008).

La lutte chimique reste jusqu'à présent le moyen le plus employé pour combattre les différents ennemis des cultures. En effet, il est actuellement difficile d'imaginer une production agricole performante sans traitement chimique. Cependant la réussite de cette opération reste tributaire de plusieurs facteurs parmi lesquels il convient de citer le choix judicieux du pesticide, la période d'intervention et la qualité d'application. Néanmoins, cette lutte ne fût pas toujours bénéfique, car si d'une part les fongicides synthétiques ont permis le contrôle et l'élimination des agents fongiques nuisibles, ils ont aussi engendré des problèmes se traduisant par

des manifestations toxiques chez les plantes qu'ils sont destinés à protéger (Hennouni, 2012).

C'est ainsi que la lutte biologique s'est avérée le moyen de lutte le plus respectueux pour l'environnement, parce qu'elle fait appel à des antagonistes naturels, et parce qu'elle met en jeu des mécanismes complexes, difficiles à contourner par le parasite. Parmi les agents biologiques possibles, les *Pseudomonas*, les *Bacillus spp.* et les *Trichoderma* semblent actuellement les plus intéressants et les plus étudiés ces dernières années (Harir, 2010).

Plusieurs genres bactériens sont des agents de bio-contrôle antifongique. Les bactéries les plus utilisées sont : *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Erwinia herbicola*, *Bacillus subtilis* et *Enterobacter cloacae*.

Parmi d'autres antagonistes, vivants dans les sols, les actinomycètes occupent une place importante. Ces microorganismes ont une grande capacité de produire des substances antimicrobiennes et d'entrer en compétition spatiale et nutritionnelle avec les agents phytopathogènes.

Cette étude vise à tester l'effet de certains agents de lutte biologiques, sur *Zymoseptoria tritici*, agent de la tache septoriënne du blé. Les agents faisant l'objet de cette étude sont : deux espèces d'*Actinomycetes*, *Trichoderma harzianum*, deux espèces d'*Erwinia* et deux espèces de *Pseudomonas*, et ceci par des confrontations *in vitro* en boîtes de Pétri et à l'aide de différentes méthodes.

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 de l'agent pathogène et 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*

*Données*

*bibliographiques sur  
les septorioses du blé*

### 1-1- Les septorioses des céréales à paille:

Quatre espèces de *Septoria* sont d'importants pathogènes des céréales à paille. Elles sont la cause première 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 (Zillinsky, 1983).

Le même auteur signale que les espèces de *Zymoseptoria* possèdent plusieurs caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres genres de champignons pathogènes qui affectent les mêmes cultures:

- Les pycnospores (conidies) 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 courbés, hyalines, ont les bouts arrondis et comportent deux à quatre cloisons transversales.

Le tableau I résume les principaux types de septorioses des céréales et leurs symptômes.

### 1-2- Les septorioses du blé :

La septoriose du Blé est causée par deux champignons imparfaits, *Septoria tritici* Rob. ex. Desm. (Forme parfaite *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter) et *Stagonospora nodorum* (Berk.) E.Castell. Germano. (forme parfaite *Phaeosphaeria nodorum* (E.Müll.) Hedjar.), qui diffèrent par les symptômes et la biologie. Cette maladie cryptogamique foliaire rencontrée dans toutes les régions de production du blé participe à la destruction d'environ 2 % du blé mondial et cause des millions de tonnes de grains et des billions de dollars de pertes chaque année (Zahri *et al*, 2008).

Tableau 1: Principaux types de septorioses des céréales  
(Zillinsky, 1983)

Espèces	Noms scientifiques	Symptômes
Tâche septorienne	<i>Septoria tritici</i>	Les pycnides sont très foncées. Dans les taches, elles ont l'aspect de petits points noirs. Les conidies sont des bâtonnets allongés, étroits, courbés, filiformes, et mesurent ordinairement à maturité, 40-80 µm x 1.7-3.0 µm (Annexe). Cette espèce attaque surtout le blé, cependant on la rencontre sur le triticale, le seigle et rarement sur certaines espèces d'avoine.
Tâche septorienne des glumes	<i>Septoria nodorum</i>	Les pycnides ont l'aspect de gelée couleur paillée dans les taches en phase de développement rapide. Les pycnides s'assombrissent et se durcissent avec l'âge. Les conidies sont plus courtes, plus épaisses et plus droites que celles de toutes les autres espèces de <i>Septoria</i> , et à maturité sont munies d'une à trois cloisons transversales bien distinctes et mesurent alors 15-24 µm x 2.5-4 µm (Annexe). Cette espèce est un parasite du blé, du triticale, du seigle et de l'orge.
Tâche septorienne des feuilles d'avoine, de blé et de triticale	<i>Septoria avenae</i>	Les pycnides sont molles et légèrement plus foncées que celles de <i>S. nodorum</i> . Les cirrhes (masses de spores extrudées) ont une coloration rose vif. La longueur des conidies est intermédiaire entre celles de <i>S. nodorum</i> et celles de <i>S. tritici</i> , généralement 20-45 µm x 2.5-4.0 µm (Annexe). Les formes spécialisées qui attaquent le blé et le triticale sont désignées <i>S. avenae</i> f. <i>sp. triticea</i> , celles sur l'avoine, <i>S. avenae</i> f. <i>sp. avenae</i> et celles sur le seigle, <i>S. avenae</i> f. <i>sp. secalis</i> .
Tâche foliaire septorienne de l'orge	<i>Septoria passerinii</i>	Cette espèce apparemment n'attaque que l'orge. La forme des conidies ressemble à celle des conidies de <i>S. avenae</i> , quoique plus étroite. Elles mesurent 26-42 µm x 1.5-2.0 µm (Annexe). Ses conidies sont pourvues à maturité de deux à trois cloisons et sont généralement courbés.

Selon Ezzahiri (2001), deux espèces de *Septoria* s'attaquent au blé:

- Septoria tritici*, responsable de la septoriose des feuilles.
- Septoria nodorum*, responsable de la septoriose des feuilles et des épis.

Actuellement, l'espèce *Septoria tritici* est largement dominante, alors que *Septoria nodorum*, est devenue très rare (Hennoumi, 2012).

### **1-2-1 *Septoria nodorum* (tache septorienne des glumes) :**

#### **1-2-1-1 Agent causal :**

*Stagonospora nodorum* (berk) E.Castell. Germano (teleomorphe *phaeosphaeria nodorum* (E.Müll.) responsable de la septoriose des épis.

Un faible pourcentage d'infection des plantules (0,016%) dans un champ peut entraîner un développement épidémique de la maladie (Hamana et Mars, 2014).

#### **1-2-1-2 Symptômes**

Selon Ezzahiri (2001) :

Ils se manifestent aussi bien sur le feuillage, les gaines des feuilles, les nœuds, que sur les glumes et les graines des épis.

- Les symptômes apparaissent sur les feuilles, sous forme de taches ovales ou lenticulaires brunes. Elles peuvent être entourées d'une chlorose ou jaunissement périphérique ; lorsque ces taches 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.

- La maladie commence sous forme de nécroses apicales ; par la suite, ces nécroses se généralisent sur la feuille en leur donnant un aspect qui se confond facilement avec la sénescence normale des tissus. Ce n'est que sur la base d'observation de groupes de pycnides sur les feuilles nécrosées qu'on peut confirmer la présence de *Septoria nodorum*.

- Après une pluie, il n'est pas rare de voir sortir de ces pycnides, une gelée rose sous forme de tortillons qui contient des spores. Cette couleur rose des cirrhes est très importante car elle permet de distinguer *Septoria nodorum* de *Septoria tritici*. Cette situation a été observée surtout en cours de montaison sur les feuilles situées à la base de la plante où l'humidité est importante.

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.



Figure 1 : Symptômes de *Septoria nodorum* sur les feuilles [1].



Figure 2 : Symptômes de *Septoria nodorum* sur l'épi [1].

### 1-2-1-3 Développement :

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 (Ezzahiri, 2001).

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 (Ezzahiri, 2001).

Les pycnides ne se forment que sur des tissus morts. Le développement des pycnides et des pycnidiospores est stoppé en dessous d'une humidité relative de 98% au niveau du feuillage et ne peut se produire qu'entre 4°C et 28°C. Le développement ultérieur de la maladie se fait suivant les mêmes principes que celui de *S. tritici*. La progression de la maladie est fonction des conditions de pluviométrie et de températures: une période pluvieuse et humide prolongée (15-20 heures) avec des températures de 18°C–20°C à l'épiaison peut entraîner une attaque grave des épis [2].

### 1-2-2- Septoriose des feuilles (*Zymoseptoria tritici*) :

#### 1-2-2-1-Agent causal :

*Mycosphaerella graminicola*, synonyme : *Septoria tritici*. Corriger nom taxonomique: *Zymoseptoria tritici*, est une espèce de champignon filamenteux, ascomycète de la famille Mycosphaerellaceae, l'agent pathogène aujourd'hui l'une des maladies les plus importantes de blé [3].

Ce champignon a la capacité de coexister sous deux formes différentes, la forme anamorphe, *Septoria tritici* et la forme téléomorphe, (Duvivier *et al.*, 2013).

En se basant sur des caractéristiques génétiques, il a été démontré que le genre *Mycosphaerella* auquel appartient la forme parfaite de ce champignon est en fait poly- et para-phylétique, car il rassemble différentes familles et différents genres, et depuis 2011, un nouveau genre est attribué à la forme imparfaite de ce pathogène ainsi qu'à d'autres espèces de champignons phytopathogènes qui appartenaient au genre *Septoria*, du fait de la différenciation de certaines caractéristiques morphologiques et moléculaires de ces espèces les séparant des espèces appartenant au genre *Septoria*. Le genre attribué à ces espèces est : *Zymoseptoria*, et l'espèce impliquée dans la septoriose des feuilles du blé est actuellement désignée : *Zymoseptoria tritici* (Desm.) [3].

Selon Gigot (2013) le préfixe *zymo-* provient du grec ancien ζύμη, qui signifie : levain, ferment, en référence à une croissance similaire à celle des levures.

Le tableau 2 présente la classification des deux formes : sexuée et asexuée de ce pathogène.

Tableau 2: Taxonomie de l'agent causal de la septoriose du blé (Soumai, 2008).

Classification	Forme asexuée (Anamorphe)	Forme sexuée (Téléomorphe)
Division	<i>Deuteromycotina</i>	<i>Ascomycota</i>
Classe	<i>Deutéromycètes</i>	<i>Dothideomycètes</i>
Ordre	<i>Sphaeropsidales</i>	<i>Mycosphaerellales</i>
Genre	<i>Septoria</i>	<i>Mycosphaerella</i>
Espèce	<i>S. tritici</i>	<i>M.graminicola</i>

#### 1-2-2-2 Symptômes :

Au niveau des symptômes macroscopiques, la septoriose engendrée par *Mycosphaerella graminicola* se manifeste, après la période de latence, par l'apparition de taches (ou lésions) sur les feuilles. Chacune d'entre elles correspond à un ensemble de cellules nécrosées de couleur brune, entourées d'un halo de cellules chlorosées de couleur jaunâtre (Fig.3). Lorsque les lésions sont arrivées à maturité, les fructifications du champignon (pycnides et/ou pseudothécies) deviennent visibles sous la forme de petits points noirs à la surface des feuilles (Fig. 4). Le développement de la maladie se traduit par la coalescence des lésions et l'accélération de la sénescence des tissus infectés. Au niveau physiologique,

l'activité photosynthétique et la transpiration foliaire sont fortement diminuées (Gigot, 2013).

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 : Tache de septoriose [1].



Figure 4 : Lésions sporulantes à la surface d'une feuille de blé (Gigot, 2013).

### 1-2-2-3 Développement de la maladie :

Selon Esquirol (2012), le développement de la maladie se fait comme suit :

La contamination se développe à partir des spores présentes sur les résidus de la récolte précédente, lorsque sont réunies les conditions température (entre 5 - 7°C et 25°C) et l'alternance de périodes sèches et humides, qui produisent le développement du champignon et la dissémination de ses spores.

Selon le type de résidus laissés sur le sol, on obtient des contaminations d'ampleurs très différentes l'année suivante. Si le champignon est sous forme sexuée, il produira des ascospores qui, transportées par le vent, vont se déposer sur les feuilles ; s'il est sous forme asexuée, il produira des pycnidiospores qui se déposeront sur des feuilles transportées par les éclaboussures de pluie ou « splashing ».

Une fois sur la feuille, si les conditions le permettent, il y aura germination du champignon qui pénétrera dans la feuille. Après une période de latence, qui varie de 15 jours à 5 semaines en fonction des conditions, les symptômes apparaîtront sur la feuille sous forme de lésions. Celles-ci produiront alors de nouvelles spores et continueront de contaminer les autres étages foliaires, la septoriose est ainsi une maladie polycyclique.

La maladie se caractérise par des taches nécrotiques sur le feuillage, qui contiennent à maturité, des fructifications asexuées et sexuées.

#### 1-2-2-4 Plantes hôtes :

En plus des céréales cultivées que sont le blé dur (*Triticum turgidum* L.), le seigle (*Secale cereale* L.) et le triticales ( $\times$  *Triticosecale* Wittmark), la gamme d'hôtes considérés 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 nombreuses adventices courantes 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 (Gigot, 2013).

#### 1-2-2-5 Distribution mondiale et en Algérie de la maladie :

La septoriose des feuilles du blé causée par *Mycosphaerella graminicola* apparaît comme une maladie importante du blé dans différentes régions de culture du blé dans le monde entier, notamment, la Turquie, l'Italie, la France, le Chili, l'USA, ... . Dans les pays du Maghreb, cette maladie est très répandue au Maroc (Zahri *et al.* 2008), en Tunisie (Sebei, 2009), et en Algérie (Alliou *et al.*, 2014 ; Ayad *et al.*, 2014), et elle est très destructrice.

1-2-2-6 Dégâts :

La septoriose du blé due à *Septoria tritici* Rob. Ex Desm. Cause des pertes de rendement très importantes dans plusieurs régions du monde (Esquirol, 2012).

Le même auteur signale que, la septoriose provoque des lésions importantes sur les feuilles, ce qui induit une réduction de la surface verte, réduit la photosynthèse et affecte négativement la croissance de la plante et donc le rendement final. Les pertes de rendement peuvent aller jusqu'à 1,5 tonnes par hectares en l'absence de fongicide.

