

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 :
**Caractérisation de quelques isolats de *Septoria tritici*
agent de la septoriose du blé**

Présenté par :

Sabbar fatima zohra
Gouaidia zahra

Membres du jury:

- Président : M^{me}. Ouchtati N. (MAA. Université de guelma)
- Examineur : Mr. Si Mohammed A./S. (MAB . Université de guelma)
- Encadreur : M^{elle}. Alloui N. (MAA. Université de guelma)

Juin 2013

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 sommes honorés à notre encadreur :

Melle Alliouí N., qui nous a fait preuve d'une grande patience et qui 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 Mme Ouchtati N. qui nous fait l'honneur de présider le jury.*
- A Monsieur Si Mohammed A./S. pour avoir accepté de juger ce travail, ainsi que 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.*

Nos remerciements les plus sincères vont aussi à Hakíma et Najah, techniciennes 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.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A la prunelle de mes yeux, celle qui m'a soutenu jour
et nuit Pourquoi elle me voit toujours au sommet et
comme une étoile Filante : A toi ma chère mère
(Salîha).*

*A vous mes chers parents, A mes sœurs et frères.
A tous ceux que j'aime.*

Fatima

Je dédie ce travail à :

*A ma très chère mère, dont aucun mot n'est assez fort
et suffisant pour exprimer l'amour que je lui avoue,
c'est à elle que je dois tout et qui sera toujours pour moi
un exemple de réussite et de courage, je lui témoigne
mon affection profonde en reconnaissance de tout ce
qu'elle a fait pour moi.*

Pour l'ame pure de mon père que Dieu le blesse

*A mes sœurs (Imane, Sihem) et mon frère (Billel), pour le
soutien et l'estime qu'ils portent à ma modeste personne*

Fahra

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>Septoria nodorum</i> , forme sexuée : <i>Phaeosphaeria nodorum</i>).....	4
1-2-2- Septoriose des feuilles : (<i>Septoria tritici</i> – <i>Mycosphaerella graminicola</i>).....	7
1-2-2-1- Taxonomie.....	7
1-2-2-2- Biologie.....	8
1-2-2-3- Processus d'infection.....	12
1-2-2-4- Symptômes.....	14
1-2-2-5-Conditions favorables au développement de la maladie.....	16
1-2-2-6-Effets de la septoriose sur la physiologie et le rendement du blé.....	18
1-2-2-7-Les méthodes de lutte contre la septoriose.....	19

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2-1- Origines des souches de <i>Septoria tritici</i>	22
2-2- Isolement des souches.....	23
2-2-1- Préparation des échantillons.....	23
2-2-2- L'isolement des souches monospores.....	23
2-3- Caractérisations des souches.....	24
a- Caractérisation macroscopique.....	25
b- Caractérisation microscopiques.....	25

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

3- Caractérisation du champignon agent causal de la septoriose des feuilles chez le blé (<i>Septoria tritici</i>).....	26
3-1- Observations macroscopiques.....	27
3-1-1- Aspects culturaux des souches.....	27
3-1-2- Mode et vitesse de croissance des souches.....	31
3-2- Observations microscopiques.....	32
Conclusion.....	37
Résumé	
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Principaux types de septorioses des céréales	5
2	Taxonomie de l'agent causal de la septoriose du blé	8

Liste des figures

N°	Titre	Page
1a	Symptômes de <i>Septoria nodorum</i> sur les feuilles	6
1b	Symptômes de <i>Septoria nodorum</i> sur l'épi	6
2	Fructifications asexuées de <i>Septoria tritici</i>	9
3	Cycle d'infection de <i>Septoria tritici</i> / <i>Mycosphaerella graminicola</i>	9
4	Cirrhe grise (pycnidiospores) sortant des pycnides au niveau des nécroses septoriennes sur les feuilles de blé	11
5	Passage des tubes germinatifs à travers les stomates des feuilles de blé	12
6	Taches typiques de septoriose sur le limbe	14
7	Taches de septoriose observées au binoculaire	14
8	Origine des souches de <i>septoria tritici</i>	20
9	Préparation des échantillons	21
10	Cirrhe grise sortant des pycnides sur une feuille de blé	22
11	Symptômes de la tache septorienne sur une feuille de blé	24
12	Culture monospore de <i>Septoria tritici</i> sur le milieu Sabouraud	25
13	Aspects cultureux des souches de <i>S.tritici</i> après 3 semaines de culture sur milieu PDA	26
14	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé dur de la région de Guelma (observée à la loupe binoculaire)	27
15	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé dur de la région d'Annaba (observée à la loupe binoculaire).	27
16	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Guelma (observée à la loupe binoculaire)	28
17a	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Skikda (observée à la loupe binoculaire)	28
17b	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Skikda (observée à la loupe binoculaire)	29
18	Culture de la souche de <i>S.tritici</i> isolée d'une feuille de blé tendre de la région d'Oran (observée à la loupe binoculaire)	29
19	Aspects cultureux de différentes souches de <i>S.tritici</i> Sur PDA et sur YSA	30
20	Conidies de <i>Septoria tritici</i> (10x40)	31
21	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé dur de la région de Guelma	32
22	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé dur de la région d'Annaba	32
23a	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé tendre de la région de Skikda (a)	33
23b	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé tendre de la région de Skikda (b)	33
24	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé tendre de la région de Guelma	34
25	Conidies de <i>Septoria tritici</i> observées au microscope optique (10 x 40). Isolât issu du blé tendre de la région d'Oran	34

Liste des abréviations :

f.sp.: forme spécialisée

U.V : ultra- violet

S. : *Septoria*

M. : *Mycosphaerella*

µm : Micromètre

T.aestivum: *Triticum aestivum*

T.durum: *Triticum durum*

m² : mètre carré

Kg/ha : kilogramme par hectare

ml :Millilitre

PDA: Potato Dextrose Agar

YSA : Yeast Sucrose Agar

mm :Millimètre

FAO: Food and Agriculture Organization

Introduction

Introduction :

Les céréales sont les premières plantes cultivées à être domestiquées. Ces plantes constituent l'alimentation de base d'une grande partie de la population du globe. Selon la FAO (2007) les céréales occupent au niveau mondial une superficie de 666,50 millions d'hectares et donnent une production annuelle de 2050,90 millions de tonnes [1].

En Algérie, le blé couvre chaque année une superficie très voisine d'un million et demi d'hectares, c'est la plus importante des céréales cultivées, puisque près de la moitié des emblavures lui sont consacrées. La production annuelle atteint en moyenne 7 à 8 millions de quintaux, mais peut, dans les mauvaises années, descendre au-dessous de 5 millions, et dans les bonnes années, approche 10 millions de quintaux [2].

Cependant, la production nationale en la matière n'assure que le tiers de la demande alimentaire de la population et le manque est comblé par des importations qui atteignent plus de 60 millions de quintaux, pour une facture de 3 milliards de dollars américains en 2008 (Smadhi *et al.*, 2009).

La faible production céréalière, particulièrement celle du blé, est due à plusieurs facteurs dont les plus importants sont : les pratiques culturales anciennes, les aléas climatiques et les attaques par les parasites et les ravageurs.

Parmi les agents pathogènes qui s'attaquent au blé, les champignons appartenant au genre *Septoria* provoquent des pertes considérables dans le rendement. La tache septoriënne des feuilles causée par le champignon ascomycète *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* est considérée parmi les maladies les plus redoutables pour la culture du blé en Algérie.

La septoriose affecte considérablement la physiologie de la plante et provoque des pertes de rendement pouvant atteindre 30% durant les années pluvieuses, en particulier lorsque les pluies de printemps persistent après l'émergence de la feuille drapeau (Danon *et al.*, (1982) in Zouid, 2008).

En Algérie peu de travaux sont réalisées sur cette maladie malgré son incidence et son impact sur les cultures de blé ; les moyens de lutte utilisés sont généralement d'ordre

chimique , mais quelques formulations seulement (Triazoles et Strobilurines) ont montré un certain degré d'efficacité ; cependant, l'apparition de souches résistantes à certaines matières actives utilisées nécessite une connaissance approfondie du parasite et des étapes clefs de son cycle de développement , en vue de trouver des modalités de lutte adéquates.

Cette étude vise à faire une caractérisation de quelques souches de *Septoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola* isolées sur les deux génotypes du blé (blé dur et blé tendre), en vue de décrire les caractéristiques spécifiques à cet agent pathogène, pour permettre aux étudiants et aux chercheurs désirant aborder cet axe de recherche, de faire une identification correcte, et éviter toute confusion possible avec les autres types de septorioses, de simili-septorioses ou autres types de taches foliaires.

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 pratique qui englobe, le matériel végétal utilisé, et les méthodes d'isolement de l'agent pathogène, dans un deuxième chapitre.
- En troisième chapitre nous avons présenté les résultats obtenus et les discussions.
- Et enfin, une conclusion et perspectives permettant de synthétiser les résultats, en fonction des données quantitatives et qualitatives.

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 *Septoria* possèdent plusieurs caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres genres de champignons pathogènes qui affectent les mêmes cultures:

- Les pycnospores (conidies) sont produites à l'intérieur d'un appareil fructigène fermé, presque sphérique, appelé pycnide.
- Les pycnides naissent enfoncées dans les tissus de l'hôte et à maturité elles émergent de l'épiderme. Les conidies sont extrudées en masse de l'ostiole de la pycnide. Cette masse de spores (cirrhe) est en général légèrement rosée à blanc jaunâtre.
- Les conidies sont filiformes ou cylindriques, de longueur et de largeur qui varient selon l'espèce. Elles sont droites ou courbées, hyalines, ont les bouts arrondis et comportent deux à quatre cloisons transversales.

Le tableau 1 résume les principaux types de septorioses des céréales et leurs symptômes.

1-2- Les septorioses du blé :

Lepoivre (2003) signale que la septoriose est la maladie foliaire majeure du blé, deux types de septoriose sont connus chez blé, et sont causées respectivement par *Septoria tritici*, forme sexuée : *Mycosphaerella graminicola* et *Septoria nodorum* (*Stagonospora nodorum*), forme sexuée : *Phaeosphaeria* (*Leptosphaeria*) *nodorum*.

Ces champignons provoquent des taches foliaires brunes et peuvent entraîner des baisses de rendement importantes [1].

