



Réf :/UAMOB/FSNVST/DSA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par :

BENACEUR Zouina & CHIBANE Ahlam

Thème

Contribution à l'étude de l'activité antifongique de deux souches de champignons bénéfiques vis-à-vis de *Fusarium* associé au blé

Soutenu le: 06 / 07 /2022

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
MECELLEM Dalila	MCA	Univ. Bouira	Président
MEBDOUA Samira...	MCB	Univ. Bouira	Promoteur
SAIDI Amal.	Doctorant	Univ. Bouira	Co-Promoteur
BOUBEKKA Nabila	MCA	Univ. Bouira	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022



REMERCEMENT

Ce travail a été réalisé à l'université Mohand Akli Oulhadj - Bouira au sein du laboratoire des sciences agronomique. Ce travail doit beaucoup aux nombreuses personnes qui nous ont encouragés, soutenus et confortés.

Qu'elles trouvent dans ce travail l'expression de nos plus sincères remerciements.

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la force et le courage pour accomplir ce travail.

Nos vifs remerciements vont à Mme MEBDOUA S. notre encadreur pour leur gentillesse, pour leurs conseils et de nous avoir guidé pas à pas le long dans notre travail.

Nous tenons également à remercier les membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail en l'occurrence Mme MECELLEM D et Mme BOUBEKKA N.

Nos profonds remerciements vont à nous familles et surtout nos parents qui nous aident sans cesse,

Nous adressons nos remerciements également à tous membres de laboratoire, avec les quels nous avons eu le plaisir de travailler.

Enfin, un immense merci à tous nos enseignants de agronomie pour nous avoir formées durant notre formation.





DEDICACES

*Après un long travail ce manuscrit voit
enfin le jour, je le dédie :*

*À mes chers parents pour les
quels Aucun hommage ne Pourrait
être à la hauteur de leurs Sacrifices*

À mes sœurs, et à tous mes amis,

*Merci pour tous les
encouragements et le soutien
que j'ai trouvé auprès de vous.*



Ahlam





DEDICACES

C'est avec profonde gratitude que je dédie ce travail de fin d'étude à :

A mon mari, sous son aide précieuse, sous ses encouragements,

Ce modeste travail ne serait achevé.

A mon cher fils Taha, et à tous ma famille

A mon binôme : ahlam



ZUINA

Résumé

Le blé est l'une des céréales les plus consommées dans le monde et occupe une place centrale dans le système agricole. Cette culture est souvent confrontée aux différents types de stress biotique. Les agents de la fusariose sont parmi les exemples de ce stress. L'objectif de notre travail est d'évaluer la capacité de deux espèces fongiques à contrôler les agents de la fusariose. Pour cela nous avons utilisé des tests de confrontation *in vitro* et des tests d'antagonisme sur les grains de blé dur et tendre.

D'après les tests de confrontation directe, on a constaté que l'antagoniste *V. lecanii* est le plus efficace dans l'inhibition de la croissance radiale des souches de *Fusarium* avec des taux d'inhibition entre 34 et 47% pour les souches de *Fusarium graminearum*, *Fusarium Culmorum*, *Fusarium verticillioides*. D'après les tests d'antagonisme de *V. lecanii* avec les quatre souches fongiques et sur les deux types de blé, il apparaît que cet antagoniste était capable de protéger partiellement le blé tendre contre les dommages *Fusarium culmorum*, *Fusarium verticillioides*. Il était capable de diminuer les dégâts de *Fusarium verticillioides* sur le blé dur.

Mots clés : *Verticillium lecanii* ; *Paecilomyces* sp, lutte biologique, *Fusarium*, blé, pathogénicité.