Cette maladie participe à la destruction d'environ 2 % du blé mondial, et cause des pertes de rendement très importantes dans plus de 50 pays à travers le monde. A l'échelle mondiale, les pertes de rendement sont estimées à des millions de tonnes de grains et des milliards de dollars U.S chaque année. La septoriose influe, non seulement sur la quantité du blé produit, mais aussi sur sa qualité (Esquirol, 2012).

1-2-2-7 Cycle biologique de *Zymoseptoria tritici*:

Le cycle biologique de *Z. tritici* (Fig. 5) comporte deux phases : la phase sexuée et la phase asexuée.

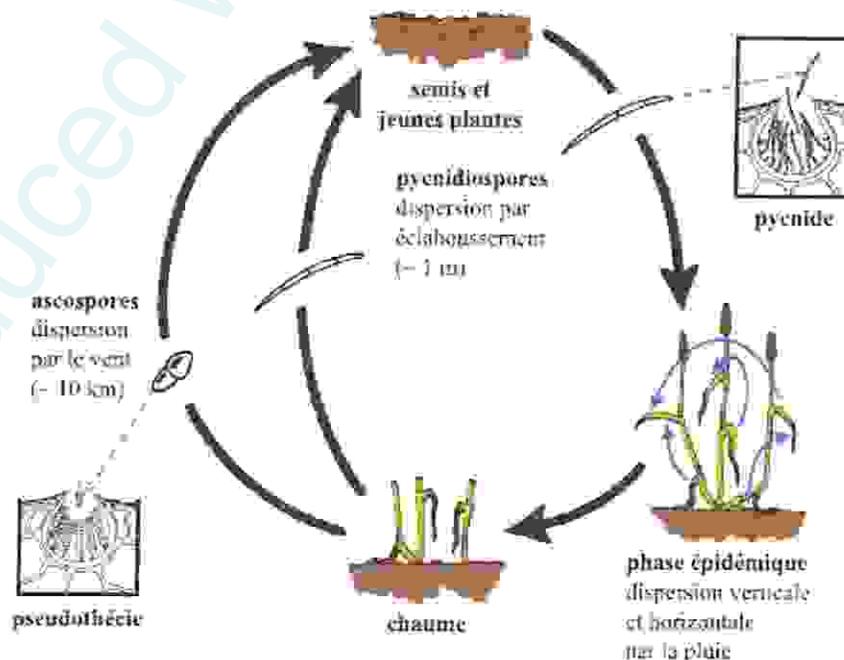


Figure 5 : Cycle biologique simplifié de *Zymoseptoria tritici* (Gigot, 2013).

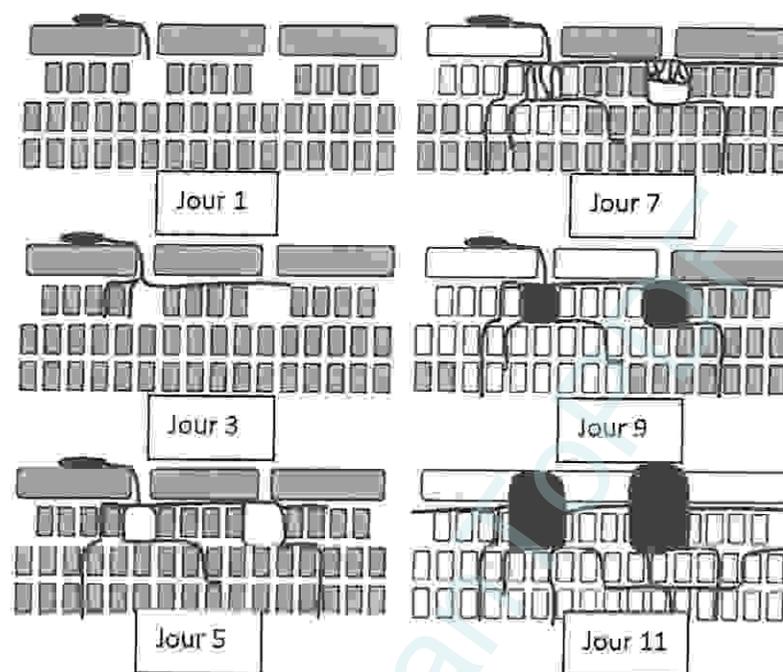
Selon Gigot (2013), la phase asexuée peut être subdivisée en quatre phases, représentées en détail dans la figure 6:

**\*L'infection :** Si les conditions environnementales sont favorables (en contact avec une feuille, températures élevées, présence d'eau libre et humidité relative à saturation), une spore va pouvoir germer. Le tube germinatif pénètre dans les tissus hôtes via les ostioles des stomates.

**\*La période de latence :** Durant cette phase, séparant l'infection initiale de la formation des premières structures sporulantes visibles, la progression des hyphes mycéliens, s'effectue d'abord lentement et de façon peu destructrice dans les espaces intercellulaires (phase biotrophe). Néanmoins, lors de la mise en place des appareils reproducteurs (pycnides) au niveau des stomates, le développement du champignon s'intensifie et conduit à la destruction des parois cellulaires (phase necrotrophe).

**\* La sporulation :** Elle correspond à l'émission de pycnidiospores, spores filiformes de 30–80  $\mu\text{m}$  de long et de 1,5–2  $\mu\text{m}$  de large. Certains auteurs font la différence entre des macro-pycnidiospores (35–98  $\times$  1–3  $\mu\text{m}$ ) avec 3–5 septations et des micro-pycnidiospores (8–10,5  $\times$  0,8–1  $\mu\text{m}$ ) sans septation, mais qui peuvent tous deux aussi bien infecter le blé. Ces spores, produites dans les pycnides, sont couvertes d'une gelée protectrice (le cirrhe) constituée de sucres et de protéines hydrophiles. En conditions de forte humidité, ce mucilage sporifère est exsudé et se dissout dans le film d'eau tapissant la feuille, permettant ainsi la dissémination des spores sur la surface foliaire.

**\* La dispersion :** Elle est permise via l'éclaboussement de gouttes de pluie.



**Figure 6 : Chronologie de l'infection de tissus hôtes de blé par *Zymoseptoria tritici* en conditions de laboratoire (Gigot, 2013).**

Chaque vignette correspond à la coupe transversale d'une portion de feuille de blé où sont visibles cellules épidermiques, cellules du mésophylle, ostioles de stomates et chambres sous-stomatiques : **Jour 1**. Une pycnidiospore de *M. graminicola* germe, et le tube germinatif en croissance pénètre dans une chambre sous-stomatique en passant par l'ostiole. **Jour 3**. Les hyphes mycéliens débutent la colonisation de la chambre sous-stomatique en circonscrivant son périmètre, et se répandent dans les tissus adjacents par invasion intercellulaire. **Jour 5**. Les hyphes poursuivent leur croissance intercellulaire à la fois latéralement et en profondeur au sein des tissus foliaires. La contamination d'un seul site peut ainsi conduire à la colonisation de chambres sous-stomatiques adjacentes. **Jour 7**. La formation de ramifications densifie le réseau d'hyphes mycéliens sur le pourtour des chambres sous-stomatiques colonisées. La chlorose et la nécrose des premières cellules hôtes (remplies de points dans la figure) correspondent à la fois au début de la phase nécrotrophe du pathogène et à l'apparition des premiers symptômes macroscopiques. **Jour 9**. Les amas d'hyphes tapissant les chambres sous-stomatiques continuent de se densifier et les pycnides commencent à se former. Les symptômes macroscopiques s'accroissent avec la poursuite de la chlorose et de la nécrose du tissu hôte. **Jour 11**. Entourées de cellules hôtes nécrosées et maintenant pleinement arrivées à maturité, les pycnides sont visibles à l'œil nu, et peuvent exsuder de la cirrhe lorsqu'elles sont placées dans un environnement humide. Les hyphes mycéliens continuent à se propager dans le tissu foliaire.

1-2-2-8 Facteurs agronomiques et climatiques favorables au développement de la maladie:

- Les Pluies :

La pluie est le facteur moteur des contaminations. A la faveur de pluies, les contaminations se font des feuilles inférieures vers les feuilles supérieures via les éclaboussures des gouttes d'eau (Fig. 7).[4].

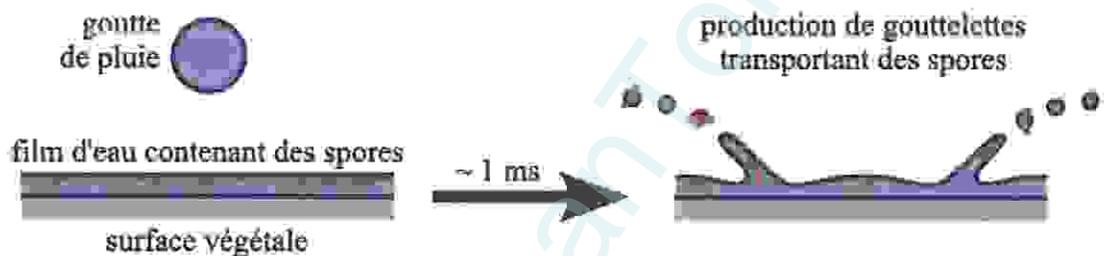


Figure7 : Mécanisme d'éclaboussement d'une goutte de pluie sur un substrat végétal.

*Une partie des particules (ici, des pycnidiospores) prisonnières du film d'eau en contact avec le substrat végétal peuvent s'en extraire via leur incorporation au sein de gouttelettes d'éclaboussement (Gigot, 2013).*

- La date de semis :

Les semis tardifs échappent aux premières contaminations pendant l'hiver, les feuilles sont émises plus rapidement, la maladie prend du retard par rapport à la plante mais les semis tardifs sont moins productifs [4].

- La densité de semis :

Pour la septoriose, les densités élevées peuvent être associées à une plus forte pression de la maladie sur variété sensible mais cet effet reste irrégulier. Des essais mettent en évidence que sur variété sensible, les semis plus clairs présentent moins de maladie par rapport à des densités plus élevées. Par ailleurs, ces semis clairs sont moins productifs [4].

- **Travail du sol et précédent cultural :**

Des résultats d'essais réalisés pendant de longues années ont montré que le travail du sol a peu d'impact sur la septoriose. En situation non traitée, les résultats illustrent une plus forte présence de septoriose sur labour comparativement au non labour [4].

- **La fertilisation azotée :**

Une moindre nuisibilité de la septoriose s'observe avec des doses d'azote faibles (50 kg N/ha) mais la pénalité de rendement est trop élevée. A l'optimum de fertilisation azotée, on n'observe pas de modification de la pression septoriose. Les pratiques agronomiques peuvent avoir un impact sur la pression septoriose, mais de manière limitée [4].

### **1-2-3 Les moyens de lutte utilisés contre la septoriose du blé :**

#### **1-2-3-1 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).

#### **1-2-3-2 Les moyens culturaux:**

Plusieurs pratiques sont recommandées, pour lutter contre la septoriose du blé (Selim, 2010):

- Choisir une variété de blé peu sensible ou résistante.
- Enfouir les résidus culturaux et supprimer les repousses de céréales.
- Prolonger 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

### 1-2-3-3 La lutte chimique :

La lutte chimique contre la septoriose a connu un grand essor avec l'apparition des fongicides QoI (Quinone outside Inhibitors, famille des strobilurines) en 1996, ces fongicides QoI interviennent dans la respiration : ils inhibent une réaction chimique de la chaîne respiratoire mitochondrienne des champignons, leur cible étant le cytochrome b. ces fongicides empêchent donc la germination des spores et la pénétration du champignon au sein des tissus foliaires. Cependant, dès 2002, les premières souches de *M. graminicola* résistantes aux strobilurines ont été isolées en Belgique comme dans d'autres pays Européens. Depuis, et en quelques années seulement, la résistance de *M. graminicola* aux QoI s'est généralisée en Belgique comme partout en Europe.

Vu la généralisation très rapide de cette résistance au travers de l'ensemble de la population de *M. graminicola*, le contrôle de la maladie s'est poursuivi par l'utilisation des fongicides DMI (inhibiteurs de déméthylation, incluant les triazoles et autres inhibiteurs de ce type). Ces fongicides inhibent la synthèse des stéroïdes, molécules essentielles des membranes cellulaires fongiques. La résistance de ce pathogène a été déclarée dans plusieurs pays, mais contrairement à la résistance aux fongicides QoI liée la mutation G143A, les résistances contre les fongicides DMI ne sont pas totales et ne confèrent que graduellement et selon le mécanisme, une moindre sensibilité à l'un ou l'autre de fongicides DMI (Duvivier *et al.*, 2013).

### 1-2-3-4 La lutte biologique :

Elle repose sur l'utilisation de microorganismes antagonistes qui altèrent le développement de l'agent de la septoriose. Plusieurs études ont montré que des bactéries du genre *Pseudomonas*, et *Bacillus*, ainsi que des champignons du genre *Trichoderma* sont des agents de lutte biologique pour l'agent causal de la septoriose du blé.

L'effet antagoniste de ces bactéries est lié à la production des antibiotiques qui jouent un rôle très important dans la suppression de la croissance de *S. tritici* sur les feuilles de blé (Levy *et al.*, 1988; Flaishman *et al.*, 1996).

# *Chapitre 2*

## *La lutte biologique en phytopathologie*

Produced with Scantopdf

## 2-1- La lutte biologique en phytopathologie :

### 2-1-1-Définitions et concepts :

Selon Meyer (2002), la lutte biologique (« *biological control* » ou « *biocontrols* » en anglais) consiste à utiliser des organismes vivants pour contrôler des espèces introduites devenues envahissantes dans les écosystèmes naturels ou devenues des « ravageurs des cultures » dans les agrosystèmes, afin d'en réduire les impacts écologiques et/ou les dommages économiques.

Il peut s'agir de micro-organismes (champignons, bactéries, virus), d'animaux invertébrés (acariens, insectes, nématodes) ou de vertébrés (reptiles, amphibiens, oiseaux, poissons, mammifères).

Cette méthode de lutte repose sur le postulat qu'une espèce envahissante se multiplie sans limite dans une aire d'introduction car elle n'y a pas été introduite avec son cortège d'ennemis naturels (organismes prédateurs, parasites, pathogènes) qui régulent naturellement ses populations dans son aire d'origine. C'est la théorie du « relâchement écologique » (« *ecological release* » en anglais).

Si l'organisme antagoniste du ravageur (l'auxiliaire) est un animal, il s'agit de lutte biologique au sens restreint.

- L'auxiliaire peut être un autre insecte, un acarien, un vertébré (oiseau ou poisson insectivore) ou un nématode.