1-2-1- La septoriose de l'épi : *Septoria nodorum* / *Phaeosphaeria nodorum*

- Symptômes

Ils se manifestent aussi bien sur le feuillage, les gaines des feuilles, les nœuds, que sur les glumes et les graines des épis[2].

Selon Ezzahiri (2001) :

Sur les feuilles, il se forme des tâches ovales ou lenticulaires brunes. Elles peuvent être entourées d'une chlorose ou jaunissement périphérique ; lorsque ces tâches sont abondantes sur une feuille, elles se rejoignent pour former de grandes plages nécrotiques (Fig. 1a). 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 est 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. 1b). Les grains atteints présentent des colorations brunes ou des symptômes d'échaudage [2].

Tableau1: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.avenaef.sp. triticea</i> , celles sur l'avoine, <i>S.avenaef.sp. avenae</i> et celles sur le seigle, <i>S.avenae f.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.

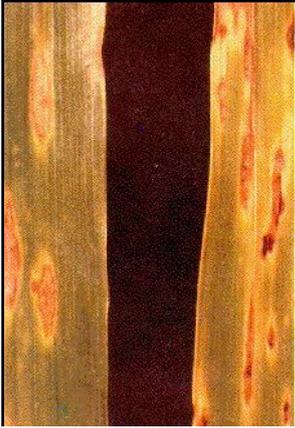


Figure 1a : Symptômes de *Septoria nodorum* sur les feuilles [3].



Figure 1b : Symptômes de *Septoria nodorum* sur l'épi [4].

- 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].

- **Facteurs favorisant le développement de la maladie:**

Plusieurs facteurs interviennent dans le développement de la septoriose de l'épi [2] :

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

- **Dégâts :**

Au niveau des semences la maladie entraîne la fonte des semis et des manques à la levée. Au niveau de l'épi la maladie entraîne des baisses de qualité lors d'attaques sur épis. Les dégâts sur feuilles peuvent être importants et entraînent une perte jusqu'à 20% de la récolte [5].

1-2- 2- Septoriose des feuilles : *Septoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola*

1-2-2-1-Taxonomie :

L'agent causal de la septoriose des feuilles du blé présente deux formes : sexuée (Téléomorphe) et asexuée (Anamorphe). La première forme est appelée *Mycosphaerella graminicola et* a été mise en évidence par Sanderson en 1976 en Nouvelle Zélande (Sanderson, 1976). Tandis que la deuxième, désignée par *Septoria tritici* a été décrite pour la première fois en 1842 par Desmazière (Shipton *et al.*(1971) in Halama,1996).

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

Tableau 2 : Taxonomie de l'agent causal de la septoriose du blé
(Nasraoui(2000) in Soumai,2008).

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

1-2-2-2- Biologie :

La forme imparfaite du champignon ou *S. tritici* produit des fructifications appelées pycnidiospores. Elles sont filiformes enfermées dans des cavités creuses appelées pycnides. Ces derniers s'encastrent dans les tissus de l'épiderme et du mésophylle et plus précisément dans les espaces internervaires au niveau de la chambre sous-stomatique sur les deux faces de la feuille. Cette structure se termine par une ouverture au sommet appelée ostiole (Boughalleb *et al.*(1996)in Aouini, 2010).

Les pycnidiospores peuvent se présenter sous deux formes au niveau des pycnides (Hoorneet *al.*,(2002) in Aouini, 2010):

- Les **macropycnidiospores** qui sont sous forme de bâtonnets hyalins, filiformes généralement courbées avec des extrémités arrondies et possèdent 3 à 5 cloisons transversales. Leur longueur est de 35 à 98 µm et leur diamètre est de 1 à 3 µm.
- Les **micropycnidiospores** qui sont non cloisonnées et mesurant entre 8 à 10.5 µm de long et 0.8 à 1 µm de diamètre (Fig.2a et b).

La forme parfaite ou *M. graminicola* produit des fructifications du type pseudothèce. Ils sont de couleur brun sombre, globulaire et légèrement immergés dans la gaine de la feuille, ayant une taille de 110 à 130 µm. Les pseudothèces sont remplis d'asques mesurant environ 42 µm de long et contenant chacun huit ascospores. Ces derniers ont une taille variable allant de 8 à 10 µm de long et de 2 à 2.5 µm de diamètre et comportent deux cellules inégales (Hoorne *et al.*, 2002).

La reproduction peut se faire par deux voies (Fig. 3):

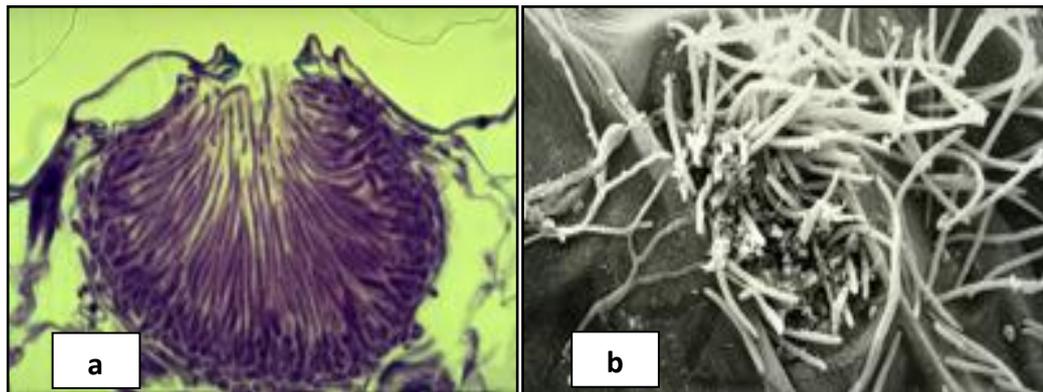


Figure 2 (a, b) : fructifications asexuées de *Septoria tritici*[6]

a : Pycnide sous-stomatique contenant des milliers de pycnidiospores au niveau d'une feuille de blé infectée.

b : Émergence des pycnidiospores sous l'effet de l'humidité.

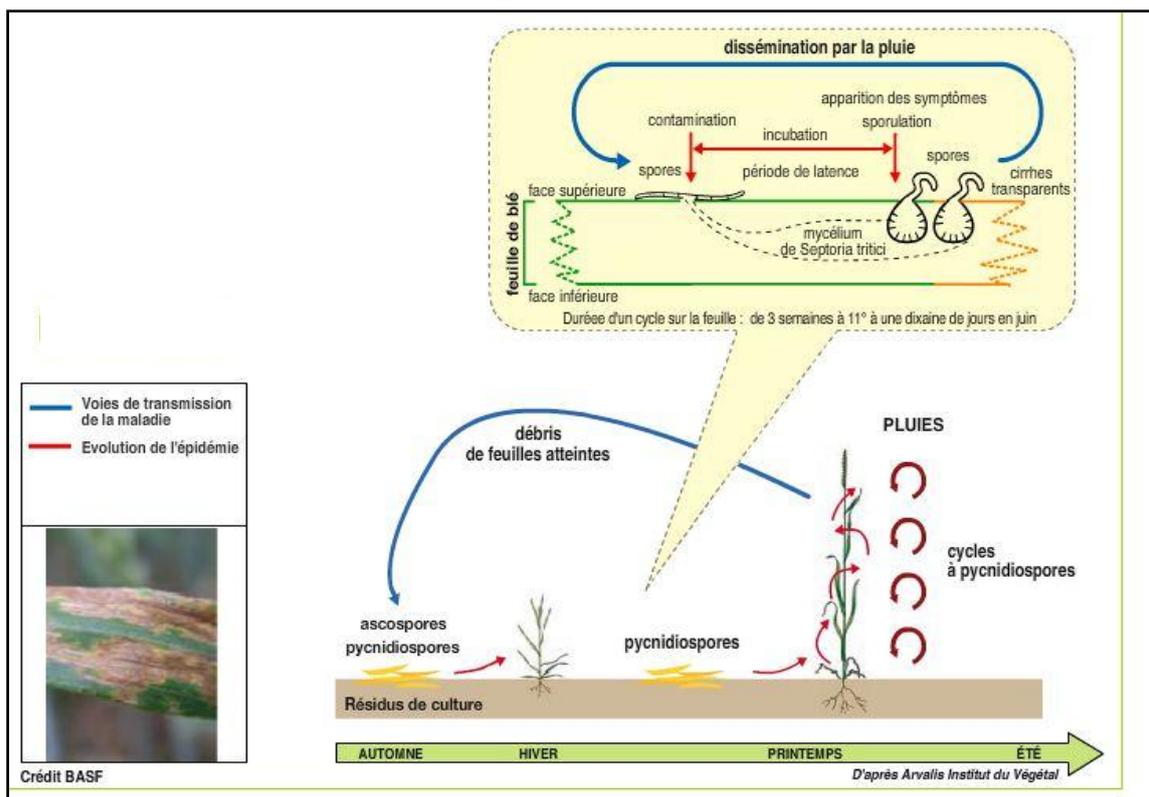


Figure 3 : cycle d'infection de *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*

(Caron, 1993)

- **La voie sexuée :**

Après la moisson, le champignon survit en hiver dans les chaumes où la forme sexuée *M. graminicola* se développe. Les stades sexués commencent avec la formation de deux organes sexués : l'ascogonium (organe sexuée femelle) et l'anthéridium (organe sexué mâle). Le noyau cellulaire mâle migre vers l'ascogonium à travers le trichogyne. Les noyaux mâles et femelles se rencontrent au niveau d'un tube en forme de genou qui se développe en dehors de l'ascogonium. Le tube devient un asque dans lequel les noyaux fusionnent et le noyau ainsi formé entre en plusieurs divisions donnant naissance aux ascospores sexuées. Cette formation d'asque prend place dans l'organe fructifère ou pseudothèque (Vereet *et al.*(2002) in Zouid,2008).

Les précipitations de la fin de l'été font éclore sur les débris de récolte les pseudothèques qui libèrent à partir du début octobre les ascospores; celles-ci sont dispersées par le vent et peuvent infester encore à l'automne ou en hiver les jeunes semis de blé. Pour la sporulation sur les résidus de récolte, il faut une forte humidité prolongée. Durant l'automne, le nombre des ascospores augmente continuellement.

Leur quantité reste élevée pendant l'hiver; elle décroît sensiblement au printemps. La diffusion des ascospores par le vent peut provoquer des primo-infections dans les jeunes cultures de céréales situées à des distances importantes (Morvan, 2006).