Abstract

Wheat is one of the most consumed cereals in the world and occupies a central place in the agricultural system. This culture is often confronted with different types of biotic stress. *Fusarium* wilt agents are among the examples of this stress. The objective of our work is to evaluate the ability of two fungal species to control *Fusarium* wilt agents. For this we used *in vitro* confrontation tests and antagonism tests on durum and soft wheat grains. From direct confrontation tests, the antagonist *V. lecanii* was found to be the most effective in

inhibiting radial growth of *Fusarium* strains with inhibition rates between 34 and 47% for *Fusarium* strains *graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium verticillioides*. According to the *V. lecanii* antagonist tests with the four fungal strains and on the two types of wheat, it appears that this antagonist was able to partially protect soft wheat against *Fusarium culmorum*, *Fusarium verticillioides* damage. It was able to reduce the damage of *Fusarium verticillioides* on durum wheat.

Key words: *Verticillium lecanii*; *Peaciloumyces* sp, biological control, *Fusarium*, wheat, Pathogenicity.

ملخص

يعتبر القمح من أكثر الحبوب استهلاكاً في العالم ويحتل مكانة مركزية في النظام الزراعي. غالباً ما تواجه هذه الثقافة أنواعاً مختلفة من الإجهاد الحيوي. عوامل الذبول الفيوزاريوم هي من بين الأمثلة على هذا الإجهاد. الهدف من عملنا هو تقييم قدرة نوعين من الفطريات على التحكم في عوامل الذبول الفيوزاريوم. لهذا استخدمنا اختبارات المواجهة في المختبر واختبارات الخصومة على حبوب القمح القاسي والقمح الطري. من اختبارات المواجهة المباشرة ، وجد أن المضاد *V. lecanii* هو الأكثر فعالية في تثبيط النمو الشعاعي لسلاسل *Fusarium* مع معدلات تثبيط بين 34 و 47% لسلاسل *Fusarium graminearum* و *Fusarium culmorum* و *Fusarium verticillioides*. وفقاً لاختبارات مضادات *V. lecanii* مع السلالات الفطرية الأربعة وعلى نوعي القمح ، يبدو أن هذا المضاد كان قادراً على حماية القمح الطري جزئياً من *Fusarium culmorum* ، تلف *Fusarium verticillioides*. كان قادراً على تقليل تلف *Fusarium verticillioides* على القمح الصلب.

الكلمات الرئيسية: *Verticillium lecanii*. *Peaciloumyces* sp ، المكافحة البيولوجية ، الفيوزاريوم ، القمح ، الأمراض الإراضية.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : Données bibliographiques sur le blé	4
I.1. Données agro morphologiques	4
I.1.1. Définition et origine	4
I.1.2. Appareil végétatif	4
I.2. Classification	5
I.3. Différences entre blé tendre et le blé dur	6
I.4. Cycle de développement du blé	6
I.4.1. Période végétative	7
I.4.2. Période reproductive	7
I.4.3. Maturation du grain	8
I.5. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie	8
I.5.1. Dans le monde	8
I.5.2. En Algérie	9
I.6. Maladies fongiques du blé	10
Chapitre II : Données bibliographiques sur la Fusariose du blé	15
II .1. Généralités	15
II .2. Description et Morphologie microscopique du genre <i>Fusarium</i>	15
II.2.1. Classification	16
II.2.2. Cycle biologique	16
II .3. Maladies causées par <i>Fusarium</i> chez le blé	17
II.3. 1. Dégâts de la fusariose	18
II.4. Lutte	19
II.4.1. Lutte culturale	19
II.4.2. lutte génétique	20
II.4.3. Lutte chimique	20
II.4.4. Lutte biologique	21
II.4.5. Lutte intégrée	21
Chapitre III : Utilisation de <i>Verticillium</i> et de <i>Paecilomyces</i> dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures	23
III .1 Définition de lutte biologique	23
III.2 Présentation <i>Verticillium lecanii</i>	23
III.2.1. Classification et caractéristiques de <i>Verticillium lecanii</i>	24
III.2.2. Mécanismes de contrôle biologique du genre <i>Lecanicillium lecanii</i>	24
III.2.3. Importance dans la lutte biologique de <i>Verticillium lecanii</i>	25
III.3. Présentation <i>Paecilomyces sp</i>	25