- Les prédateurs (qui tuent et mangent plusieurs proies au cours de leur développement) se distinguent des parasitoïdes (parasites, qui vivent aux dépens d'un unique hôte, lequel meurt après l'achèvement du développement du parasitoïde).

- Si l'organisme antagoniste est un microorganisme pathogène, on parle de lutte microbiologique.

- L'agent pathogène auxiliaire peut être un champignon, une bactérie, un virus, plus rarement un oomycète ou un protozoaire :

- Il infecte l'hôte en général par ingestion et possède une forme de résistance lui permettant de passer et de demeurer dans le milieu.
- Il peut émettre des antibiotiques ou des toxines toxiques pour certains pathogènes.
- Il peut être parasite d'un agent pathogène (champignon mycoparasite) ou d'un ravageur (champignon entomophage).
  
- Un champignon entomophage par exemple se multiplie dans l'hôte et cause sa mort par destruction de tissus, par septicémie, parfois par l'émission d'une substance toxique.
- Les cadavres de l'hôte libèrent les agents pathogènes dans le milieu. Les agents de lutte microbiologique ont aussi d'autres formes d'action et ne sont pas forcément pathogènes d'un agent pathogène).
- Ils peuvent limiter la dissémination d'un pathogène par compétition ou occupations de niches écologiques (endosymbiose).
- Ils peuvent induire des réactions de résistance chez les plantes.

### **2-1-2- Objectifs :**

La lutte biologique permet de lutter contre un ravageur, sans l'exterminer, en favorisant l'idée d'équilibre pour conserver la chaîne trophique la plus intacte possible.

La lutte biologique peut se pratiquer de diverses façons :

- Utilisation de prédateurs et d'auxiliaires (jardins, cultures, forêts) ex : les araignées, les oiseaux, les hérissons (pour lutter contre les insectes) ; les coccinelles, la guêpe parasite (pour lutter contre les pucerons) ; le hérisson (pour lutter contre les limaces).
  
- Utilisation de substances naturelles ou d'objets courants (dans les jardins) ex : les coquilles d'œufs (contre les limaces) ; le marc de café (contre les pucerons) ; la suie (contre les chenilles).
  
- Utilisation d'insecticides ou fongicides dits « bio » ex : l'ail, les orties (pour lutter contre les acariens et les pucerons) ; absinthe (pour lutter contre la rouille du groseillier) ; la tanaïsie (pour lutter contre la mouche du chou, les acariens du fraisier et de la ronce, les fourmis et les pucerons).

- Le compagnonnage ou l'entraide entre les plantes (jardins ; cultures sous serre) ex : les carottes à côté des oignons pour les protéger de la mouche de l'oignon ; des carottes ou du céleri entre les rangs de poireaux pour les protéger de la teigne du poireau ; le fenouil à côté des salades pour les protéger des limaces.

En ce qui concerne les cultures de grande dimension (industrielles) seule la première méthode de lutte est applicable [5].

### 2-1-3-Les types de lutte biologique :

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

- 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 hôte). Ceux-ci sont appelés « agents de lutte biologiques » ou « auxiliaires des cultures » dans les agrosystèmes.

- La « **lutte autocide** » par l'introduction d'un individu de la même espèce, mais modifié (en général stérilisé). Suite à un lâcher massif d'insectes ravageurs mâles stérilisés par irradiation ou par des produits chimiques, 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.

- La « **lutte inondative** » par des lâchers massifs et saisonniers d'espèces auxiliaires indigènes ou introduites. Par exemple, des lâchers de 200 000 à 350 000 guêpes trichogrammes *Trichogramma* (Hyménoptères, Trichogrammatidae) par hectare sont effectués pour la lutte contre la Pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* (Lépidoptères, Pyralidés) en France

- La « **lutte microbiologique** » par l'utilisation de micro-organismes souvent conditionnés comme des insecticides, appelés également insecticides microbiens ou « biopesticides ».

*Bacillus thuringiensis* (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 et les simuliés). En Nouvelle-Zélande, la variété *B. thuringiensis* 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.

#### 2-1-4-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 recensés (Lefort, 2010, [1]) :

##### A- Les avantages:

- Limiter les apports de pesticides.
- Lutter contre des ravageurs résistants.
- Spécificité des auxiliaires.
- Simplicité d'utilisation.
- Meilleures conditions de travail du personnel (notamment sous serre).
- Meilleur état général des plantes (d'où meilleure qualité des produits).
- Auto-propagation (le cycle de vie de l'auxiliaire est identique à celui du ravageur).
- Faible coût de développement.
- Innocuité pour la santé humaine, l'environnement ou les espèces non cibles.
- Amélioration de la qualité de vie et de la santé des travailleurs agricoles.
- Pas de délai de traitement avant la récolte.
- Non contamination des produits (pas de résidus chimiques).
- Maintien de la biodiversité des biotopes.
- Compatibilité avec les programmes de lutte intégrée.
- Dégradation rapide des biopesticides, diminuant les risques de pollution.

**B- Les inconvénients:**

- Prolifération incontrôlée de l'auxiliaire.
- Lutte souvent faite en prévention et moins efficace lorsque curative.
- Effet moins drastique que les pesticides (plus d'applications).
- Effet différé.
- Efficacité pas toujours constante d'une production à l'autre.
- Efficacité relative aux conditions climatiques.
- Activité restreinte lors d'une grande pression du ravageur.
- Conditions d'entreposage des produits biologiques (demi-vie et température plus fraîche)
- Nécessite d'excellentes connaissances de l'écologie des pathogènes cibles et des agents de contrôles biologiques et de la relation pathogène cible-agent de contrôle biologique.

**2-1-5-Importance de la lutte biologique :**

Lefort (2010) signale qu'en 2003, les agents de lutte biologique et biopesticides représentaient 1,7 % du marché mondial des pesticides, 2,6 % en 2005, environ 4,4 % en 2010. La croissance annuelle est de 10 %. La part effective que pourraient couvrir les moyens actuellement connus devrait être de 10 à 15% du marché mondial, et de nouveaux agents sont constamment recherchés, testés et commercialisés.

**2-1-6-Phénomènes de l'antagonisme et modes d'action des agents de lutte microbiologique :**

En lutte biologique, certaines bactéries ou champignons auxiliaires peuvent être utilisés pour empêcher le développement de maladies dues aux micro-organismes, selon plusieurs modes d'actions : une même espèce, voir une même souche, d'agent de lutte biologique peut posséder plusieurs de ces modes d'action (Bounoua, 2008 ; Lefort, 2010):

- **L'hyperparasitisme :** (ou mycoparasitisme chez les champignons) : l'antagoniste attaque le pathogène en perçant les hyphes et les envahissant.

- **L'antibiiose** : formation de substances toxiques pour l'agent pathogène.
- **La compétition pour les éléments nutritifs** : en relation avec une occupation rapide du milieu. Elle a été mise en évidence tant dans la rhizosphère que sur le phylloplan. Dans les sols suppressifs où les agents pathogènes se développent mal, par opposition aux sols réceptifs où ils se multiplient rapidement, la biomasse est particulièrement dense ; pour déclencher la germination de chlamydospores de *Fusarium* il faut des concentrations de nutriments beaucoup plus élevées que dans les sols réceptifs.
- **La modification du milieu** : la modification du milieu, en particulier du pH, qui, lorsqu'il est abaissé devient inhibiteur pour les bactéries.
- **L'introduction de résistance chez la plante hôte** : l'agent de lutte biologique déclenche chez la plante des mécanismes de défense (épaississement des parois végétales, production de molécules de défense...) qui s'opposent au développement de l'infection de l'agent pathogène.

Le tableau 3 résume des exemples des agents de la lutte biologique et leurs pathogènes.

## 2-2- Lutte biologique contre *Zymoseptoria tritici* :

Steven *et al.* (2008) signalent que la bactérie *Pseudomonas fluorescens*, LEC1 et PFM2, sont capables de supprimer le développement de *S. tritici* en produisant des antibiotiques (1-hydroxyphenazine, chlororaphin, et le 2,4-diacetylphoroglucinol).

La production de l'acide cyanhydrique (HCN) par les *Pseudomonas* est impliquée dans la suppression d'agents pathogènes comme *Thielaviopsis basicola*, *Septoria tritici* et *Puccinia recondita* (Allaire, 2005).

Tableau 03 : Exemples des agents de la lutte biologique et leurs pathogènes  
(Lefort, 2010).

Les exemples	Agent de la lutte biologique	Le pathogène
champignons entomophages	<i>Beauveria bassiana</i>	- Aleurodes
		- <i>Trialeurodes vaporariorum</i> et <i>Bemisia tabaci</i> .
	<i>Beauveria brongniartii</i>	- larves de hanneton commun
		<i>Melolontha melolontha</i> .
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	- Aleurodes.
<i>Metarhizium anisopliae</i>	- Otiorrhynque silloné et de la vigne.	
	- <i>Otiorrhynchus sulcatus</i> .	
champignons contre des champignons pathogènes	<i>Trichoderma harzianum</i> et <i>T. polysporum</i>	- <i>Botrytis cinerea</i> et <i>Rhizoctonia solani</i> .
bactéries contre des bactéries pathogènes	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> ou <i>Pantoea agglomerans</i>	- Le feu bactérien ( <i>Erwinia amylovora</i> )
	<i>Bacillus subtilis</i> (Serenade)	- <i>Botrytis cinerea</i> .
bactéries contre des insectes	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i>	- Chenilles phytophages
virus contre des insectes	Virus de la Granulose	- Carpocapse des pommes et des poires ( <i>Cydia pomonella</i> )

D'autres études ont montrés que trois bactéries (deux *Pseudomonas fluorescens* et une *Bacillus megaterium*) sont capables d'inhiber le développement de la tache septoriënne des feuilles du blé, causée par *Septoria tritici* (Steven *et al.*, 2008).

Un certain nombre d'espèces de champignon appartenant au genre *Trichoderma spp.* Isolées à partir de différentes sources, y compris des phylloplanes de blé ont pu contrôlé la septoriose à travers la saison de croissance dans des conditions de terrain, bien que les niveaux de contrôle étaient en fonction du type de traitement (semences, pansement ou une application foliaire) et le cultivar de blé (Steven *et al.*, 2008).

Selon Lefort (2010), *Beauveria bassiana*, un champignon endosymbiotique, combine des activités entomophages et mycoparasites, de certains champignons et oomycètes, notamment :

- *Gaeumannomyces graminis var. tritici.*
- *Fusarium oxysporum.*
- *Septoria nodorum.*
- *Rhizoctonia solani.*
- *Fusarium oxysporum f. sp. Cepae.*
- *Botrytis cinerea.*
- *Pythium ultimum.*
- *Pythium myriotylum.*

### 2-2-1-Présentation et modes d'actions de quelques agents antagonistes de *M. graminicola*:

#### 2-2-1-1-*Trichoderma* :

L'espèce *T. harzianum* est très utilisée en lutte biologique contre les champignons phytopathogènes. L'effet antagoniste de *Trichoderma harzianum* se manifeste par un enroulement des hyphes autour des filaments du champignon pathogène. S'ensuit une lyse grâce à la production d'enzymes, telles que la B-1,3-glucanase et la chitinase (Berber *et al.*, 2009).

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 (Johanne, 2002).

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

Embranchement :	<i>Amastigomycota</i> et / ou <i>Eumycètes</i> .
Sous embranchement :	<i>Ascomycotina</i> .
Classe :	<i>Sordariomycètes</i> .
Ordre :	<i>Hypocréales</i> .
Famille :	<i>Hypocraceae</i> .
Genre :	<i>Trichoderma</i> .

Les *Trichoderma sp.* produisent des antibiotiques potentiels mais aussi plus de 100 métabolites avec une activité antibiotique. Ces métabolites sont classés en trois catégories (Benouzza, 2012):

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

*Trichoderma* a la capacité d'attaquer les agents pathogènes via différents modes d'action. Il peut utiliser, selon Johanne (2002) les modes suivants :

-l'**antibiiose** qui résulte de la production de substances qui agissent comme des « antibiotiques » et qui inhibent la croissance de l'agent pathogène;

-la **compétition** qui se manifeste par l'aptitude de *Trichoderma* à utiliser les mêmes ressources du milieu (aires d'alimentation, sites de développement) que les champignons pathogènes mais *Trichoderma* emploie ce mode d'action surtout pour occuper les lieux avant l'arrivée des indésirables.

-le **parasitisme** qui se manifeste par la destruction de l'agent pathogène lorsque *Trichoderma* s'enroule autour de celui-ci soit en l'étranglant, en pénétrant à l'intérieur et/ou en lui injectant des substances (enzymes) qui le détruisent

*Trichoderma* possède une batterie de mécanismes d'attaque potentiellement utilisables mais qui demeurent toutefois complexes. Il peut employer un ou plusieurs modes d'action en même temps pour maîtriser un agent pathogène. Le déploiement des modes d'action varie également selon les partenaires en présence et les conditions physico-chimiques du milieu (températures, humidité, etc...). *Trichoderma* est efficace lorsqu'on lui permet de s'installer avant l'arrivée des champignons pathogènes. Son action est donc préventive (Johanne, 2002).

#### 2-2-1-2-les *Pseudomonas* :

Les bactéries du genre *Pseudomonas* sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, généralement mobiles grâce à une ou plusieurs flagelles polaires, aérobies à métabolisme strictement respiratoire et chimio-organotrophes. Mais cette définition ne permet pas de les différencier des autres bactéries à Gram négatifs, et doit être complétée par d'autres caractéristiques phénotypiques (Mezaache, 2012).

La capacité des *Pseudomonas spp.* fluorescents à coloniser rapidement la rhizosphère fait de ces bactéries un groupe taxonomique de grand intérêt pour leur utilisation en lutte biologique (Amkraz, 2013).

La classification des *Pseudomonas* est la suivante (Bounoua,2008) :

Règne :	<i>Bacteria</i> .
Division :	<i>Proteobacteria</i> .
Classe :	<i>Gammaproteobacteria</i> .
Ordre :	<i>Pseudomonadales</i> .
Famille :	<i>Pseudomonaceae</i> .
Genre :	<i>Pseudomonas</i> .

**\* Production de substance inhibitrice de la croissance des pathogène par les *Pseudomonas* sp. :**

Les *Pseudomonas fluorescens* produisent un grand nombre de métabolites secondaires qui pourraient jouer un rôle dans l'effet antagoniste de ces micro-organismes dans le sol. Ces métabolites inhibiteurs peuvent être scindés en 4 groupes: les antibiotiques, les sidérophores, les enzymes et l'acide cyanhydrique (HCN) (Bounoua, 2008).