Au début, on croyait que le champignon ne se développe, par la voie sexuée, que pendant la phase saprophytique de son cycle de vie quand son hôte primaire n'est pas disponible. Cependant, les études moléculaires et microscopiques, effectuées par Zhan *et al.* (1998), ont montré que *M. graminicola* se reproduit sexuellement tout au long de l'année (Zouid, 2008).

- **La voie asexuée :**

L'épidémie est provoquée par la multiplication asexuée: la formation des pycnides. Ce sont de petits corps globuleux dont la couleur foncé suivant leur stade de maturité. Les pycnospores s'échappent des pycnides sous forme de tortillons gélifiés, de couleur blanchâtre (les cirrhes). Leur dissémination dépend de l'humidité qu'elles rencontrent (pluie ou rosée). Les facteurs favorables à la formation des spores, leur sortie des pycnides, leur dissémination, le déroulement de l'infection et la formation des nécroses sont: des précipitations importantes, suivies d'une humidité stagnante sur les feuilles durant un laps de temps assez long, avec des températures optimales entre 15° et 25° C. Même dans ces conditions, il faut au champignon au

moins 20 heures pour passer au stade infectieux. Il y a grand danger d'épidémie si ces conditions thermiques sont atteintes avec une présence concomitante d'humidité sur les feuilles durant 35 heures, suivies de 48 heures d'un taux d'hygrométrie de l'air de plus de 90 %. Les éclaboussures de pluie projettent les pycnospores latéralement sur le même étage foliaire d'autres plantes, ou verticalement sur les étages supérieurs de la même plante (Morvan ,2006).

Les pycnidiospores requièrent de l'eau libre pour germer. Le mycélium se développe et infecte l'intérieur des feuilles à travers les stomates. La phase d'incubation (apparition des premiers symptômes et des pycnides) dans les tissus de blé est relativement longue (15 à 21 jours). Concrètement, chaque pycnidiospore peut être à l'origine d'une nouvelle lésion. Or, il y a en moyenne 1000 pycnidiospores par pycnide, 40 pycnides par lésion et de 3 à 4 lésions par feuille en cas de forte attaque. On peut donc estimer le nombre de pycnidiospores de *S.tritici* potentiellement infectieuses produites par chaque plante contaminée à environ 250000, qui restent comme saprophytes sur les débris de récolte et ne peuvent plus réinitier de nouvelles pycnides. Seules les pycnides qui restent vivantes peuvent réexsuder des cirrhes bourrées de pycnidiospores à l'automne suivant (fig.4). Cependant, ces spores exsudées s'épuisent peu à peu dans une gelée mucilagineuse transparente, deviennent lourdes et ne pourront être véhiculées par les pluies que sur quelques décimètres. Elles ne pourront donc inoculer qu'un deuxième blé ou une succession de céréales sensibles. Une fois enterrée, les spores de *S. tritici* meurent progressivement (Hoorne *et al.*(2002) in Zouid,2008).

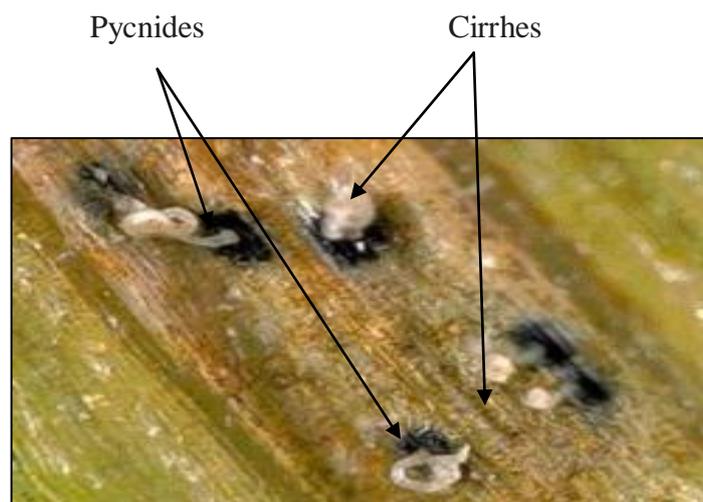


Figure 4: cirrhe grise(pycnidiospores) sortant des pycnides au niveau des nécroses septoriennes sur les feuilles de blé [7].

L'agent pathogène survit pendant plusieurs mois sur les résidus de récolte restés au sol. Il meurt rapidement après enfouissement des débris (Amri, 2007).

1-2-2-3- Processus d'infection :

Après l'adhésion, sur une feuille de blé et dans les conditions d'humidité élevée, les ascospores et les pycnidiospores germent tous les deux par la formation d'un tube germinatif traversant la feuille. Selon Kema *et al.* (1996), la pénétration de la surface de la feuille se fait presque exclusivement à travers les stomates (Fig.5). Cependant, Shetty *et al.* (2003) in Zouid (2008) ont observé des tentatives de pénétration directe, indiquée par la formation des papilles. Chez les cultivars susceptibles, une grande biomasse des hyphes fongiques est produite, tandis que pour les cultivars résistants, le développement fongique semble être limité. En dépit de la présence d'une grande quantité de tissus fongiques, les symptômes évidents de l'infection sont absents de la surface des feuilles pendant cette phase (Palmer et Skinner, 2002). Après dix jours de l'inoculation, sous des conditions optimales de 20 à 25°C et une humidité relative élevée, on assiste à l'effondrement mésophyllien induisant la formation de chloroses et de nécroses sur les feuilles de blé (Kema *et al.*, 1996). La persistance de conditions favorables conduites à l'apparition des pycnides brunâtres et globuleuses après 14 à 21 jours de l'inoculation. Les pycnides sont formées exclusivement dans des cavités sous-stomatiques et apparaissent parallèlement aux vaisseaux vasculaires de la feuille. Pendant les périodes d'humidité élevée, les pycnidiospores mûrs sont exsudés dans la matrice extracellulaire sous forme de cirrhe et en nombre de $5 \cdot 10^3$ à 10^4 spores (Palmer et Skinner, 2002).

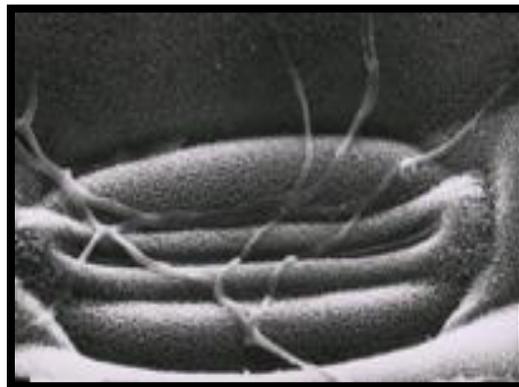


Figure 5 : passage des tubes germinatifs à travers les stomates des feuilles de blé

(kema *et al.*, 1996)

- Spécificité du pathosystème Blé-*M.graminicola* :

Eyal *et al.* (1987) cité in Aouini (2010), rapportent qu'il existe une certaine spécificité physiologique de *S.tritici* sur blé. En effet, les isolats du pathogène sont plus au moins spécialisés sur l'espèce hexaploïde (*T.aestivum*) ou tétraploïde (*T.durum*) de blé (Van Genkel et Scharen (1988) ; Kema *et al.* (1996a,b) in Aouini, 2010). Ainsi, un isolat de blé dur ne peut pas infecter le blé tendre et vice-versa.

Cependant, en 1995 Ballantyne et Thompson rapportent que des isolats de *S.tritici* isolés à partir de blé dur peuvent produire des symptômes limités sur blé tendre et inversement. En 1996, Kema *et al.* ont confirmé que quelques isolats peuvent être spécialisés sur l'hôte opposé ou infecter les deux espèces. D'autre part, une spécialisation au sein d'une seule espèce a été de même notée(Aouini, 2010).

En outre, la présence ou l'absence d'interaction dans le système variété-isolat permet de définir l'agressivité ou la virulence (Medini(1999) in Aouini, 2010).

- Epidémiologie :

L'épidémie, par *M.graminicola*, est lancée par les ascospores et peut contaminer 1m² de blé. L'inoculum peut également être disponible sous forme de pycnidiospores. Ces derniers restent viables sous forme de pycnides sur les chaumes infestés pendant plusieurs mois. Les ascospores et les pycnidiospores sont libérées dans les conditions de forte humidité (Palmer et Skinner,2002).

Les sources initiales de conservation sont les débris de blé infectés et les plantes spontanées menant à une population génétiquement diverse. Les pycnidiospores sont transférés par les éclaboussures de pluie à partir de l'inoculum provenant des débris ou des feuilles inférieures vers les feuilles supérieures (transport vertical) ou vers les feuilles voisines (transport horizontal). Le transport horizontal peut se faire aussi à travers le contact entre les feuilles (Palmer et Skinner, 2002).

1-2-2- 4- Symptômes :

Le champignon colonise les feuilles, les tiges et les gaines foliaires :

- Sur les feuilles, les taches sont d'abord vert clair, devenant jaunâtre, ensuite brun; leur forme varie d'un rond irrégulier à l'ovale. Ces taches se fondent finalement les unes dans les autres en formant des nécroses irrégulières, les feuilles meurent et se dessèchent. Les taches formées sur les feuilles par *S. tritici* font apparaître à l'œil nu les fructifications noires (pycnides) disposées en lignes (Fig.6). Elles donnent à la nécrose un aspect moucheté. Les premières pycnides se forment déjà dans la feuille jaunissante. Observées sous la loupe, elles apparaissent d'abord brun clair, devenant foncé à noir, avec une auréole noire et des ouvertures claires (Fig.7). Comparées aux pycnides de *Septoria nodorum*, celles de *Septoria tritici* sont un peu plus petites et d'une coloration un peu plus foncée. Leur forme est ovale. En présence d'humidité,elles laissent échapper des cirrhes blancs(Morvan,2006).
- Sur la tigelle des plantules apparaissent des taches ou des stries brunes étirées en longueur. Sur la tige peuvent également apparaître des taches brunes allongées.
- Sur les gaines foliaires, des taches brunes foncées sont visibles avant et au début de la montaison.
- Sur les épis, apparaissent d'abord des décolorations de couleur brune violette le long des bords des balles. Ces décolorations peuvent plus tard se muer en taches d'un brun mat. Ce sont surtout les parties supérieures des balles qui meurent. La tige de l'épi peut aussi la couleur brune violette (Ezzahiri (2001) in Amri, 2007).