III.3.1. Généralités.....	25
III.3.2. Classification et caractéristiques	26
III.3.3. Mécanismes de contrôle biologique du genre <i>Paecilomyces</i>	27
III.3.3.1. Parasitisme	27
III.3.4. Importance dans la lutte biologique	28
Chapitre IV : Matériel et méthodes	30
IV.1. Objectif du travail.....	30
IV.2. Matériel utilisé.....	30
IV.2.1. Matériel végétal.....	30
IV.2.2. Matériel fongique	30
IV.3 Méthodologie.....	32
IV.3.1. Préparation des milieux de culture.....	32
IV.3.2. Confirmation de l'identité des souches utilisées.....	33
IV.4. Evaluation de l'activité antifongique de <i>Paeciloumyces sp</i> et <i>Verticillium lecanii</i> vis à vis des 4 souches de <i>Fusarium</i>	35
IV.4.1. Test de confrontation directe en milieu PDA.....	35
IV.4.2. Test d'antagoniste sur les grains de blé	37
Chapitre V : Résultats et Discussion	39
V.1. Confirmation de l'identité des souches de <i>Fusarium</i> utilisées	39
V.1.1. Confirmation par examen macroscopique et microscopiques.....	39
V.2.Confirmation par le test de pathogénicité.....	41
V.2.1. Résultats de test de Pathogénicité des souches (essai sur boîte de Pétri).....	41
V.2.2. Résultats de test de pathogénicité des souches <i>in vivo</i> (essai sur les pots)	44
V.3.Résultats des Tests de confrontation directe.....	45
V.3.1. Confrontation de <i>Verticillium lecanii</i> avec les quatre souches de <i>Fusarium</i>	45
V.3.2. Confrontation de <i>Paecilomyces sp</i> avec les souches de <i>Fusarium</i>	48
V.5. Résultats des Test d'antagonisme de <i>V. lecanii</i> contre les souches de <i>Fusarium</i> (essai sur les grains de Blé)	51
V.5.1. Test antagoniste sur blé tendre	51
V.5.2. Test d'antagoniste blé dur	52
Conclusion.....	55
Références bibliographiques	57
Annexes.....	73

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	: Blé tendre	6
Figure 02	: Blé dur	6
Figure 03	: Cycle de développement du blé (Henry et al.,2000)	8
Figure 04	: Les dix pays les plus importateurs du Blé durant l'année 2022 (FAO, 2022)	9
Figure 05	: Evolution de la production et les superficies récoltées du blé en Algérie durant La période 2010-2020 (FAOSTAT, 2022)	10
Figure 06	: symptôme de rouille noire sur tige	11
Figure 07	: symptôme de rouille jaune.	12
Figure 08	: symptôme de Les septorioses	13
Figure 09	: symptôme de l'oïdium	13
Figure 10	: Caractères morphologiques des Fusarium. (TABUC ,2007).	16
Figure 11	: Cycle de vie de la fusariose.....	17
Figure 12	: Symptôme de blé a-Lésions de la base de la tige du blé / b-Fonte des semis	18
Figure 13	: Symptômes de blanchissement partial des épis de blé	19
Figure 14	: Verticillium lecanii : (a) croissance sur puceron insecte ; (b) croissance sur Milieu	25
Figure 15	: Observation microscopique de Paecilomyces sp	27
Figure 16	: blé dur (Var : Oued El Bared) et blé tendre (Var : HD 1220)	31
Figure 17	: Aspect microscopique (haut) et macroscopique (bas) de Paecilomyces sp	32
Figure 18	: Aspect microscopique et macroscopique de Verticillium lecanii	32
Figure 19	: Étapes de préparation du milieu PDA	33
Figure 20	: les étapes de test pathogénicité sur boîte Pétri	35
Figure 21	: les étapes de test de pathogénicité in vivo	36
Figure 22	: Représentation schématique du test de confrontation directe sur milieu PDA.	36
Figure 23	: Fusarium graminearum : Macroconidies de observés en microscope optique (Gauche X40) et (centre X100), aspect sur milieu PDA (droite)	40
Figure 24	: Fusarium culmorum, Macroconidies observés en microscope optique (gauche X40) et (centre X100), Aspect sur le milieu PDA (droite)	41
Figure 25	: Fusarium lateritium, Macroconidies et microconidies de observés en	