Les *Pseudomonas* produisent notamment, de nombreux métabolites antifongiques. En effet, la plupart des *Pseudomonas* produisent des antifongiques tels que des phénazines, la pyolutéorine, la pyrrolnitrine et le DAPG (2,4-diacetylphloroglucinol) qui sont les antifongiques les plus fréquemment détectés. Ces bactéries sont également capables de synthétiser des sidérophores appelés pyoverdines ou pseudobactines (Mezaache, 2012).

**\*Principales molécules toxiques synthétisées par certaines souches de *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida*.**

Selon Mezaache (2012), les principales molécules toxiques synthétisées par certaines souches de *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida* sont :

- ✓ 2,4-Diacéthylephloroglucinol (DAPG)
- ✓ Les phénazines (PHZ)
- ✓ Pyrrolnitrine (PRN)
- ✓ Pyolutéorine (PLT)

✓ Cyanure d'hydrogène (HCN)

Plusieurs pesticides à base de métabolites de *Pseudomonas* spp sont actuellement sur le marché, et ils ont montré une efficacité très élevée contre plusieurs agents phytopathogènes, notamment les agents de septorioses (Tab. 4).

**Tableau 4:** Exemples de bio-pesticides commercialisés, formulés à base de *Pseudomonas* spp. fluorescents agent de contrôle biologiques des pathogènes des plantes (Amkraz,2013).

Nom	Antagoniste	Hôte	Pathogènes
Bioject Spot-less.	<i>P.aureofaciens</i>	Les truffes	<i>Colletotrichum graminicola</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> et <i>Sclerotinia homeorarpa</i>
Bio-save 10LP/110	<i>P.syringae</i>	Pomme de terre et quelques arbres fruitiers	Divers pathogènes en culture et en post récolte
BlightBan	<i>P.fluorescens</i> A506	Tomate, pomme de terre et arbres fruitiers	<i>Erwinia amylovora</i> et d'autres pathogènes
Cedomon	<i>P.chlororaphis</i>	Orge et avoine	Maladies liée aux semences
Cerall	<i>P.chlororaphis</i>	Blé, seigle et triticale	<i>Tilletia caries</i> , <i>Septoria nodorum</i> et <i>Fusarium sp.</i>
Victus <sup>a</sup>	<i>P.Fluorescens</i>	Champignons	<i>Pseudomonas tolassii</i>
Ateze <sup>a</sup>	<i>P.chlororaphis</i> 6328	Pois, concombre et plantes ornementales	<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Cylindrocladium</i> et <i>Fusarium</i>
Pssol <sup>a</sup>	<i>P.solanecearum</i> non pathogène	Plusieurs végétaux	<i>P.solanecearum</i> pathogène

### 2-2-3-Les Actinomycètes :

Les Actinomycètes sont des bactéries à coloration de Gram-positif, la plupart sont des saprophytes (Aouar,2012). Leur croissance avec un temps de génération moyen de 2 à 3 heures est plus lente que celle des autres bactéries (Harir,2010).

Les Actinomycètes peuvent être classés en deux groupes. Le premier se compose d'organismes qui ne présentent pas de caractéristiques morphologiques particulières et forme seulement une masse de filaments ramifié. Le second comprend les organismes qui sont morphologiquement plus complexes que le premier (Aouar,2012).

Les Actinomycètes sont des bactéries saprophytes capables de dégrader la matière organique dans le sol et d'utiliser des molécules plus complexes pour leur croissance. Ceci leur permet de s'adapter et de coloniser différents milieux rhizosphériques. Cette caractéristique est essentielle dans la lutte biologique. Ainsi, les Actinomycètes peuvent agir par différents mécanismes d'action comme l'antibiose, la compétition nutritionnelle ou spatiale ou encore le parasitisme (Aouar, 2012).

Les Actinomycètes présentent un important potentiel d'agents contre des agents phytopathogènes. En effet, ces dernières décennies, plusieurs études se sont intéressées aux rôles que pourrait jouer les Actinomycètes dans la suppression des phytopathogènes. Le premier produit de lutte biologique commercialisé à base d'actinomycètes a été fabriqué à partir de *Streptomyces griseoviridis* pour contrôler les agents phytopathogènes comme le *Botrytis* et le *Fusarium* (Aouar,2012).

#### **\*Utilisation des Actinomycètes en lutte biologique :**

Les Actinomycètes possèdent les principales propriétés de l'antagoniste idéal, ces critères laissent supposer que ce groupe de microorganismes peut jouer un rôle primordial dans le domaine de la protection des plantes contre leurs bio-agresseurs (Harir,2010) :

- Le taux de multiplication est très élevé ; la forte sporulation permet une importante dissémination.

- Une adaptation à la vie aérienne et souterraine le met en contact direct avec de nombreux pathogènes.
- Les facultés antagonistes des Actinomycètes s'expliquent de façon diverses (compétition spatiale et nutritionnelle, hyper parasitisme et antibiose).
- Les phytopathogénie chez les Actinomycètes est inconnue.
- En fin, la grande variabilité des souches en ce qui concerne les propriétés physiologiques et antagonistes et leur expression, peut rendre la sélection difficile.

Les Actinomycètes sont connus par leur capacité de produire des antibiotiques qui leur permettent d'inhiber les agents phytopathogènes (Aouar,2012). Plusieurs antibiotiques produits par les actinomycètes sont actuellement utilisés dans la lutte biologique (Tabl.5).

**Tableau 5:** les antibiotiques produits par les Actinomycètes utilisés en bio-contrôle (Aouar, 2012).

Antibiotiques	Actinomycètes
Blasticidines S	<i>Streptomyces griseochromogenes</i>
Kasugamycine	<i>Streptomyces Kasugaensis</i>
Mildiomyceine	<i>Streptoverticillium rimofaciens</i> B-98891
Natamycine	<i>Streptomyces natalensis</i> , <i>Streptomyces chattanoogensis</i>
Polyoxine	<i>Streptomyces Cacaoi</i> var <i>asoensis</i>
Streptomycine	<i>Streptomyces griseus</i>
Validamycine	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>

**\*Mode d'action des Actinomycètes :**

Les Actinomycètes possèdent les principales propriétés de l'antagoniste idéal, et sont capables d'émettre des substances inhibitrices pour d'autres micro-organismes, diffusibles de deux types : non volatiles ou gazeuses (Harir,2010).

Les Actinomycètes constituent une source importante d'antibiotiques et d'autres métabolites secondaires à utilité industrielle. Plus de 70% des antibiotiques

d'origine microbienne sont produits par ce vaste groupe bactérien. Les Actinomycètes produisent un grand nombre d'antibiotiques de structures chimiques très variées (aminoglycosides, anthracyclines, glycopeptides, beta-lactamines, macrolides, etc...) qui ont de nombreuses applications thérapeutiques (Aouar, 2012).

Produced with ScanTOPDF

# *Chapitre 3*

## *Matériels et Méthodes*

Produced with ScanTOPDF

### 3- Matériel et méthodes.

#### 3-1- Origine de l'agent pathogène *Zymoseptoria tritici* / *mycosphaerella graminicola* :

Des feuilles de blé montrant des symptômes de la tache septoriënne du blé, issue d'une infection naturelle, ont été collectées en mai 2014 de l'ITGC d'El Khroub (Constantine), séchées à l'air libre, puis conservées à + 4°C, ont été utilisées dans cette étude, et à partir desquelles le champignon a été isolé.

#### 3-2- Isolement des souches :

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

Avant l'isolement du champignon, les fragments de feuilles infectées par la tache septoriënne des feuillés, et montrant des symptômes typiques (nécrose foliaires, parsemées de pycnides), sont préparées ainsi :

Des segments de feuilles contenant les lésions sont mis dans des boîtes de Pétri, dans lesquelles, du papier burvard humecté est placé au fond des boîtes, pour créer de l'humidité dans les boîtes (Chambre humide), et les segments de feuilles sont placées selon le dispositif indiqué dans la figure 8, pendant une nuit dans les conditions de température et lumière ambiantes au laboratoire pour l'émission des cirrhes.

##### 3-2-2- L'isolement des souches :

Après une nuit d'incubation, les pycnides émettent un cirrhe blanchâtre (Fig.9). 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 dans des boîtes de Pétri contenant du milieu gélosé PDA (Potato Dextrose Agar) (Annexe).



Figure 8: Préparation des échantillons

### 3-3- Caractérisations de la souche de *Zymoseptoria tritici* :

En vue de caractériser la souche de *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, et après une période de 4 à 6 jours de croissance sur milieu PDA, une masse fongique à croissance de type lémurien, de couleur rosâtre ou blanchâtre, caractéristique de *Mycosphaerella graminicola* se développe au niveau des boîtes (Fig.9). Des observations à la loupe binoculaire et au microscope optique ont été réalisées, en vue de confirmer les caractéristiques de la souche utilisée.



Figure 91: Cirrhe grise sortant des pycnides sur une feuille de ble [5]

**- Caractérisation macroscopique :**

Un certain nombre de paramètres ont été pris en considération :

- La couleur de la colonie
- L'aspect de la colonie
- Le mode de croissance de la colonie

**- Caractérisation microscopique :**

Le type de spores du champignon est le seule paramètre pris en considération pour la confirmation des caractéristiques microscopique de la souche de *Z. tritici*.

**3-4- Les agents de lutte biologiques testés :**

**3-4-1- Les bactéries :**

Les manipulations portant sur l'étude du pouvoir antagoniste de quelques bactéries à l'égard de *Mycosphaerella graminicola*, ont porté sur deux souches d'Actinomycètes, deux souches d'*Erwinia* et deux souches de *Pseudomonas*. Les souches de *Pseudomonas* et d'Actinomycètes ont été fourni par Mme KHENAKA K.,

enseignante en microbiologie à l'université 08 mai 1945 de Guelma, et les souches d'*Erwinia* ont été fourni par Mr. BENAADA M., enseignant en phytopathologie à l'université 08 mai 1945 de Guelma.

#### 3-4-2- Les champignons :

Une seule espèce fongique a été utilisée pour tester l'effet antagoniste à l'égard de *Z. septoria*, c'est l'espèce *Trichoderma harzianum* fournie par Mr. BOUMAAZA B., enseignant en phytopathologie à l'université 08 mai 1945 de Guelma.

Les microorganismes utilisés sont mis en croissance sur des milieux de culture spécifiques, en vue d'avoir le maximum de colonies nécessaires aux tests de confrontation avec l'agent de la septoriose *Z. tritici*.

#### 3-5- Bilan des traitements et des tests utilisés

Les combinaisons établies entre les différents microorganismes faisant l'objet de cette étude a fait ressortir, en total 12 traitements possibles :

- 08 traitements pour les tests de confrontations Bactéries / *Z. tritici*, et la confrontation a été faite par deux méthodes pour chaque traitement. Le nombre de répétitions réalisées pour chaque traitement étant de 04 pour chaque méthode, ce qui donne 08 boîtes par traitement, des boîtes témoins (6 boîtes de *Z. tritici*). Les différents traitements sont représentés ainsi :

- Ps.1= souche 1 de *Pseudomonas*.
- Ps.2= souche 2 de *Pseudomonas*.
- E.1= souche 1 d'*Erwinia*.
- E.2= souche 2 d'*Erwinia*.
- Act.1= souche 1 d'*Actinomycète*.
- Act.2= souche 2 d'*Actinomycète*.

- 02 traitements pour l'espèce fongique utilisée *Trichoderma harzianum* (Tri.1), pour laquelle, 03 méthodes ont été testés, et 04 répétitions par méthode et par traitement ont été réalisés. Le nombre et le type de traitements réalisés est résumé dans la figure 10.

### 3-6- Techniques de confrontation *Z. tritici* / agents antagonistes :

Les méthodes utilisées pour la confrontation sont décrites comme suit :

#### a- Méthode 1 : Méthode de confrontation directe :

Cette méthode consiste à déposer dans des boîtes de Pétri contenant 15 ml de milieu «PDA» deux pastilles gélosées (6 mm de diamètre), l'une portant l'agent pathogène (*Z. tritici*) et l'autre l'agent antagoniste. Les deux pastilles sont placées suivant un axe diamétral à 3.5 cm et à équidistance du centre de la boîte (Fig.11) ; les repiquages sont effectués en même temps (Mpika *et al.*, 2009).

Cette méthode a été effectuée pour les 2 souches d'Actinomycètes, et *Trichoderma harzianum*.

#### b- Méthode 2 : (contacte directe).

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. En suite, déposer au centre de la boîte une pastille gélosée (6 mm de diamètre) portant l'agent antagoniste (Fig.12). (Ghomari, 2009).

Cette méthode a été effectuée pour les 2 souches d'Actinomycètes et *T. harzianum*.