Figure 6: Taches typiques de septoriose sur le limbe [7].

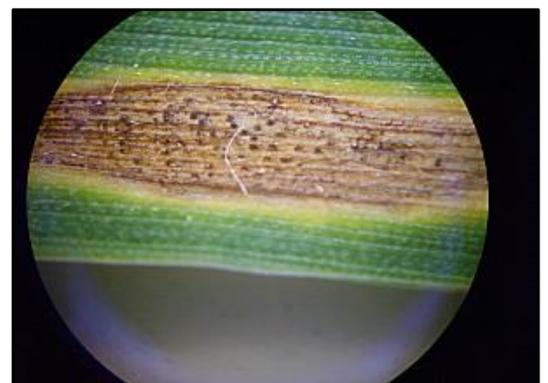


Figure 7: Taches de septoriose observées au binoculaire [7].

1-2-2-5-Conditions favorables au développement de la maladie :

- Les conditions climatiques :

• L'humidité :

L'humidité est un facteur indispensable pour la germination des spores, la pénétration et le développement du mycélium dans les tissus de l'hôte et la formation des pycnides. Une humidité relative saturante (100 %) permet l'exsudation des spores à partir des pycnides. Les cirrhes sont véhiculés sur les étages supérieurs du blé selon l'intensité de la pluie. Après la pluie, les pycnidiospores ont besoin d'une humidité relative d'environ 98% pour germer et pénétrer dans la plante. L'eau est nécessaire pour l'amélioration de la germination et la pénétration (Vereet et Klink(2002) in Soumai, 2008). De fortes infestations ont été enregistrées avec une période d'humectation de 35 heures suivie d'une humidité relative supérieure à 80% pendant 48 heures (Caron, 1993).

• La lumière :

L'optimum de la germination des spores et de la croissance mycélienne in vitro se situe entre 8000 et 12000 fois lux. Celui de la formation des pycnides est de 2000 lux (Talbi (2001) in Soumai,2008).

• La température :

La germination des conidies de *S. tritici* peut avoir lieu à des températures allant de 2 à 37°C. La température optimale est de 20 à 25°C. A cette température, les conidies se développent après 20 jours (Talbi(2001) in Soumai,2008). Wainshilbaum et Lips(1991)cités in Soumai(2008) ont évalué le développement de *S. tritici* sous différentes températures et ils ont trouvé que cette pathogène cause des degrés d'infection similaires à une température qui varie entre 19°C et 24°C de point de vue densité des pycnides sur les lésions. Mais, à une température de 29°C, aucun effet n'a été détecté. Les basses températures prolongent la période de la germination des spores ainsi que la croissance du mycélium et le développement des pycnides (Changu *et al.*, 2001).

• La pluviométrie :

L'eau d'une façon générale et notamment celui de la pluie représente le principal facteur de développement de la septoriose. En effet, ce sont les éclaboussures de pluie qui assurent la dissémination horizontale et verticale des pycnidiospores(Talbi (2001) in Soumai,2008).

- La structure et le stade végétatif de la plante :

Les nouvelles variétés semi-naines et précoces utilisées actuellement en raison de leur haute productivité ont montré une sensibilité à l'attaque par *S.tritici*. Ainsi la résistance à ce champignon semble être conditionnée par la hauteur de la paille et la tardivité de la culture étant donné que les gouttelettes de pluie portant des pycnidiospores mettent plus de temps à atteindre les feuilles supérieures chez les variétés à paille haute. Par ailleurs proximité des feuilles chez les variétés naines facilite le contact entre les nouvelles feuilles émergentes et les feuilles infectées (Ben Mohamed *et al.* (2002) in Amri, 2007).

Plusieurs pratiques culturales influencent la sévérité de la maladie. Parmi ces pratiques on peut distinguer la date du semis, la densité du semis, la fertilisation et le précédent cultural :

- **Effet de la date du semis**

Ben Mohamed *et al.*,(2002)cités in Soumai (2008) ont étudié l'effet de la date du semis sur l'expression de la septoriose, et ont montré que l'attaque était plus sévère pour la date la plus précoce . Ces résultats leur ont permis de conclure que l'arrivée de la culture au stade tallage vers le mois de février, période humide interrompue de jours ensoleillés, a favorisé l'installation et le développement du pathogène.

- **Effet de la densité du semis**

Ben Mohamed *et al.*, (2002) cités in Soumai (2008) ont signalé que l'utilisation croissante de fertilisants avec l'augmentation de la densité du semis et l'utilisation d'une interligne étroite, surtout pour les variétés semi-naines, aboutissent à la variation du microclimat de la culture, favorable au développement de la septoriose.

- **Effet de la fertilisation**

Les éléments fertilisants ont une grande influence sur l'expression des maladies foliaires du blé. En effet, Rouissi et Harrabi(1999) cités in Soumai (2008), ont montré qu'en passant de 0 à 90 Kg/ha et de 90 à 130 Kg d'ammonitrates / ha, la sévérité d'attaque s'élève respectivement de 60 à 69%. Cette augmentation de la sévérité de *S .tritici* est expliquée par le fait que l'apport azoté stimule la croissance végétale du blé et il en résulte une augmentation au niveau de la densité de la culture. Ainsi le développement de la maladie est plus important pour les cultures ayant une fertilisation azotée importante, venant aussi bien des fumures que des réserves du sol

en azote minéralisable, derrière un précédent laissant des résidus organiques (légumineuses) ou dans un assolement betterave, pomme de terre, blé par exemple.

Lorsque le sol est déficitaire en potassium la sévérité de la maladie est plus prononcée que lorsque celui-ci possède une teneur adéquate en cet élément. En effet, des études effectuées par Ben Mohamed *et al.*(2002) cités in Soumai (2008) ont montré que l'apport de potassium abaisse la sévérité d'attaque de 17,83% et de 5,13% en passant respectivement de 0 à 50 Kg/ha et de 50 à 100 Kg/ha de chlorure de potassium.

1-2-2-6-Effets de la septoriose sur la physiologie et le rendement du blé :

- Effets sur la physiologie :

L'effet parasitaire se concrétise au stade juvénile par l'incapacité de la plante de lever suite à une perturbation de son métabolisme auxinique (Fersi (2005) in Amri, 2007). Cette activité inhibitrice du parasite sur la croissance réapparaît aux stades ultérieurs du développement de la plante en provoquant entre autre une réduction de la paille (Danon *et al.* (1982) in Amri, 2007) ou une diminution du poids de la paille (Fersi (2005) in Amri, 2007). D'autre part, ce pathogène foliaire affecte l'activité photosynthétique à travers la réduction de la surface foliaire. Cette réduction de l'activité photosynthétique n'est exprimée qu'avec l'expression des symptômes (Robert *et al.*(2004) in Amri, 2007) et elle est due à une augmentation de la respiration et la transpiration chez la plante stressée par le pathogène (Bassanezi *et al.*(2001) in Amri, 2007).

Morvan (2006) signale que les pertes de rendement sont dues à la perte de tissu assimilateur et au déplacement du flux nutritif source-puits. Les assimilats et les composants azotés sont retenus dans les feuilles ce qui affecte finalement le poids de mille grains.

- Effets sur le rendement :

S.tritici peut causer des pertes du rendement qui peuvent atteindre 30% durant les années pluvieuses en particulier lorsque les pluies de printemps persistent après l'émergence de la feuille drapeau (Ben Mohamed *et al.*(2002) in Amri,2007). Ces pertes de rendements sont corrélées d'une part avec le degré d'attaque des dernières feuilles qui sont les plus concernées dans l'activité photosynthétique durant la période de remplissage des grains et d'autre part avec

la sénescence prématurée de la plante réduisant ainsi la mobilisation des assimilats (Harrabi *et al.*(1986) in Amri, 2007).

1-2-2-7-Les méthodes de lutte contre la septoriose :

- 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. On peut schématiquement répartir ces techniques en quatre grandes catégories : 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). Cette méthode ne cause pas de dommage aux cultures hôtes et ne laisse pas de résidus, mais reste peu développée pour des raisons de coût (Lewandowski(2000) in Amri, 2007) et la lutte mécanique qui maîtrise les adventices (Aubert *et al.*(2006) in Amri, 2007).

- La lutte culturale :

Le développement des résistances aux fongicides incitent à utiliser des moyens agronomiques pour réduire les traitements chimiques. Certaines pratiques culturales sont efficaces mais elles diminuent en revanche le rendement [8].

Selon Arvalis (Institut du végétal), une variété résistante peut permettre d'éviter le traitement. La présence de résidus et les semis précoces favorisent la contamination [9].

▪ La date de semis :

Le semis tardif permet d'alléger la protection fongicide mais le semis précoce est économiquement préférable. Les semis tardifs sont en effet moins productifs. L'agriculteur perd en moyenne 4 à 5 quintaux/hectares. « On observe en revanche que l'indice de fréquence de traitement varie peu en fonction de la date de semis »[8].

▪ La densité :

La forte densité accentue en général la pression maladie. Des comparaisons ont été faites sur des parcelles à 200 grains/m² et d'autres à 320 grains/m². « L'explication vient en partie de la structure du couvert. Il est plus dense donc il favorise l'hygrométrie. La contamination par contact est aussi logiquement plus importante.»[8].

▪ **L'apport d'azote :**

L'intensité de la maladie baisse quand on réduit la fertilisation en azote de 200 à 100 unités. « Mais le problème c'est que diviser systématiquement par deux l'apport d'azote n'est pas envisageable car ça réduit le rendement d'environ 10 quintaux/hectare. C'est, là encore, lié à la structure du couvert et au maintien de l'activité photosynthétique sur les feuilles basses.» [8].

- La lutte chimique :

L'utilisation des produits (systémiques) unisites seuls ou combinés avec d'autres fongicides multisites (de contact), ou des associations entre des produits unisites appartenant ou non à la même famille chimique peut protéger les étages supérieurs de la plante décisifs pour le rendement. La date de traitement est un facteur important (Zahri *et al.*, 2008).

Les strobilurines font toutes l'objet d'une résistance à la septoriose (*Septoria tritici*) et ont perdu leur efficacité sur cette maladie. Les plupart des triazoles font l'objet d'une résistance faible à moyenne à la septoriose mais leur efficacité reste acceptable en pratique [10].

En 2009, des souches hautement résistantes aux triazoles et prochloraz ont été détectées à une faible fréquence. Cette fréquence a augmenté en 2010, sans réel impact sur l'efficacité des produits. Cependant il faudra suivre cette évolution de près dans les années à venir, et à fortiori si elles sont favorables à la septoriose.