Microscope optique (gauche X40) et chlamydospores (centre X100). Aspect macroscopique Sur le milieu PDA (droite)	41
Figure 26 : <i>Fusarium verticillioides</i> Microconidies observées en microscope optique (X40), Gauche microconidies isolées (gauche), en chaînes (centre), Aspect macroscopique sur le Milieu PDA (droite)	42
Figure 27 : Test de pathogénicité sur blé tendre pour les souches de <i>Fusarium</i> (de gauche à Droite respectivement : Témoin, <i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. verticillioides</i>)	43
Figure 28 : Résultat de test pathogénicité sur les Pots, Témoin (haut-gauche), <i>F. culmorum</i> (Haut-droite), <i>F. graminearum</i> (bas-droite), grains fusariés (bas –gauche)	45
Figure 29 : Effet de l'antagoniste <i>Verticillium lecani</i> sur la croissance radiale du <i>F.</i> <i>Graminearum</i> et <i>F. culmorum</i>	46
Figure 30 : Effet de l'antagoniste <i>Verticillium lecani</i> sur la croissance radiale du <i>Fusarium</i> <i>Lateritium</i> et <i>Fusarium verticillioides</i>	48
Figure 31 : Confrontation directe entre <i>Verticillium lecanii</i> et souche <i>Fusarium lateritium</i> Au après 7 jour (témoin : gauche), (test : droite)	49
Figure32 : Effet de l'antagoniste <i>Paecilomyces sp</i> sur la croissance radiale du <i>F.</i> <i>Graminearum</i> et <i>F. culmorum</i>	50
Figure33 : Effet de l'antagoniste <i>Paecilomyces sp</i> sur la croissance radiale du <i>F. lateritium</i>	51

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau n°01	: Les différences existantes entre le blé tendre et le blé dur (Aidani, 2015)	6
Tableau n°02	: Les maladies fongiques affectant le blé	11
Tableau n°03	: les produits phytosanitaires homologués en Algérie contre le fusarium.	20
Tableau n°04	: Résultats de test de pathogénicité des souches pour le blé tendre (essai sur Boîte de Pétri)	43
Tableau n°05	: Résultats de test pathogénicité des souches de Fusarium sur le blé dur	44
Tableau n°06	: Résultats de test pathogénicité des souches in vivo (essai sur pots)	45
Tableau n°07	: Taux d'inhibition du Fusarium graminearum en présence de V. lecanii	47
Tableau n°08	: Taux d'inhibition du Fusarium lateritium et Fusarium verticillioides en Présence de V. lecanii	48
Tableau n°09	: Effet de V lecanii sur la sporulation F. lateritium et F. verticillioides	49
Tableau n°10	: Taux d'inhibition de la croissance radiale des trois souches de Fusarium en Présence de Paecilomyces sp	51
Tableau n°11	: Effet de Paecilomyces sp sue la sporulation de Fusarium lateritium	51
Tableau n°12	: Test d'antagoniste sur les grains de blé tendre	53
Tableau n°13	: Test d'antagoniste réalisé sur les grains de blé dur	54

Liste des abréviations

DSA : Direction des Services Agricole.

FAO: Food Agricore Organization.

F: Fusarium.

PDA: Potato Dextrose Agar.

SPP: Syndicat des Professionnels du Pneumatique.

V : Verticillium.

Introduction Générale

Introduction

La culture des céréales est considérée comme l'une des premières grandes découvertes ayant exercé une influence majeure sur l'avenir des sociétés humaines. Encore aujourd'hui, les céréales constituent la base de notre alimentation, en raison de la facilité des modes de production, de récolte, de stockage et de transport, de la diversité des aires géographiques de production, de leur richesse en constituants d'intérêt nutritionnel et de diversité des modes de préparation et de consommation (Joil et Jacques, 2010).