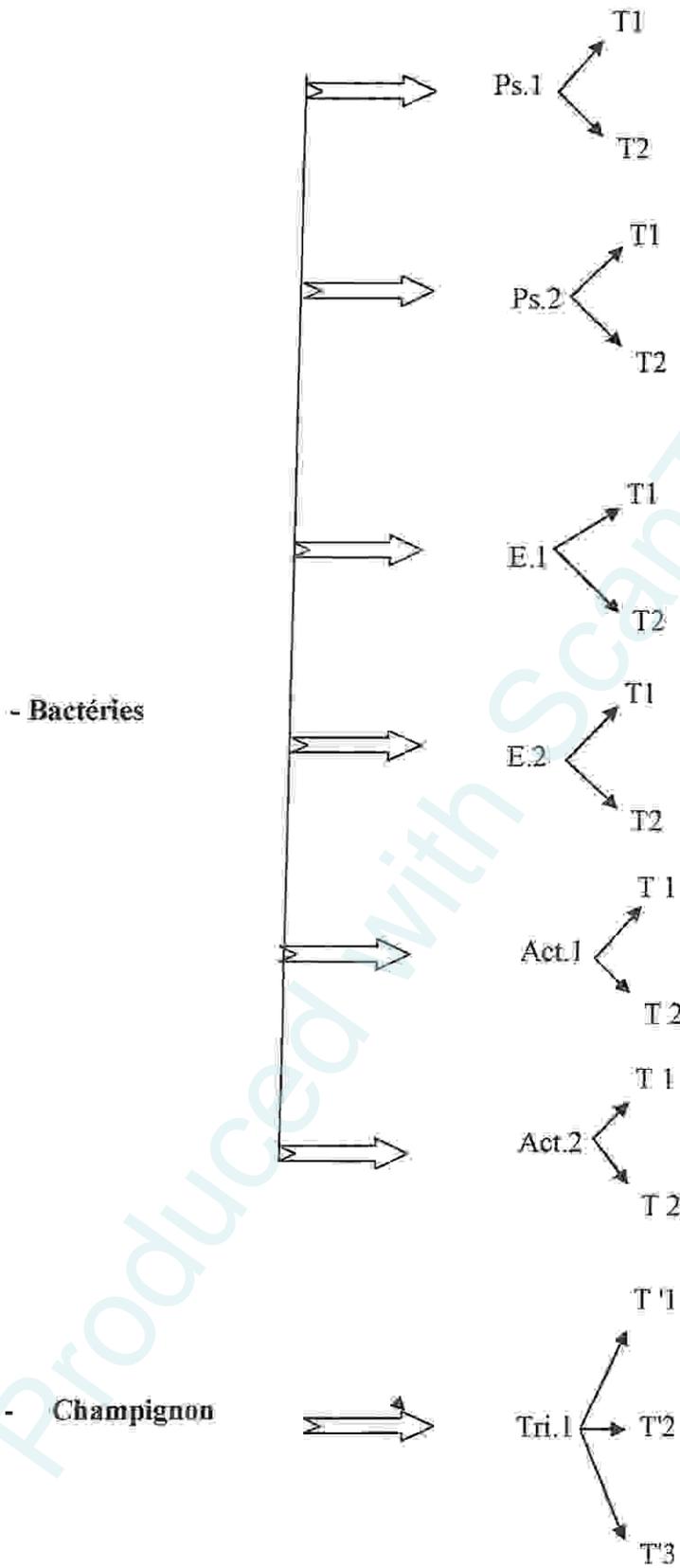


Figure 10 : Bilan des traitements utilisés.

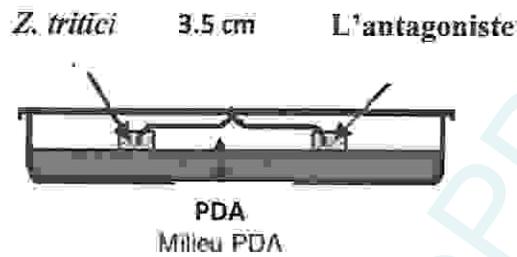


Figure 11 ; confrontation équidistance de *Z. tritici* et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA (Ghomari, 2009).

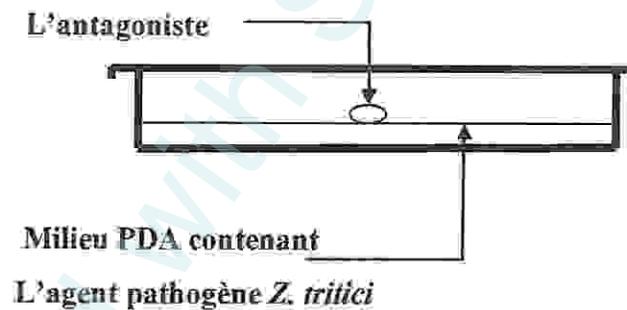


Figure 12 : confrontation de *Z. tritici* et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA par la méthode 2 (Ghomari, 2009).

**c- Méthode 3 : (contacte directe).**

Cette méthode consiste à prendre un fragment de l'agent pathogène (*Z. tritici*) et faire un ensemencement sur toute la surface de la boîte, ensuite on prépare une suspension bactérienne, en prenant 1 à 2 colonies dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée stérile, les tubes sont bien agités au Vortex puis à l'aide d'écouvillons stériles faire deux traits (segments) parallèles sur la colonie de l'agent (Fig.13 a) . Un traitement supplémentaire consistant à une confrontation par cette

même méthode, en inversion (Fig.13 b) : ensemencement de la bactérie sur toute la boîte + deux traits (segments) parallèles sur la colonie bactérienne de l'agent pathogène, a été également effectué (Ghomari, 2009).

Cette méthode a été effectuée pour les 2 souches de *Pseudomonas* et les deux souches d'*Erwinia*.

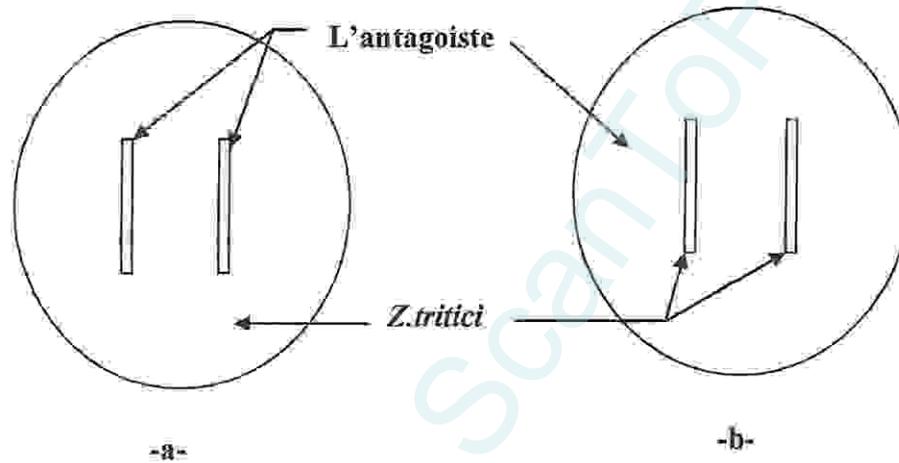


Figure 13 (a et b): confrontation de *Z. tritici* et L'agent antagoniste par contact direct sur milieu PDA par la méthode 3 (Ghomari, 2009).

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

Cette technique consiste à prendre deux boîtes de Pétri, contenant du milieu PDA, déposer au centre de l'une des boîtes une pastille de 8 mm de diamètre prélevée à partir de la colonie de l'agent pathogène et au centre de la deuxième boîte une pastille de mêmes dimensions de l'agent antagoniste. Les deux boîtes sont superposées de sorte à ce que la boîte inférieure contient l'agent antagoniste. Le dispositif formé des deux boîtes est scellé par une bande de parafilm de façon à éviter toute contamination et toute perte de gaz (Fig. 14) [6].

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

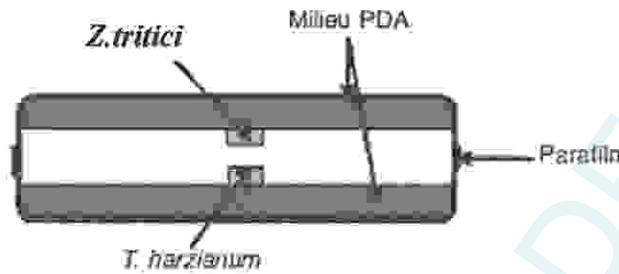


Figure 14 : confrontation à distance entre *M. graminicola* et *T. harzianum* (technique des substances volatiles ) (methode 4)[6].

L'ensemble des boîtes est placé dans les conditions de température et lumière ambiantes au laboratoire.

### 3-7- Lecture des boîtes :

L'effet antifongique des agents antagonistes est caractérisé par une inhibition partielle ou totale de la croissance radiale du champignon phytopathogène.

# *Chapitre 4*

## *Résultats et discussion*

Produced with ScantOPDF

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

Après une période de 4 à 6 jours de croissance sur milieu PDA, une masse fongique à croissance de type lémurien, de couleur rosâtre ou blanchâtre, caractéristique de *Mycosphaerella graminicola* se développe au niveau des boîtes (Fig. 15).



Figure 15 : *Zymoseptoria tritici* cultivé sur PDA (Photo personnelle).

Les observations réalisées au microscope optique ont montré que les pycnidiospores (fructifications asexuées) des *Zymoseptoria tritici* ont les mêmes caractéristiques signalées en bibliographie (Fig. 16).

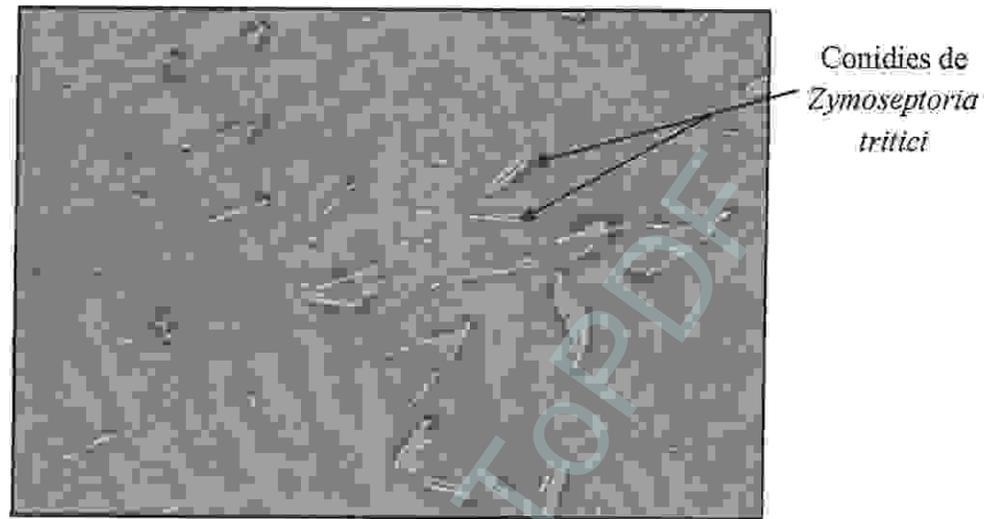


Figure 16 : conidies de *Z. tritici* observées au microscope optique (10 x 40 ; Photo agrandie) (Sabbar et Gouaidia,2013).

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

Les résultats relatifs aux différents tests de confrontation entre *Z. tritici* et les agents antagonistes testés dans cette étude sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Résultats des tests de confrontations de *Z.tritici* x Agents antagonistes.

Traitements		Résultats	
		Antagoniste	<i>Septoria</i>
T1	<i>Ps.1</i> x <i>S. M1</i>	-	+
T2	<i>Ps.1</i> x <i>S. M2</i>	-	+
T3	<i>Ps.2</i> x <i>S. M1</i>	+	++
T4	<i>Ps.2</i> x <i>S. M2</i>	+	++
T5	<i>E.1</i> x <i>S. M1</i>	+++	+
T6	<i>E.1</i> x <i>S. M2</i>	+++	+
T7	<i>E.2</i> x <i>S. M1</i>	++	+
T8	<i>E.2</i> x <i>S. M2</i>	++	+
T9	<i>Tri.</i> x <i>S. M1</i>	+++	-
T10	<i>Tri.</i> x <i>S. M2</i>	+++	-
T11	<i>Tri</i> x <i>S. M3</i>	+++	-

T12	<i>Act.1</i> × <i>S. M1</i>	+++	+
T13	<i>Act.1</i> × <i>S. M2</i>	+++	++
T14	<i>Act.2</i> × <i>S. M1</i>	-	++
T15	<i>Act.2</i> × <i>S. M2</i>	-	++

(+): faible croissance.

(++): Croissance importante.

(-) : pas de croissance.

(+++): Croissance très importante.

#### 4-2-1- *Z. tritici* × *Pseudomonas* sp.

Les résultats obtenus du test de confrontation de *Z. tritici* avec les deux souches de bactéries du genre *Pseudomonas* ont montré que pour la souche *Pseudomonas 1*, une très faible croissance de la bactérie a été observé dans toutes les boîtes préparées par les deux méthode, par rapport à *Z. tritici* ; ceci peut être attribué à la nature du milieu de culture utilisé (PDA) qui convient peu ou pas, selon certains auteurs, à la croissance de certaines espèces de bactéries du genre *Pseudomonas* (Fig.17 et 18 ).

Cependant pour la souche *Pseudomonas 2*, une croissance modérée de la bactérie a été notée dans les différentes boîtes, et pour les deux méthodes (Fig. 19).