En 2010, la septoriose, typique d'une contamination par ascospores, a rarement observée [11].

Les triazoles restent pour l'instant le seul moyen de lutte contre la septoriose. Parmi les triazoles, le prothioconazole montre la meilleure efficacité, un peu supérieure à l'epoxiconazole [11].

Chapitre 2

Matériels et Méthodes

2-1- Origines des souches de *Septoria tritici* :

L'étude a porté sur des souches de *Septoria tritici*/ *Mycosphaerella graminicola* collectées de différentes régions céréalières Algériennes sur les deux géotypes de blé : blé dur (*Triticum durum*) et blé tendre (*Triticum aestivum*).

Les souches faisant l'objet de l'étude ont été isolées de feuilles de blé (dur et tendre) infectées en conditions naturelles par la septoriose des feuilles des régions suivantes : Guelma, Annaba, Skikda, et Oran. (Fig. 8), et fournis par le promoteur :

- Guelma et Annaba : pour les souches isolées sur le blé dur.
- Guelma, Skikda et Oran : pour les souches isolées sur le blé tendre.



Figure 8 : Origine des souches de *Septoria tritici*.

2-2- Isolement des souches :

2-2-1- Préparation des échantillons :

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



Feuille de blé
présentant des
symptômes de
la tache
septorienne du
blé

Figure 9: préparation des échantillons

2-2-2- L'isolement des souches monospores :

L'isolement des souches monospores a été réalisée selon la technique décrite in Siah (2009).

Après une nuit d'incubation, les pycnides émettent un cirrhe blanchâtre (Fig. 10), et afin d'obtenir des souches monospores (chaque souche est issue d'une seule pycnidiospore),

les cirrhes contenant les spores sont prélevés sous loupe binoculaire à partir de la surface des pycnides avec une aiguille stérile avant de les mettre en suspension dans de l'eau stérile (1ml d'eau distillée stérile/tube). Les tubes sont bien agités au Vortex et la suspension de spores est ensuite étalée dans des boîtes de Petri contenant du milieu Sabouraud.

Après une période d'incubation de 4 à 6 jours à 18°C et à l'obscurité, des micro-colonies rosâtres ou blanchâtres caractéristiques de *Mycosphaerella graminicola* se sont développées.

A l'aide d'une œuse, une seule colonie est prélevée puis repiquée sur du milieu Sabouraud neuf.

A chaque souche un certain nombre d'informations est rattaché. Celles-ci sont relatives à l'origine : site d'échantillonnage, génotype de blé, date de mise en culture.



Figure 10 : cirrhe grise sortant des pycnides sur une feuille de blé [7]

2-3- Caractérisations des souches :

En vue de caractériser les souches de *Septoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola*, des observations au binoculaire et au microscope optique ont été réalisées pour les différentes souches faisant l'objet de l'étude.

a- Caractérisation macroscopique :

Uncertain nombre de paramètres ont été étudiés :

- La couleur de la colonie
- L'aspect de la colonie
- Le mode et la vitesse de croissance de la colonie : pour ce paramètre nous avons utilisé une règle graduée pour mesurer le diamètre de la croissance.

b- Caractérisation microscopiques :

La forme et les dimensions des pycnidiospores est le seul paramètre que nous avons pu étudier et ce par des observations microscopiques des fructifications de *Septoria tritici/ Mycosphaerella graminicola* effectuées sur des fragments de cirrhes étalés entre lame et lamelle dans une goutte d'eau distillée stérile.

Chapitre 3

Résultats et discussion

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

Les isollements effectués à partir des feuilles de blé présentant les symptômes typiques de la septoriose des feuilles *Septoria tritici* /*Mycosphaerella graminicola*(Fig.11) aussi bien sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.) que sur le blé tendre (*Triticum aestivum*) ont permis d'obtenir les résultats suivants :

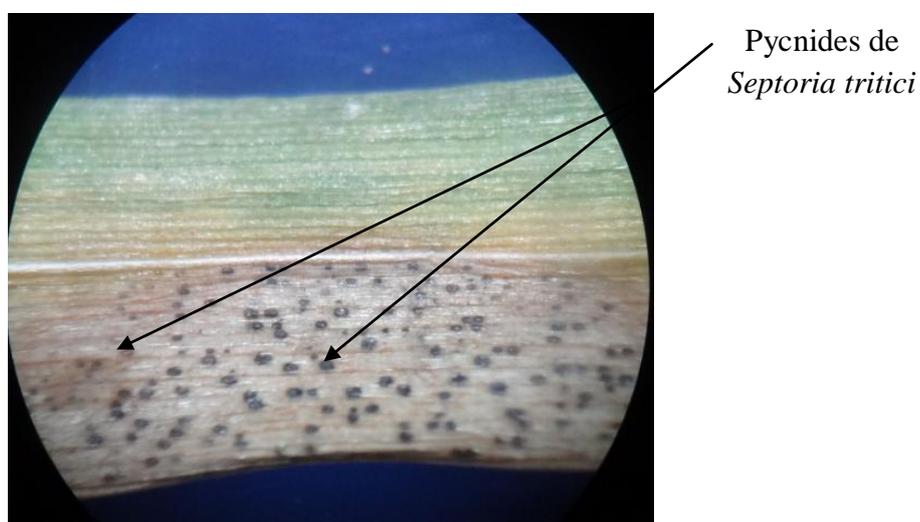


Figure 11 : symptômes de la tache septorienne (*S.tritici*) sur une feuille de blé.

3.1. La culture monospore :

Après une période d'incubation de 8 jours (dans les conditions ambiantes du laboratoire), des micro-colonies blanchâtres ou rosâtres caractéristiques de *Septoria tritici*/*Mycosphaerella graminicola* se sont développées sur le milieu de culture (Fig. 12), et aucune différence n'a été observée entre les souches issues du blé dur et les souches issues du blé tendre, ni dans la couleur ni dans la forme des colonies.

Le même résultat a été signalé pour la couleur des colonies par Siah (2009).

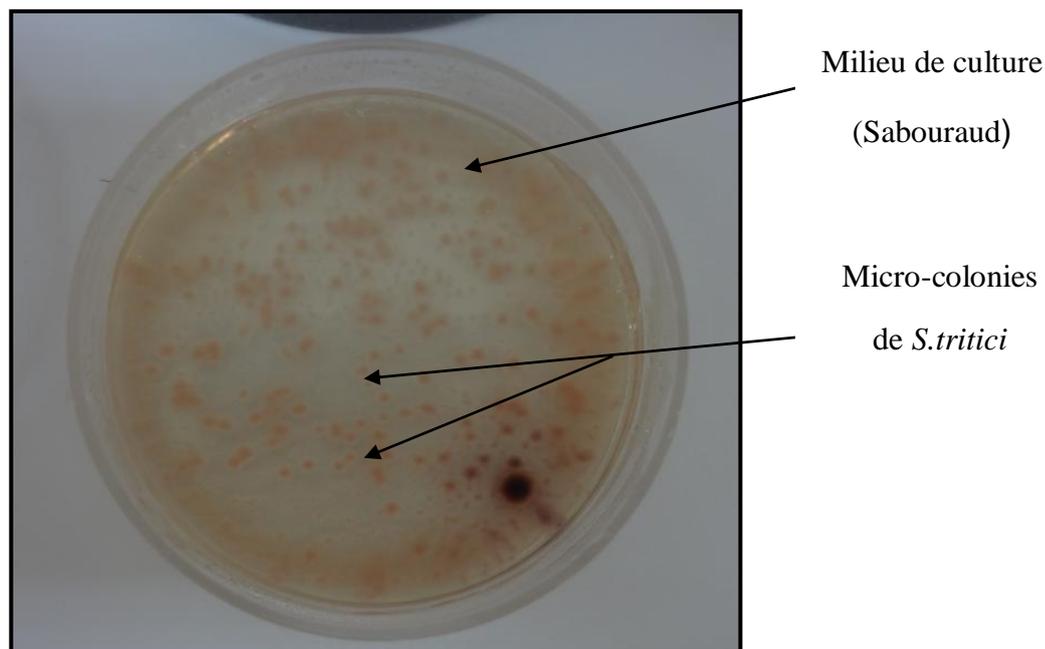


Figure 12 : culture monospore de *S. tritici* sur le milieu Sabouraud.

Une seule colonie est prélevée puis repiquée sur du milieu Sabouraud neuf (Annexe), et après 21 jours d'incubation et de croissance, un certain nombre de paramètres ont été étudiés :

3-2- Observations macroscopiques :

3-2-1- Aspects cultureux des souches :

Après trois semaines de culture (21 jours), différents aspects cultureux ont été observés pour les différentes souches :

❖ **Selon le phénotype (couleur) :** trois aspects ont été observés aussi bien pour les isolats issus de blé dur que pour les isolats issus de blé tendre : le rose foncé, le rose clair et le rose très clair.

Siah (2009) a pu distinguer quatre aspects pour ce même pathogène : le rose clair, le rose foncé, le brun noir et le rose très clair (Fig.13).



Rose foncé

Brun noir

Rose clair

Rose très clair

Figure 13 : aspects cultureux des souches de *S. tritici* après 03 semaines de culture sur milieu PDA (Siah, 2009).

- **Isolats issus du blé dur (*Triticum durum*) :**

Pour la souche de Guelma nous avons noté une couleur rose claire (Fig. 14), alors que pour la souche d'Annaba la couleur était rose foncée (Fig. 15).

- **Isolats issus du blé tendre (*Triticum aestivum*) :**

- Pour la souche de Guelma la couleur était rose très clair (Fig.16),
- Pour les souches de Skikda, l'une a montré une couleur rose clair l'autre était rose très clair (Fig. 17 a et b).
- La souche d'Oran a montré une couleur rose foncée (Fig.18).