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale (Ammar, 2014), De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde. (Ammar, 2014)

La production du blé en Algérie répartit entre blé dur (70 %) et blé tendre (30 %), avec une importante variabilité interannuelle. La cause principale de la faiblesse de la production du blé est le faible niveau de productivité obtenu qui est due à des contraintes abiotiques (sécheresse surtout), humaines (itinéraires techniques appliqués, vulgarisation,) et des facteurs biotiques telle que les adventices, les ravageurs et les maladies (Hammadache, 1995. Ezzahiri, ,2001).

Afin de satisfaire les demandes croissantes des populations, les agriculteurs ont recours à l'intensification des cultures céréalières. Toutefois, ces pratiques, sont accompagnées de l'apparition de plusieurs maladies engendrées par des champignons pathogènes. Ces attaques peuvent conduire à de grands dommages quantitatifs et qualitatifs chez le blé (Meksem et *al.*, 2007, Hennouni et *al.*, 2008).

Les maladies des plantes causées par des champignons phytopathogènes sont assez courantes et peuvent être responsables de pertes de rendement assez fréquentes ainsi que de la détérioration de la qualité des grains. L'une des maladies fongiques les plus dévastatrices qui affectent le blé est la fusariose de l'épi. Les champignons pathogènes du genre *Fusarium* sont responsables de contaminations majeures des blés induisant la fusariose. Par ailleurs, les produits chimiques utilisés à l'heure actuelle pour lutter contre les agents responsables de la fusariose du blé présentent des inconvénients. La plupart d'entre eux sont toxiques pour les utilisateurs. Cela justifie les recherches actuellement menées dans ce domaine, qui tendent à mettre au point de nouvelles méthodes de lutte biologique, impliquant des organismes vivants. La lutte biologique se considère comme une alternative très prometteuse, à cause de l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes. Ces derniers se caractérisent par leur grande variété, leur

dissémination facile, leur spécificité d'action ainsi leur persistance dans l'environnement (Kouassi, 2001).

Les microorganismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les microchampignons, les nématodes et les protozoaires. Les champignons et les bactéries sont les microorganismes les plus utilisés en lutte biologique. Ils ont un intérêt agronomique considérable dans la lutte biologique contre les ravageurs de cultures et sont donc l'objet d'études de plus en plus poussées.

Dans cette optique, s'inscrit l'objectif de notre travail qui se focalise sur la lutte biologique par l'utilisation des souches de *Verticillium lecanii* et *Peaciloumyces sp* contre le champignon phytopathogène *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*, *Fusarium lateritium* responsables de la fusariose du blé. Le pouvoir antagoniste des champignons du genre *Verticillium* et *Peaciloumyces* contre l'agent causal de la fusariose sera testé *in vitro* par des essais de confrontation directe et *in vivo* grâce des essais d'antagoniste sur les grains de semence de blé dur et tendre.

Le présent document est divisé en deux parties. La partie bibliographique et la partie expérimentale. La partie bibliographique qui comporte trois chapitres porteront sur le blé et ses maladies, la fusariose tout en mettant l'accent sur l'agent causal de la fusariose à savoir les champignons du genre *Fusarium*, et enfin les deux agents antagoniste qui vont être utilisé dans la lutte biologique en l'occurrence les champignons *Peaciloumyces sp* et *Verticillium lecanii*. La partie expérimentale comporte un chapitre de matériel et méthodes qui décrira le matériel biologique utilisé dans les différentes expérimentations ainsi que la méthodologie adoptée, et un autre chapitre qui englobe les principaux résultats obtenus et leur analyse. Une conclusion générale et des perspectives seront enfin données.