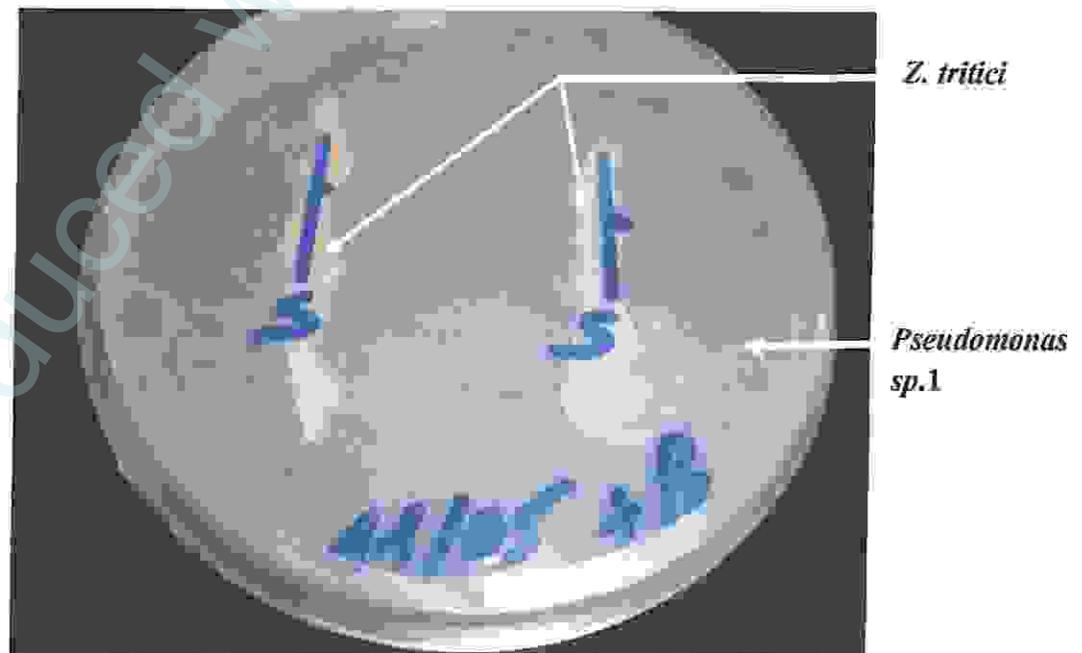


Figure 17 : Croissance de *Z. tritici* en présence de *Pseudomonas* sp.1

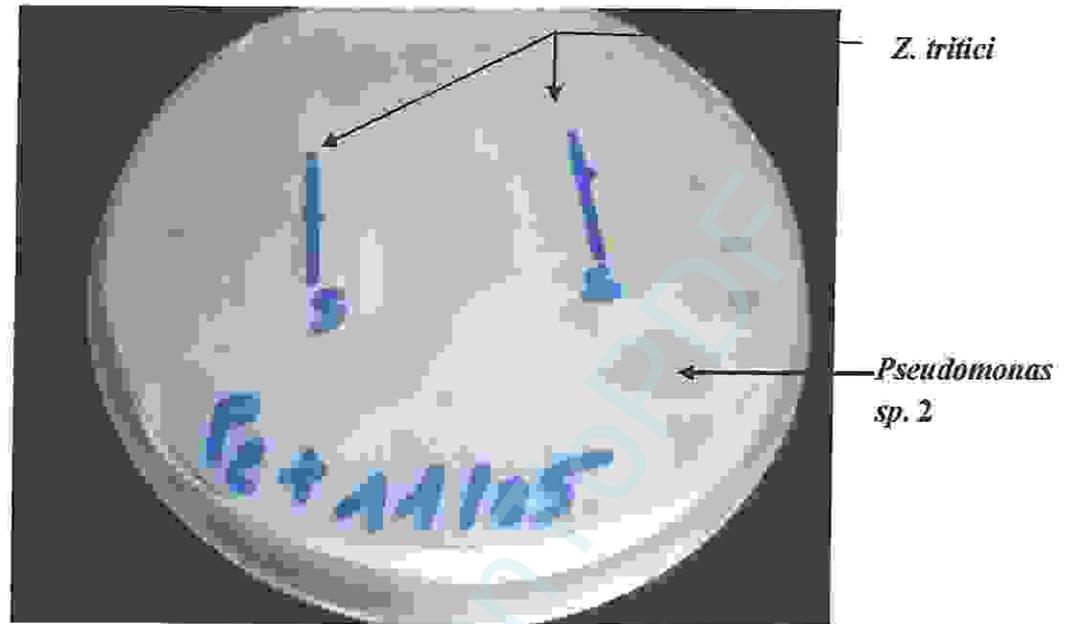


Figure18 : Croissance de *Z. tritici* en présence de *Pseudomonas sp. 2*

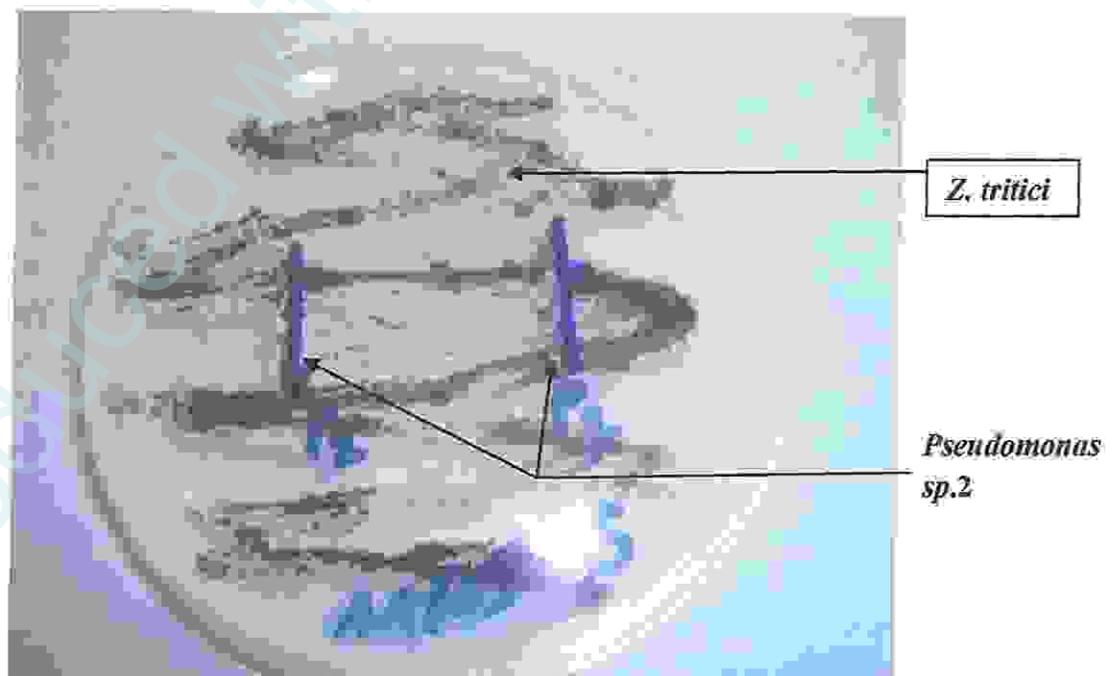


Figure 19 : Croissance de *Z. tritici* en présence de *Pseudomonas sp. 2*  
Testée par la méthode 3 (Photo personnelle)

Cependant, plusieurs auteurs révèlent que des bactéries du genre *Pseudomonas* ont montré des effets d'antagonisme avec *Z. tritici*. (Levy et al.,1988 ; Allaire, 2005 et Steven *et al.*, 2008 ).

#### 4-2-2- *Z. tritici* x *Erwinia* sp.

Les résultats obtenus révèlent que la confrontation de *Z. tritici* avec les deux souches de bactéries du genre *Erwinia*, a engendré un ralentissement voire même inhibition de la croissance de *Z. tritici*, et ce pour les deux souches d'*Erwinia* testées (Fig 20 et Fig 21 )

La figure 20 montre que la croissance de *Z. tritici* était très faible en présence de la souche 1 d'*Erwinia* sp. , testée par la méthode 3 (b).

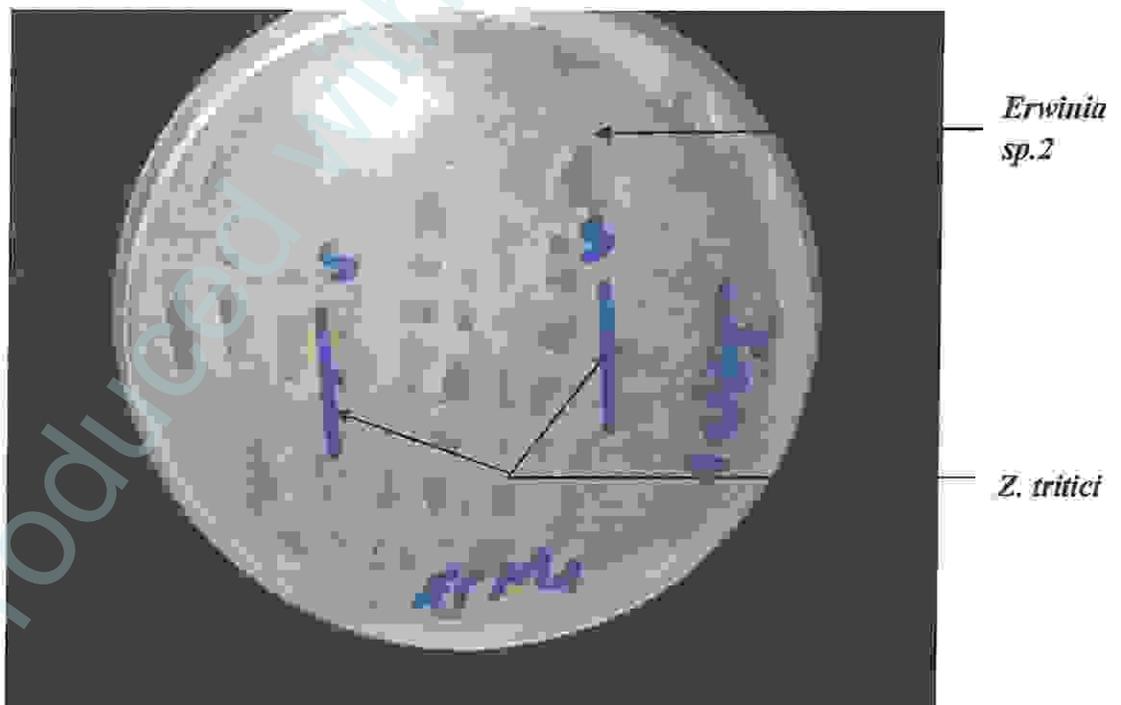


Figure 20 : Croissance de *Z. tritici* en présence de la souche d'*Erwinia* Testée par la méthode 3 (b), (Photo personnelle).

Des résultats similaires sont représentés par la figure 21, où on remarque la présence d'une zone d'inhibition au voisinage de la zone d'interaction entre *Z. tritici* et la souche 1 d'*Erwinia sp.*, testée par la méthode 3 (a).

Cependant cette zone d'inhibition est légèrement réduite pour la souche 2 d'*Erwinia* (Fig. 22 ), en comparaison avec la zone engendrée par la souche 1.

Nous tenons à signaler que plusieurs travaux ont montré l'effet antagoniste de beaucoup d'espèces de bactéries sur *Z. tritici*, mais aucune donnée n'est actuellement disponible sur l'effet des bactéries du genre *Erwinia* sur *Z. tritici*.

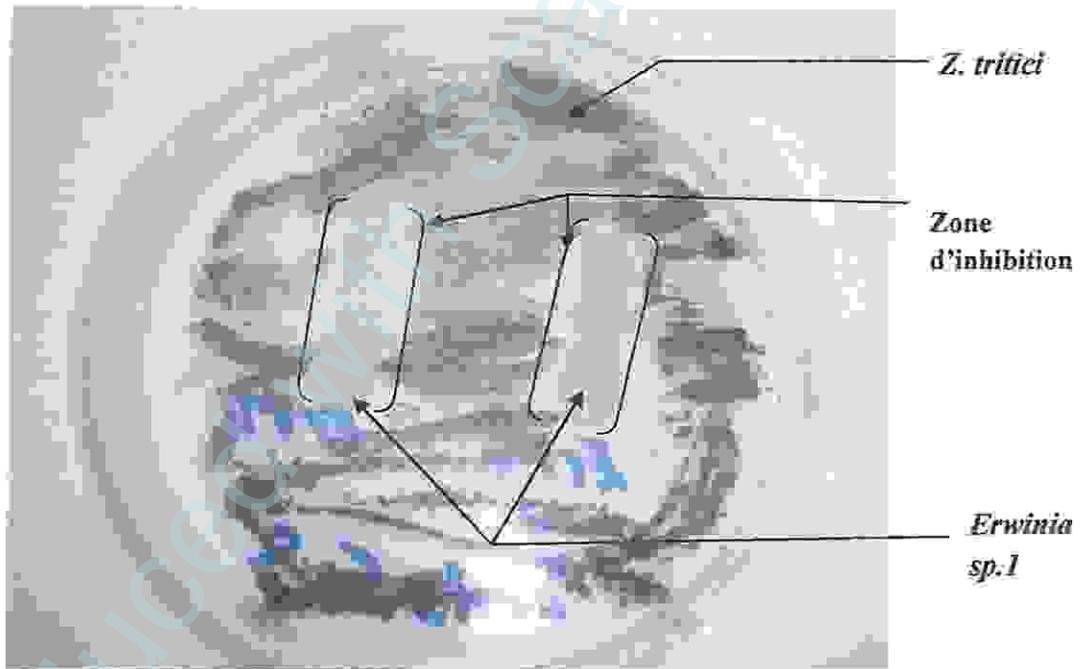
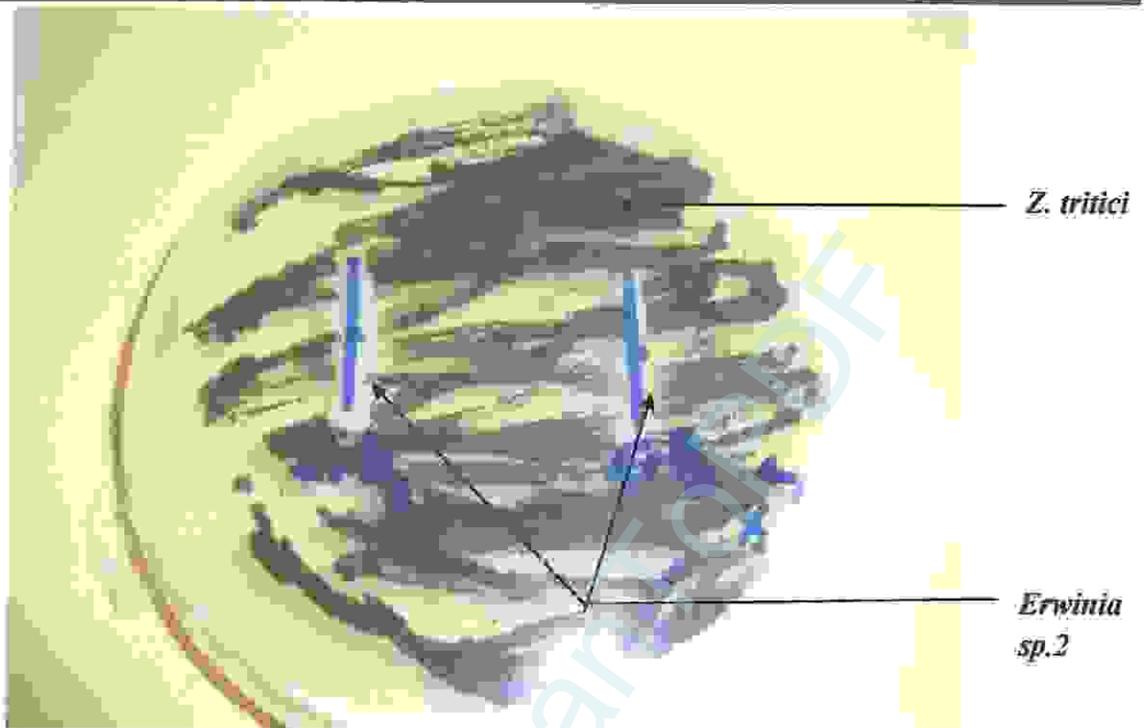


Figure 21 : Croissance de *Z. tritici* en présence de la souche 1 d'*Erwinia*  
Testée par la méthode 1 (Photo personnelle)



**Figure 22 : Croissance de *Z. tritici* en présence de la souche 2 d'*Erwinia*  
Par la méthode 3 ( a ) (Photo personnelle).**

#### **4-2-2- *Z. tritici* x Actinomycètes.**

Les résultats obtenus à partir de ce test de confrontation ont montré que, pour la souche 1 (Notée T14), la croissance de la bactérie était très faible, et aucun effet d'antagonisme n'a été noté entre cette bactérie et *Z. tritici*. (Fig. 24), les résultats étaient très proches du témoin (Fig. 23).