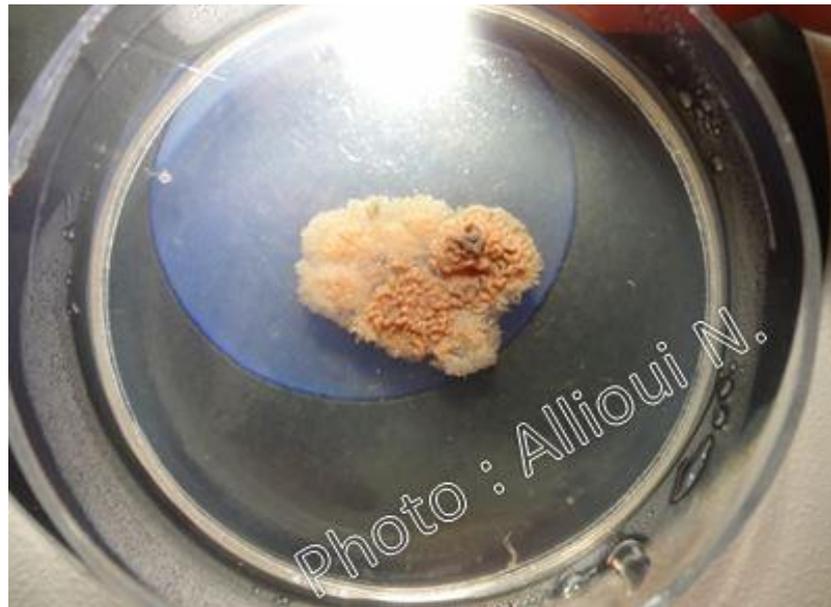


Figure 14 : culture de la souche de *S. tritici* isolée d'une feuille de blé dur de la région de Guelma (observée à la loupe binoculaire).



Figure 15 : culture de la souche de *S. tritici* isolée d'une feuille de blé dur de la région d'Annaba (observée à la loupe binoculaire).



Figure 16 : culture de la souche de *S.tritici* isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Guelma (observée à la loupe binoculaire).



Figure 17 a : culture de la souche de *S.tritici* isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Skikda (observée à la loupe binoculaire).



Figure 17 b : culture de la souche de *S. tritici* isolée d'une feuille de blé tendre de la région de Skikda (observée à la loupe binoculaire).



Figure 18 : culture de la souche de *S. tritici* isolée d'une feuille de blé tendre de la région d'Oran (observée à la loupe binoculaire).

3-2-2- Mode et vitesse de croissance des souches :

La croissance des différentes souches étudiées a montré une croissance de type levure (Yeast-like growth) et ce aussi bien pour les isolats issus du blé dur que pour les isolats issus du blé tendre (Fig. 14-18).

Les mêmes observations ont été signalées par Mehrabi *et al.* (2009) et Choi et Goodwin (2011) sur milieu de culture PDA et sur le milieu YSA à base d'Extrait de saccharose et de levure (Fig.19).

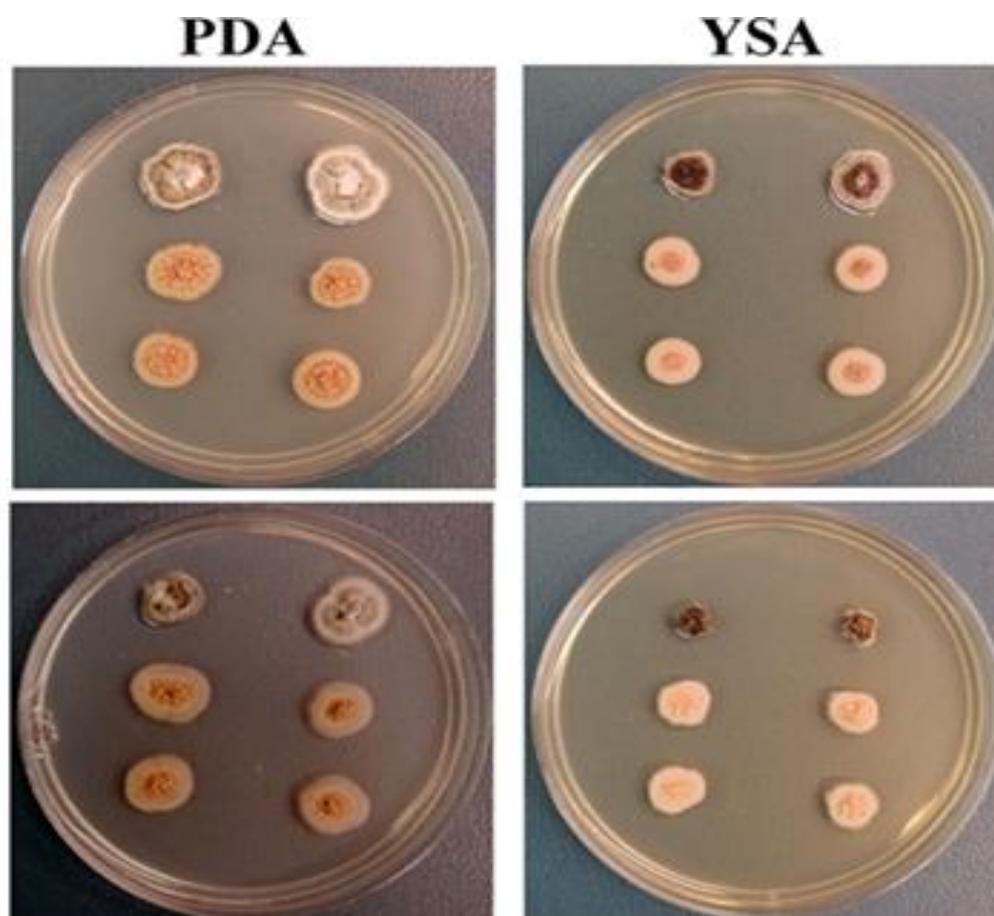


Figure 19 : aspects culturels de différentes souches de *S. tritici* sur PDA et sur YSA (Choi et Goodwin, 2011)

La vitesse de croissance était approximativement semblable pour toutes les souches. En mesurant le diamètre de la colonie après 21 jours de croissance dans les conditions ambiantes du laboratoire, nous avons noté des diamètres de 12 à 14 mm, et aucune différence n'a été notée entre les isolats issus de génotypes différents de blé (Blé dur et blé tendre).

3-3- Observations microscopiques :

Selon Zillinsky (1983), les conidies de *Septoria tritici* ont la forme de bâtonnets hyalins, filiformes, généralement courbés, aux extrémités arrondies, munis de trois à sept parois peu distinctes et mesurent environ 40 - 80 μm x 1.7- 3.0 μm . Quelques fois des petites spores (microspores) sont produites (Fig. 20).

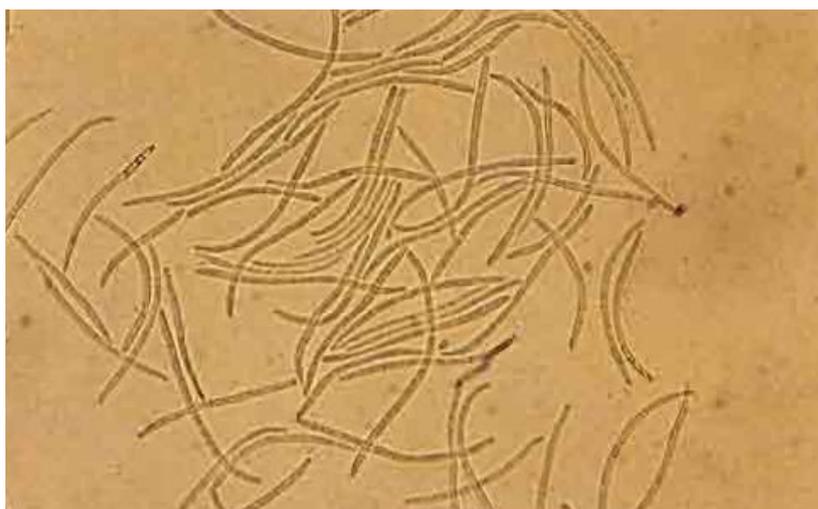


Figure 20 : conidies de *S. tritici* (Zillinsky, 1983)

Eyal et *al.* (1987) signalent que les pycnidiospores de *Septoria tritici* peuvent être présents sous deux formes à l'intérieur des pycnides :

- Les **macropycnidiospores** (35-98 x 1-3 μm) et présentant 3 à 5 cloisons,
- Les **micropycnidiospores** (8-10.5 x 0.8-1 μm) sans cloisons.

Les observations effectuées au microscope optique, pour les différentes souches étudiées ont montré que les pycnidiospores (fructifications asexuées) de *Septoria tritici* ont les mêmes caractéristiques signalées dans la bibliographie, les photographies prises au grossissement (10 x 40) illustrent bien cette similitude et ce aussi bien pour les isolats issus du blé dur que pour les isolats issus du blé tendre.

❖ **Isolats issus du blé dur (Fig. 21 et 22)**



Figure 21 : conidies de *S.tritici* observées au microscope optique (10 x 40:Photo agrandie). Isolat issu du blé dur de la région de Guelma

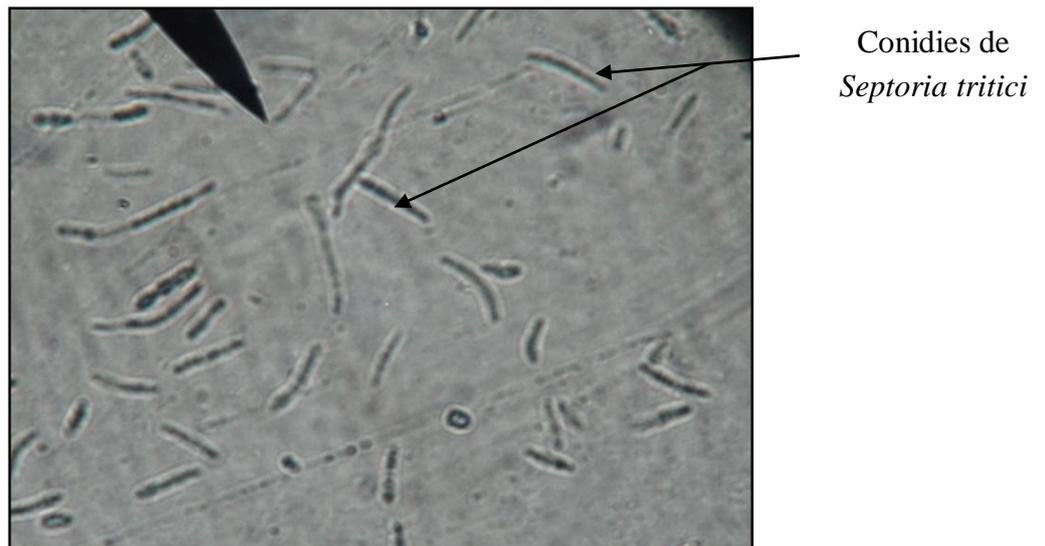


Figure 22: conidies de *S.tritici* observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie). Isolat issu du blé dur de la région d'Annaba

❖ Isolats issus du blé tendre (Fig. 23a, 23b, 24, 25 et 26).