Par contre, pour la souche 2 d'Actinomycètes (Notée T10), les résultats ont montré que l'effet d'antagonisme entre cette souche et *Z. tritici* était très remarquable, et une zone d'inhibition très franche est notée au voisinage de la zone d'interaction entre les deux antagonistes (Fig. 25 ).



**Figure 23** : Boîte témoin montrant la croissance de *Z. tritici* après 15 jours de croissance sur milieu PDA (Photo personnelle).

Produced with Scantopdf

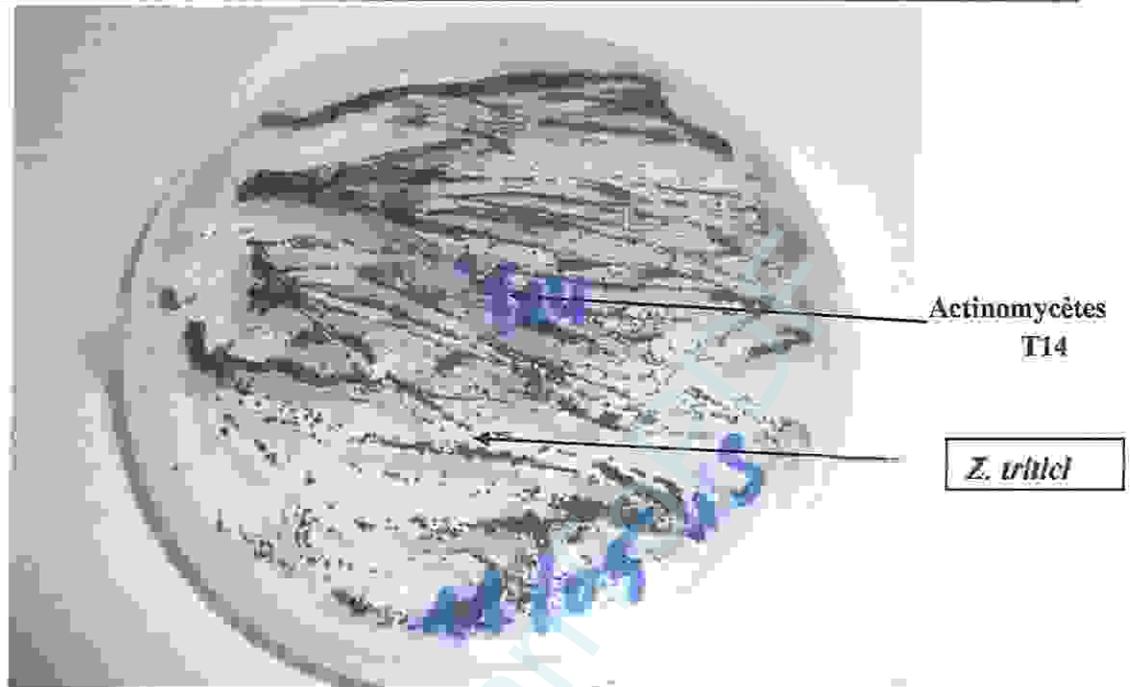


Figure 24 : Croissance de *Z. tritici* en présence de la souche T14 d'Actinomycètes testée par la méthode 2 (Photo personnelle).

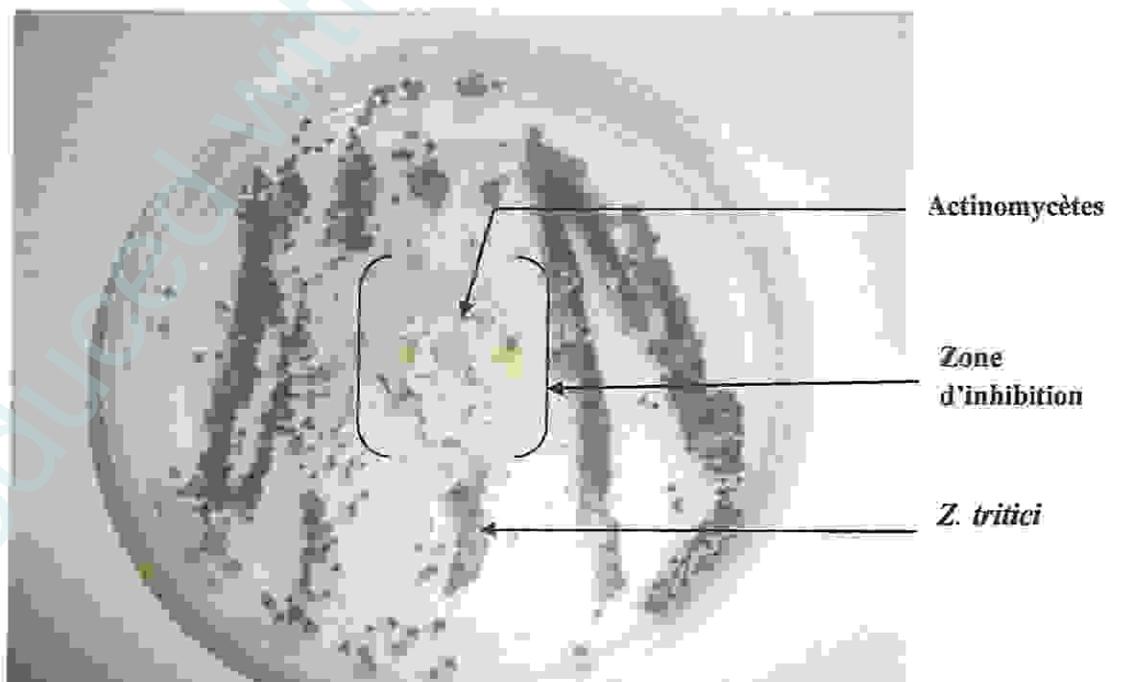


Figure 25 : Croissance de *Z. tritici* en présence de la souche T10 d'Actinomycètes testée par la méthode 2 (Photo personnelle).

La différence de l'effet d'antagonisme, notée entre les deux souches d'Actinomycètes à l'égard de *Z. tritici*, peut être attribuée selon Harir (2010) aux substances actives secrétées par les différents isolats d'Actinomycètes, qui sont très dépendantes de la nature du milieu de croissance, d'où plusieurs chercheurs ont signalé que la nature de ces substances, impliquées dans le pouvoir inhibiteur, et la production d'antibiotiques, par ces bactéries, varie considérablement avec la composition en nutriments du milieu.

#### 4-2-3- *Z. tritici* x *Trichoderma harzianum*

Dans les boîtes où le test est réalisé par la méthode de confrontation directe (Méthode 1), nous avons noté qu'après sept jours de croissance, *Trichoderma harzianum* a envahi toute la boîte, alors que la croissance de *Z. tritici* était négligeable (Fig. 26 ).

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 également 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* dans ces boîtes, ce qui laisse supposer que, les métabolites volatils libérés par les souches de *T.harzianum* dans le milieu de culture inhibent la croissance de *M. graminicola* (Fig. 27 ).

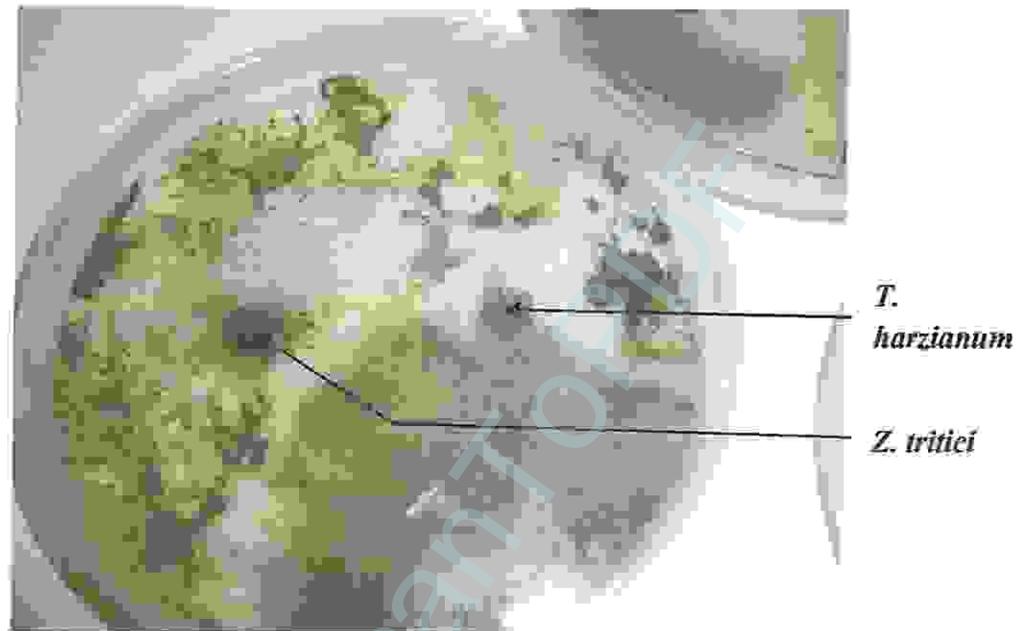


Figure 26 : Croissance de *Z. tritici* en présence de *Trichoderma harzianum* testée par la méthode 1 (Photo personnelle)

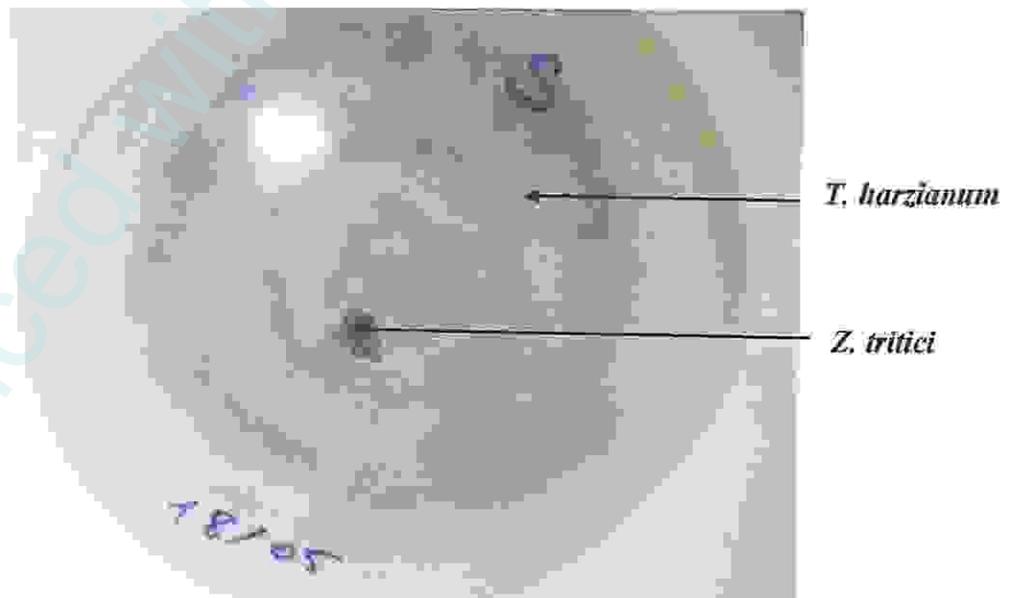


Figure 27 : Croissance de *Z. tritici* en présence de *Trichoderma harzianum* testée par la méthode 4 (Photo personnelle)

# Conclusion

Produced with ScantOPDF

## Conclusion :

Dans le but de limiter les dégâts causés par les agents de septorioses chez le blé, notamment la tache septoriënne des feuilles causée par le champignon ascomycète *Zymoseptoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, les différentes méthodes de lutte contre les agents phytopathogènes sont intégrées dans les programmes de contrôle phytosanitaire du blé.

La lutte chimique portant sur l'utilisation de fongicides devient de plus en plus moins efficace contre ce pathogène, qui se caractérise par une grande diversité génétiques et des potentialités très élevées d'adaptation aux contraintes du milieu, notamment , la présence de variétés d'hôtes résistantes, ou la confrontation à des fongicides; ceci a rendu difficile, de trouver des molécules de pesticides efficaces, et dont l'efficacité ne peut pas être contourné par les populations de ce pathogène.

Toutes ces contraintes, qui peuvent s'opposer à la réussite du programme de lutte, qui repose plus particulièrement sur la lutte chimique, ont incité les chercheurs à développer d'autres moyens de luttés, plus ou moins efficaces et persistantes, notamment la lutte biologique.

La lutte biologique, basée surtout sur l'utilisation de microorganismes antagonistes à *Z. tritici*, a attiré l'attention de plusieurs chercheurs, qui ont montré que certains champignons et certaines bactéries possèdent un pouvoir inhibiteur à l'égard de ce pathogène.

Notre étude qui vient contribuer à la recherche des microorganismes antagonistes à ce pathogène, a porté sur 02 souches de bactéries du genre *Pseudomonas*, 02 souches de bactéries du genre *Erwinia*, 02 souches de bactéries du group des Actinomycètes, et une espèce fongique, *Trichoderma harzianum*.

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

\* Pour les souches de *Pseudomonas* sp. testées, la croissance de l'agent antagoniste était faible et l'effet inhibiteur n'a été que légèrement observé pour la souche 2, et la croissance des deux souches bactériennes est considérée comme négligeable, ceci a été attribuée à la nature du milieu de culture utilisé, qui a été

probablement moins favorable à la croissance des souches de *Pseudomonas* sp. Certains travaux réalisés dans ce contexte ont utilisé le milieu King B (KMB).

\* Les souches d'*Erwinia*, ont montré un résultat satisfaisant, et la zone d'inhibition était très remarquable, notamment pour la souche 2 (Notée D2).

\* Pour les souches d'actinomycètes, un effet inhibiteur remarquable a été noté pour la souche T14, à l'égard de *Z. tritici*,

\* Le test de confrontation de *Trichoderma harzianum* X *Z. tritici*, a montré que l'agent antagoniste a envahi tout le milieu de culture, alors que la croissance de *Z. tritici* était faible voire même nulle, comparativement au témoin.

A la lumière de ces résultats, qui ne peuvent être considérés que comme résultats préliminaires, nous pouvons conclure que les différentes souches testées peuvent être utilisés dans le contrôle biologique de *Z. tritici*, notamment la souche d'*Erwinia* (D2), la Souche d'Actinomycète (T14) et *Trichoderma harzianum*.

Cependant les résultats obtenus à travers ces tests doivent être confirmés par des travaux complémentaires, en prenant en considération, la nature du milieu utilisé pour la culture, qui doit être conforme à la croissance des deux antagonistes (agent pathogène et agent de lutte biologique). Des études portant sur d'autres agents de lutte biologiques, et d'autres agents pathogènes sont à envisager.