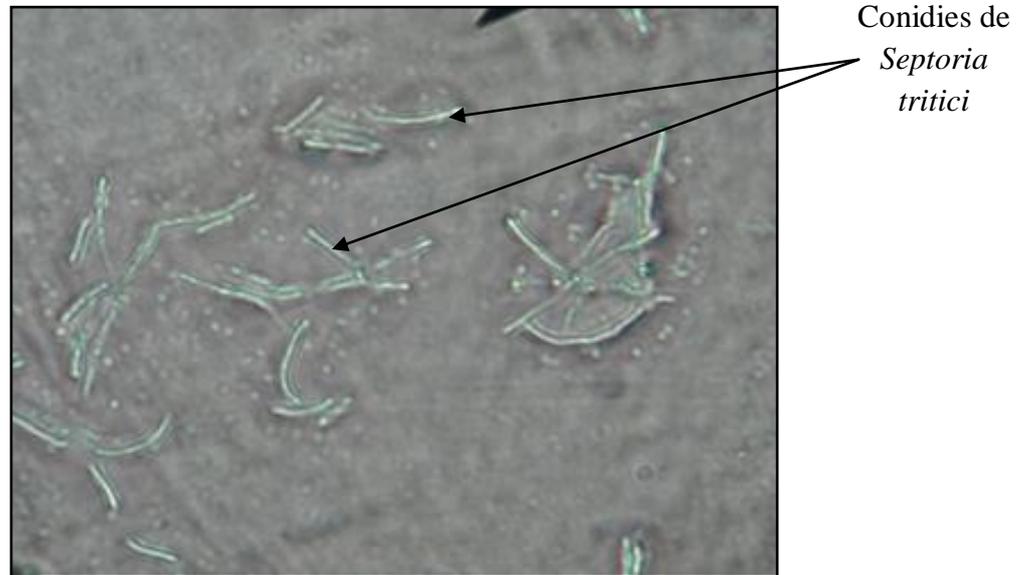


Figure 23a : conidies de *S. tritici* observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie). Isolat issu du blé tendre de la région de Skikda.



Figure 23b : conidies de *S. tritici* observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie). Isolat issu du blé tendre de la région de Skikda

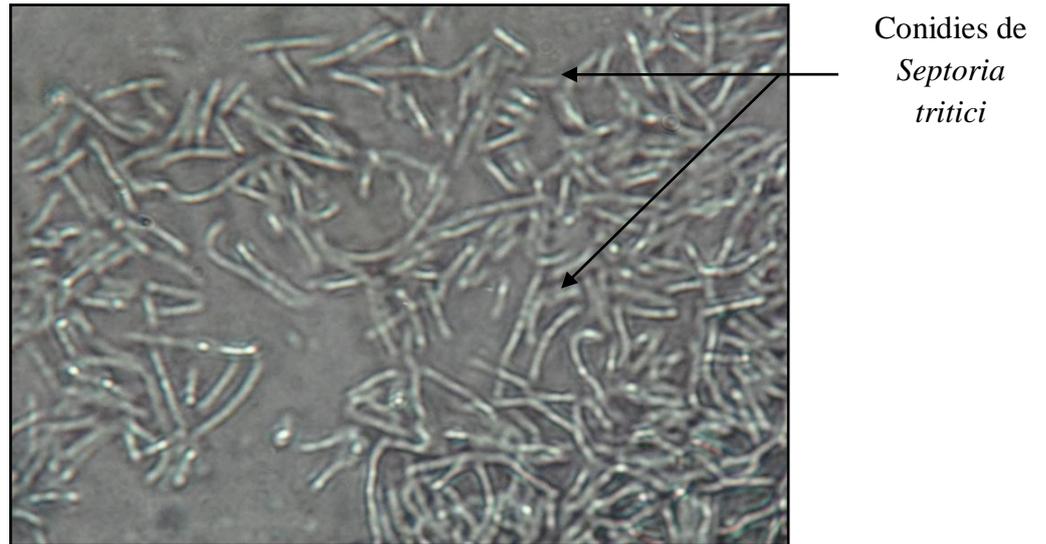


Figure 24 : conidies de *S.tritici* observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie). Isolât issu du blé tendre de la région de Guelma



Figure 25 : conidies de *S.tritici* observées au microscope optique (10 x 40 : Photo agrandie). Isolât issu du blé tendre de la région d'Oran

Conclusion :

La septoriose des feuilles du blé, causée par le champignon ascomycète *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* représente l'un des facteurs limitant du potentiel de production le plus redoutable du blé, c'est une maladie très répandue dans toutes les régions céréalières en Algérie et à travers le monde entier. Elle peut occasionner des pertes de rendement qui dépassent parfois les 40 %.

Septoria tritici / *Mycosphaerella graminicola* se caractérise par une très grande variabilité génétique dont les mutations pourraient être parmi les causes. En plus plusieurs travaux ont signalé l'existence d'isolats adaptés à chaque génotype de blé, ce qui fait que les souches spécifiques au blé tendre ne peuvent pas infecter le blé dur et vice versa, bien qu'on ne peut pas distinguer morphologiquement entre ces isolats. Aussi, plusieurs études ont prouvé un accroissement de l'agressivité des isolats de ce pathogène.

La lutte contre cette maladie ne peut être efficace que par une connaissance approfondie du pathogène, de ses potentialités de virulence et d'avirulence, et de toutes ses exigences trophiques et climatiques nécessaires à l'établissement d'une relation compatible avec son hôte. D'autres part, la recherche de cultivars résistants est toujours considérée comme le moyen de lutte le plus préconisé contre ce type de fléau de l'agriculture.

A la lumière des résultats obtenus dans cette étude, pour laquelle l'objectif visé étant, la caractérisation de quelques isolats de la septoriose du blé (*S.tritici*), et qui a porté sur des isolats collectés de quatre régions céréalières en Algérie, issus des deux génotypes de blé (blé dur et blé tendre), nous pouvons déduire les constatations suivantes :

- Les souches de *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* se caractérisent par différents aspects culturels (la couleur varie d'une souche à l'autre).
- La culture de *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* est de type levurien (Yeast-like growth).
- Les conidies de *Septoria tritici* ont la forme de bâtonnets hyalins, filiformes, généralement courbés, aux extrémités arrondies.
- Aucune distinction morphologique n'a été notée entre les isolats issus du blé dur et ceux issus du blé tendre, collectés des différentes régions.

Au terme de cette étude il convient à signaler que ces résultats ne peuvent être considérés que, comme un support bibliographique de base pour les étudiants et les chercheurs désirant entamer des recherches sur cet agent pathogène. Une bonne connaissance des caractéristiques de cet agent pathogène, conduit inévitablement à un bon diagnostic de la maladie et évite la confusion avec les autres septorioses, les simili-septorioses et les autres types de taches foliaires.

Des études approfondies sur le pouvoir pathogène des isolats Algériens de *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola*, et les niveaux de tolérance des variétés de blé cultivées en Algérie doivent être envisagées en vue de limiter les dommages occasionnés par cette maladie.

Résumé :

La septoriose du blé causée par le champignon ascomycète *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* est considérée parmi les contraintes majeures de la production du blé à travers le monde. Elle provoque des pertes considérables de rendements.

Cette étude vise à faire une caractérisation de l'agent pathogène afin d'éviter toute confusion possible avec d'autres agents responsables de taches foliaires du blé, en vue de choisir le moyen de lutte adéquat. Elle a porté sur des isolats de *S.tritici* collectés de quatre régions céréalières de l'Algérie (Guelma, Annaba, Skikda et Oran) sur les deux géotypes de blé (blé dur et blé tendre). Des cultures monospores des souches ont été réalisées pour les différentes souches, et plusieurs paramètres ont été étudiés (couleur des colonies, mode et vitesse de croissance, et type des pycnidiospores).

Les résultats obtenus ont permis de déduire que les colonies des différentes souches ont montré différents aspects, la croissance est de type levurien, les conidies sont filiformes hyalins et courbés. Aucune distinction morphologique n'a été notée entre les isolats de géotypes de blé différents.

Mots clés : blé, *Septoria tritici*, rendement, caractérisation, lutte.

Summary:

The Septoria leaf blotch of wheat caused by the ascomycete fungus *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* is considered among the major constraints of the production of wheat worldwide. It causes considerable yield losses. This study aims to make a characterization of the pathogen in order to avoid any possible confusion with other responsible agents of leaf spots of wheat, to choose the adequate means of control. It focused on *S. tritici* isolates collected from four cereal regions of Algeria (Skikda, Annaba, Guelma and Oran) on two genotypes of wheat (durum wheat and bread wheat). Single-spore cultures were carried out for different strains, and several parameters have been studied (colour of colonies, mode and speed of growth, and type of pycnidiospores). The results obtained allowed to deduct that the colonies of different strains have shown different aspects, yeast-like growth, conidia are filiform hyaline and curves. No morphological distinction noted between isolates of different wheat genotypes.

Key words: Wheat, *Septoria tritici*, yield, characterization, control.

الملخص:

ان مرض التبقع السببوري على القمح التي يسببها فطر زقي *Septoria tritici* / *Mycosphaerella graminicola* تعتبر من المعوقات الرئيسية لإنتاج القمح في جميع أنحاء العالم. لأنه يسبب خسائر كبيرة في الإنتاج. تهدف هذه الدراسة إلى تقديم خصائص العامل المسبب للمرض لتجنب الارتباك الممكن مع العوامل الممرضة الأخرى المسؤولة عن التبقع الورقي عند القمح من أجل اختيار الوسائل المناسبة للمكافحة. انها تركز على عزل سلالات *S. tritici* التي تم جمعها من أربع مناطق لإنتاج الحبوب في الجزائر (قالمة، عنابة، سكيكدة وهران) على اثنين من المورثات من القمح (القمح الصلب واللين). أجريت زراعات احادية البوغ لسلالات مختلفة، وتمت دراسة العديد من المعلومات (لون مستعمرة، كيفية ومعدل النمو، ونوع *les pycnidiospores*. النتائج المحصل عليها جعلت من الممكن أن نستنتج أن المستعمرات من سلالات مختلفة أظهرت جوانب مختلفة، النمو هو خمائري النوع، غبيرات هي شفافة، خيطية الشكل ومنحنية. ولوحظ انه لا يوجد فرق في البنية المورفولوجية بين العزلات من المورثات القمح المختلفة.