## Résumé :

La septoriose est la maladie la plus dommageable du blé, *Mycosphaerella graminicola* et *Zymoseptoria tritici* sont les deux formes du champignon responsable de cette maladie. La première est la forme sexuée, la seconde est la forme asexuée. Ce champignon provoque souvent de fortes diminutions du rendement. Le contrôle de cette maladie peut se faire par certaines méthodes de lutte ; la lutte biologique constitue une des solutions alternatives qui permettront de lutter contre cet agent.

Ce travail, vient contribuer à la recherche d'agents de lutte biologiques pouvant être utilisés dans le contrôle de *Z. tritici*. L'étude a porté sur des souches de *Pseudomonas sp.*, d'*Erwinia sp.*, d'Actinomycètes et *Trichoderma harzianum*, et a consisté à l'étude du pouvoir inhibiteur de ces souches à l'égard de ce pathogène du blé.

Les résultats obtenus ont montré un effet d'antagonisme plus ou moins important pour 01 souche d'*Erwinia*, une souche d'actinomycète ainsi que la souche fongique *T. harzianum*, à l'égard de *Z. tritici*.

**Mots clés :** blé, *Mycosphaerella graminicola*, lutte biologique, *Trichoderma harzianum* Actinomycètes, *Pseudomonas*, *Erwinia*.

## Abstract :

*Septoria tritici* blotch, is the most damaging disease of wheat, *Mycosphaerella graminicola* and *Zymoseptoria tritici* are two forms of the pathogen . The first is the sexual form; the second is the asexual form. This fungus often causes strong decreases in yield. The control of this disease can be done by several methods; biological control is one of the alternatives that will be efficacy against this fungus.

This work comes to give further information for biological control agents that can be used in the control of *Z. tritici* . The study focused on strains of *Pseudomonas* sp., *Erwinia* sp., Actinomycetes and *Trichoderma harzianum* , and consist to the study of inhibitory potency of these strains against this pathogen of wheat.

The results obtained have shown an effect of antagonism more important for 01 strain of *Erwinia*, a strain of Actinomycete and the fungal strain *T. harzianum*, against *Z. tritici*.

**Keyword (s):** Wheat, *Mycosphaerella graminicola*, biocontrol, *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, Actinomycetes.

Produced with ScanTopdf

## المخلص

التبغ السببوري هو مرض يصيب القمح و ينجم عنه اضراراً فادحة ، و للفطر المسبب لهذا المرض شكلين مختلفين : الأول هو *Mycosphaerella graminicola* ويمثل الشكل الحسي ، أما الشكل الثاني فهو *Zymoseptoria tritici* ويمثل الشكل اللاجنسي . و هذا الفطر يسبب غالباً انخفاضاً كبيراً في المحاصيل .

وتتم السيطرة على هذا المرض بأساليب مختلفة من المكافحة، وتعتبر المكافحة البيولوجية واحدة من هذه الأساليب التي من شأنها القضاء على هذا المرض وذلك باستعمال عينات مختلفة من السلالات .

ارتكزت هذه الدراسة على معرفة خصائص العامل الممرض *tritici* و المواجهة بينه وبين العوامل المستعملة في المكافحة البيولوجية منها : *Trichoderma harzianum* ، *Actinomycetes* ، *Pseudomonace* و *Erwinia* . و هذا بالاعتماد على نتائج الاختبارات الميكروبية (*in vitro*) للمواجهة

على ضوء النتائج المتحصل عليها من خلال مختلف تقنيات المجازة لعدد الأصناف التي أظهرت تأثير ملحوظ ضد *M. graminicola* و هي كالتالي : *T. harzianum* ، عينة من *Actinomycetes* و عينة من *Erwinia*

الكلمات المفتاحية : القمح ، *Mycosphaerella graminicola* ، المكافحة البيولوجية ، التضاد ، *Trichoderma harzianum* ، *Actinomycetes* ، *Pseudomonace* ، *Erwinia* .

*Références  
bibliographiques*

Produced with ScantOPDF

## Références bibliographiques

### A

**Allaire M.**, 2005 : diversité fonctionnelle des *Pseudomonas* producteurs d'antibiotiques dans les rhizosphères de conifères en pépinières et en milieu naturel , option : microbiologie agricole, Université LAVAL QUÉBEC :79p

**Allioni N.; Siah A.; Brinis L.; Reignault P. et Halama P.**, 2014. Mating type distribution provides evidence for sexual reproduction of *Mycosphaerella graminicola* in Algeria. Canadian Journal of Plant pathology. Volume 36 (4): 475-481.

**Amkraz N.**, 2013 : Utilisation des *Pseudomonas spp* fluorescents et des plantes aromatiques et médicinales contre *Clavibacter michiganensis* sub sp *michiganensis* agent du chancre bactérien de la tomate, thèse doctorat, option : phytopathologie, université Ibn Zohr Agadir : 212P.

**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 : 6-27.

**Aouar L.**, 2012 : Isolement et identification des *Actinomycètes* antagonistes des microorganismes phytopathologies, thèse de doctorat option : sciences en biochimie et microbiologie appliquées, Département de biochimie et microbiologie, université Mentouni Costantine : 201P.

**Ayad D., Sayoud R., Benbelkacem A/K et Bouznad Z.**, 2014 : la tache septorienne du blé : première signalisation de la présence en Algérie des deux mating types du téléomorphe *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroter, (anamorphe : *septoria tritici* Rob ,ex Desm.) et diversité phénotypique de l'agent pathogène. Nature et technologie : 34-45

### B

**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 ,mémoire de magister ,option :Intérêt des microorganismes en agroalimentaire , Département de biotechnologie , université d'Oran Es Senia :167p.

**Berber F., Ouazzani Touhami A., Badoc A. et Douira A.**, 2013 :Antagonisme in vitro et in vivo de deux *Trichoderma* a' l'égard de quatre espèces de *Bipolaris* pathogènes sur le sorgho. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148 :93-114

**Bounouoa M.**, 2008 : Essais d'utilisation des *Pseudomonas spp* et *Bacillus spp* dans le bio contrôle de *Fusarium oxysporum fsp lycopersici* sur tomate et *Verticillium dahliae* sur l'olivier, mémoire de magister en biotechnologie .option : intérêt de microorganismes en agriculture et en agroalimentaire, Département de biotechnologie, université d'Oran : 61p.

## D

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

## E

**Esquirol L.**, 2012: Comment coupler les observations et prédictions pour améliorer les prédictions d'épidémie de septoriose sur le blé. Mémoire de fin d'études d'ingénieur de l'institut supérieur des sciences agronomiques. option: sciences agronomiques agroalimentaires .institut du végétal IBP université paris:62p

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

## 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

**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, mémoire doctorat, option : agronomiques et écologiques .institut des sciences et technologies paris :131 p.

## H

**Hammana Z et Mars B.**, 2014 : contribution à l'étude des maladies du blé en 2013/2014 au niveau de l'Est Algérien, mémoire de Master, option: Phytopathologie Phytopharmacie, département d'écologie et génie de l'environnement, université GUELMA 8 MAI 1945 :61p

**Harir M .,** 2010 : Effets antagonistes entre les souches d'*Actinomycètes* et *Verticillium dahliae* kléb agent de la verticilliose de l'olivier, mémoire de magister option : intérêt des microorganismes en agriculture et en agro-alimentaire, Département de biotechnologie, université d'Oran : 78

**Hennouni N.,** 2012: Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330), thèse de doctorat option: Toxicologie Cellulaire, Département de biologie, université Badji Mokhtar Annaba :107p

## J

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

## K

**Kildea S., Ransbotyn V., Khan M., Fagan B., Leonard G., Mullins E. et Doohm F.,** 2008 :*Bacillus megaterium* shows potential for the biocontrol of *Septoria tritici* blotch of wheat, *Biological control* 47 : 37-45.

## L

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

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

## M

**Meyer J Y .,** 2002 : la lutte biologique contre les espèces introduites envahissantes : solution miracle ou méthode risquée. Fiche technique : 16p.

**Mezaache S .,** 2012 : localisation des déterminants de la suppression de quelques souches de *Pseudomonas* isolées de la rhizosphère de la pomme de terre, thèse doctorat, option : microbiologie, Université Ferhat ABBAS Sétif: 128p.

**Mpika J ; Kebe I. B. ; Druzhinina I. S. ; Komon-Zélazowska M. ; Kubicek C. P. et Ake S.,** 2009 : Inhibition de *Phytophthora polimivora* , agent de pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Coté d'Ivoire , par *Trichoderma spp* , sciences & Nature vol,6N :49-62.

**N**

**Nadjm K .**, 2012: Confrontation à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en Régions semi-arides. Mémoire de MAGISTER. option : Production Végétale et Agriculture de Conservation, Université Ferhat Abbas Sétif : 95p

**S**

**Sabbar et Ghouaidia.**, 2013 : Caractérisation de quelques isolats de *Septoria tritici* agent de la septoriose du blé , Mémoire de MASTER, option : phytopathologie et phytopharmacie Université Guelma 8 MAI 1945 :37p.

**Sebei A.**, 2009 : Contribution à l'étude de la variabilité de la résistance à la septoriose chez le blé dur et la virulence chez *Septoria tritici*. Conséquences sur le rendement. Thèse de doctorat. INAT (Tunis), option : Agronomie et Amélioration des Plantes : 136p.

**Selim S.**, 2010 : la septoriose du blé. Projet pathologie végétale promotion :151p .

**Siah A.**, 2009 : Distribution et polymorphisme des *mating types*, variabilité du pouvoir pathogène et résistance aux strobilurines au sein d'une population française de *Mycosphaerella graminicola*, agent de la septoriose du blé, Thèse de Doctorat en Ingénierie des Fonctions Biologiques, Université du Littoral Côte d'Opale, France : 279p

**Somai L.**, 2008 : Efficacité et limites de l'utilisation des fongicides dans le contrôle de la septoriose de blé, Mémoire de Projet de fin d'Etude de cycle ingénieur, Option: phytiairie, Département : de protection des plantes et des maladies post-récoltes, université 7 Novembre de Carthage : 2-9

**Z**

**Zahri S. ; Farih A. ; BadocA. et Douira A.**, 2008 : importance des septorioses dans les champs de blé marocains. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 147 :29-38

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

## Les sites

[1] : <https://plantevaermonline.dlbr.dk/cp/Graphics/Name.asp?id=djf&Language=en-la&TaskID=4&NameID=226> . (Consulté le : 19/03/2015)

[2] : <http://www.quick-agro.fr/2014-09-25-08-52-27/maladies/42-septoriose-de-l-epi.html>  
(Consulté le : 19/05/2014)

[3] : <http://monindependancefinanciere.com/lencyclopedie/seccion-m/mycosphaerella-graminicola.php> (Consulté le : 14/03/2015)

[4] : [http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/plugins/WMS\\_BO\\_Gallery/page/getElementStream.jsp?id=23879&prop=file](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.jsp?id=23879&prop=file) (Consulté le : 24/12/2014)

[5] : [http://www.ulb.ac.be/inforsciences/qdjesera/coccinelle/lutte/lutte\\_bio\\_desc.pdf](http://www.ulb.ac.be/inforsciences/qdjesera/coccinelle/lutte/lutte_bio_desc.pdf)  
(Consulté le : 20/12/2014)

[6] : <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1442> . (Consulté le : 18/05/2015)

Produced with ScanTopDF

# *Annexe*

Produced with ScantOPDF

**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

**2- Principaux types de septorioses des céréales :**

-Tache septorienne des glumes :

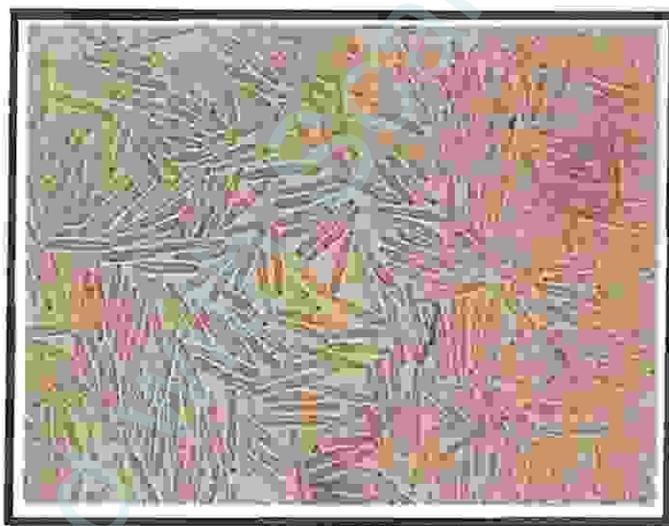


Figure 1 : conidies de *S. nodorum* (10 x 40)

-Tache septorienne des feuilles d'avoine, de blé et de triticale :



Figure 2 : conidies de *S. avenae* (10 x 40)

-Tache foliaire septorienne de l'orge :



Figure 3 : conidies de *S. passerinii* (10 x 40)

-Tache ascochytiqne :

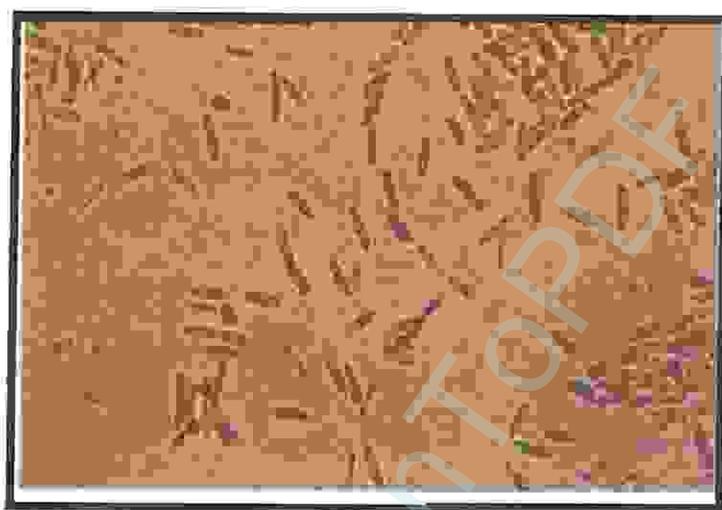


Figure 4 : conidies d'un variant *Ascochyta graminicola* à petites conidies trouvées sur avoine (10 x 40)

Produced with ScanTopDF