الكلمات المفتاحية: قمح *Septoria tritici*، إنتاج، تمييز، مكافحة

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- 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
- Aouini L.**, 2010 : Recherche de quelques géniteurs potentiels de résistance à la septoriose du blé chez des accessions de blé mutant par TILLING et des accessions étrangères de blé provenant du CIMMYT et de L'ICARDA, Mémoire de Master, Option : Ressources Phylogénétiques et Biotechnologie, département d'Agronomie et Biotechnologie Végétale , université 7 Novembre de Carthage : 16-33
- Caron D.**, 1993 : Maladies des blés et des orges, Edition, ITCF, Boigneville.Paris : 45,46
- Choi Y.E., Goodwin S.B., 2011:** Gene encoding a c-Type Cyclin in *Mycosphaerella graminicola* is involved in aerial mycelium Formation, Filamentous Growth, Hyphal Swelling, Melanin Biosynthesis, Stress Response, and Pathogenicity. MPMI Vol. 24, No. 4: 469–477.
- Chungu C., Gilbert J., et Townley-Smith F.**, 2001: *Septoria tritici* blotch development as affected by temperature, duration of leaf wetness, inoculum concentration, and host. Plant Dis.85:430-435.
- Derbal N.**, 2009 : Etude de la variation spatio-temporelle de certains caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie, Mémoire de Magistère, Option : Biotechnologie Végétale. Département : Biologie. Université : Mentouri Constantine : 4, 7
- Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M., et van Ginkel M.**, 1987: The *Septoria* Diseases of Wheat Concepts and methods of disease management.2dition, Cimmyt, Mexico: 1-4.
- Feillet P.**, 2000 : Le grain de blé : Composition et utilisation, Quae, INRA. Paris : 1
- Halama P.**, 1996: The occurrence of *Mycosphaerella graminicola* téléomorph of *Septoria tritici* in france. Plant pathologie. 45: 135-138

- Hoorne C.; Lamari, L.; Gilbert, J., and Balance, G.M.** 2002 : First report of *Mycosphaerella graminicola*, the sexual state of *Septoria tritici*, in Manitoba, Canada. Can. J. Plant Pathol. 24: 445–449
- Kema, G. H. J., Yu, D., Rijkenberg, F. H. J., Shaw, M. W., et Baayen, R. P.** 1996: Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. Phytopathologie 86: 777-786
- Lepoivre P.**, 2003: Phytopathologie. Edition, De Boeck: 204
- Mehrabi R., Ben M'Barek S., Van der Lee T.A. J., Waalwijk C., De Wit P.J.G.M., et Kema G.H.J.**, 2009: $G\alpha$ and $G\beta$ Proteins Regulate the Cyclic AMP Pathway That Is Required for Development and Pathogenicity of the Phytopathogen *Mycosphaerella graminicola*. EUKARYOTIC CELL, July 2009, Vol. 8, No. 7: 1001–1013
- Morvan Y.**, 2006 : Les maladies fongiques du blé - La septoriose : *Septoria tritici*. Basf Agro: 5p.
- Palmer C. L., et Skinner W.**, 2002: *Mycosphaerella graminicola*: Latent infection, crop devastation and genomics. Molecular Plant Pathology 3(2): 63–70
- Sanderson F. R.**, 1976: *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Sanderson comb, nov., theascogenous state of *Septoria tritici* Rob. apud Desm. New Zealand Journal of Botany 14: 359-60
- 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
- Smadhi D., Mouhouche B., Zella L., et Semiani M.**, 2009 : pluviométrie et céréaliculture dans le système agro-économique d'Algérie. Sciences & Technologie C – N°29: 56-62.
- 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 : phytatrie, Département : de protection des plantes et des maladies post-récoltes, université 7 Novembre de Carthage : 2-9

-**Zahri S. ; Farih A. ; BadocA. et Douira A.**, 2008 : Efficacité de plusieurs fongicides contre la Septoriose du blé. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 147 : 39-48

-**Zillinsky F.J.**, 1983: Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification CIMMYT : 141 P.

-**Zouid R.**, 2008 : Tolérance de quelques variétés de blé dur et blé tendre à la septoriose et étude des mécanismes impliqués dans la résistance à *Septoria tritici*, Mémoire de Mastère, Option : Ressources Phytogénétiques et Biotechnologies, Université 7 Novembre de Carthage : 9-12

Les sites

- [1].<http://www.Fao.céréales/010/ah876F/ah876F02.htm>
(Consulté le : 19/05/2013)
- [2].http://alger-roi.fr/Alger/cahiers_centenaire/productions/textes/p1_chapitre1a.htm
(Consulté le : 13/04/2013)
- [3].http://affinitiz.net/space/sciences/content/_5C504A57-4CC8-4D19-BB71-222D2E3FEA32
(Consulté le : 18/02/2013)
- [4].<http://www.quick-agro.fr/cereales/maladies/117-septoriose-de-lepi.html>
(Consulté le : 07/12/2012)
- [5].<http://gpd.basf-agro.fr/accesrapide.php?cult=ble>
(Consulté le : 05/01/2013)
- [6].<http://www.blogg.org/blog-99907-offset-15.html>
(Consulté le : 05/01/2013)
- [7].<http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/pratiques-et-techniques/adventices-maladies-ravageurs/maladies/Pages/Septoriose---Septoria-nodorum.aspx#>
(Consulté le : 20/11/2012)
- [8].<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Septoria.aspx>
(Consulté le : 06/03/2013)
- [9].http://www.google.dz/imgres?imgurl=http://www.terresdelyonne.com/ressources/maladies/images_maladies/septoriose_pycnide_ble.jpg&imgrefurl=http://www.terresdelyonne.com/ressources/maladies/liste_maladies.php%3Finfo%3D14&usq=F6MY7_fodgIV132FwSpWsG5Jj0=&h=235&w=250&sz=19&hl=fr&start=73&zoom=1&tbnid=LQ0y8Vc5GpxTWM:&tbnh=104&tbnw=111&ei=C_s2UZ7ON4noOuDbgJgD&prev=/images%3Fq%3Dseptoriose%2Bdu%2Bbl%25C3%25A9%26start%3D60%26hl%3Dfr%26sa%3DN%26gbv%3D2%26tbn%3Disch&itbs=1&sa=X&ved=0CEAQrQMwDDg8
(Consulté le : 06/03/2013)
- [10].http://fumiermoudestage.overblog.com/pages/1605_Julien_chez_Epis_Centre-3094893.html
(Consulté le : 15/03/2013)
- [11].<http://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/septoriose-ble-217-54962.html>
(Consulté le : 10/02/2013)

[12].http://www.terre_net.fr/dossier_special/maladies_des_cultures_2011/?idDoss=130&idrub=2607&id=69219

(Consulté le : 19/03/2013)

[13].<http://www.carah.be/ResultatsDEssais/froments/pdf/ArtFR%20fong%202010.pdf>

(Consulté le : 15/04/2013)

Annexe

Annexe :**1- Composition du milieu de culture Sabouraud :**

- Peptone..... 10 g
- Glucose massé..... 20 g
- Agar-agar..... 15 g
- Eau distillée..... 1 000 ml
- Vitamines et facteurs de croissance
- pH = 6,0

- Caractéristiques du milieu sabouraud :

Naturellement acide, il inhibe la croissance de nombreuses bactéries.

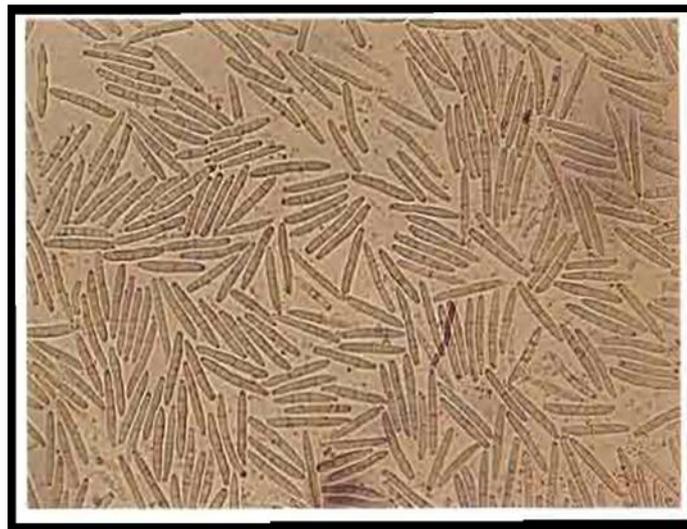
-Principaux types de septorioses des céréales : (Zillinsky, 1983)**- Tache septorienne des glumes :**

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

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

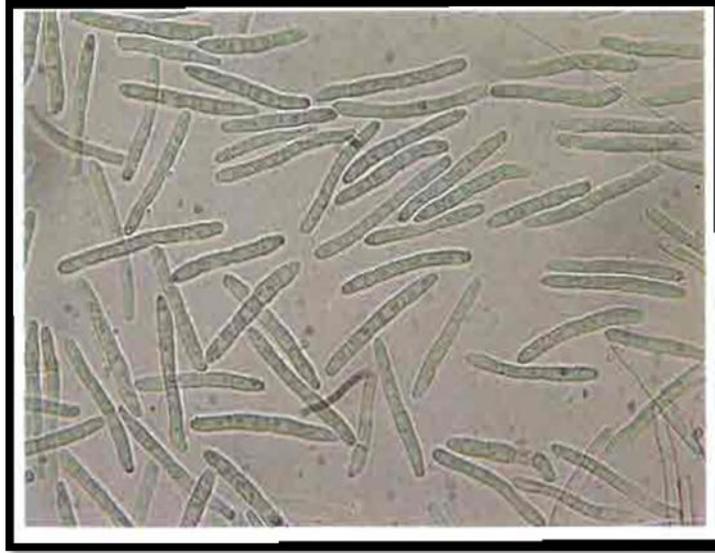


Figure 2 : conidies de *S. avenae* (10 x 40)

-Tache foliaire septorienne de l'orge :



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

-Tache ascochytique :



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