Chapitre I :

Données bibliographiques sur le blé

Chapitre I : Données bibliographiques sur le blé

I.1. Données agro morphologiques

I.1.1. Définition et origine

Le blé appartient au genre *Triticum* de la famille des Poaceae (graminées). C'est une plante herbacée annuelle, monocotylédone, à feuilles alternes, formée d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs de cette plante sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes. La fleur est cléistogame, c'est-à-dire qu'elle reste fermée, la pollinisation s'effectuant par autogamie qui est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence (qui ne s'ouvre pas), appelé caryopse, constitué d'une graine (composée d'un embryon et d'un tissu de réserve constitué de 70% d'amidon et 15% de gluten) et de téguments. Les principaux caractères des espèces de blé que l'homme a cherché à sélectionner sont : la robustesse de l'axe de l'épi (qui ne doit pas se casser lors de la récolte), la séparation facile des enveloppes du grain, la grande taille des grains et la compacité des épis (plus maniable que l'épi lâche), mais également la productivité et la résistance au froid ou aux maladies.

On distingue deux espèces de blé les plus cultivées : le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Elles se différencient par la friabilité de l'amande, qui est plus importante pour le blé tendre et permet la transformation en farine, alors que le blé dur est plus apte à se transformer en semoules. Le blé tendre est utilisé pour la panification, la pâtisserie, la biscuiterie. Il est panifiable. Le blé dur est utilisé pour les pâtes alimentaires, les semoules, les couscous. Il est pastifiable.

Chacune de ces espèces compte plusieurs variétés dont les caractéristiques sont très diverses tant par leur composition que par leurs qualités technologiques (Feillet, 2000).

I.1.2. Appareil végétatif

I.1.2.1 Description générale de la plante

Le plant de blé se compose de différentes parties, dont les caractéristiques sont décrites comme suit :

A. Tige

La tige commence à prendre son caractère au début de la montaison, c'est-à-dire prend sa vigueur et porte 7 à 8 feuilles, elle présente des bourgeons auxiliaires que servent à l'origine des talles (Alismail *et al.*, 2017).

B. Feuilles

À maturité, le plant de blé possède une douzaine de feuilles, la taille de la feuille croît avec sa position sur la tige (Casnin *et al.*, 2013).

C. Fleurs

L'inflorescence chez le blé est de type épi, avec une unité morphologique de base qui est l'épillet. Le rachis, ou axe de l'épi, porte de 15 à 25 épillets, organisés en deux rangées situées de part et d'autre de l'axe. L'épillet se compose d'un ensemble de 3 ou 4 fleurs à l'intérieur de deux glumes, Les fleurs sont, petites et peu visibles (Soltner, 2005).

D. Racines

Les racines de blé sont de type fasciculé peu développé (Alismail *et al.*, 2017).

E. Graines

Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Ce grain est à la fois le fruit et la graine. Les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine, on appelle ce type de fruit un caryopse. Les graines sont de formes ovoïdes (Soltner, 2005, Ait-slimane-ait-kaki., 2008).

I.2. Classification

Le blé (Genre : *Triticum L*) est une herbacée annuelle, appartenant au groupe des céréales à paille. Ce genre comprend les diverses espèces de blé cultivées, notamment le blé tendre (*Triticum aestivum L*) qui est le blé hexaploïde le plus cultivé, et le blé dur (*Triticum durum desf*) qui est actuellement le blé tétraploïde le plus cultivé.



La classification la plus crédible e la plus récente du blé selon ITIS (2022) est la suivante :

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheophyta
Sous-embranchement	Spermatophytina
Classe	Magnoliopsida
Super ordre	Lilianae
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	<i>Triticum</i>

I.3. Différences entre blé tendre et le blé dur

Les différences existantes entre un blé tendre et un blé dur sont résumés dans le tableau suivant (Aidani, 2015) :

Tableau n°01 : Les différences existantes entre le blé tendre et le blé dur (Aidani, 2015)

Caractères	 Figure 01 : Blé tendre	 Figure 02 : Blé dur
Aspect Génétique	3 génomes A,B et D $2n = 42 = 3x (2x7)$	2 génomes A et B $2n = 28 = 2x (2x7)$
Prédominance	De l'amidon	Des protéines
Aspect De la plante	Feuilles très étroites, Maturation très rapide	Feuilles large, maturation très longue moisson tardive exigeante du point de vue sol et climat
Forme	Texture opaque, Structure de l'amande farineuse	Texture vitreuse
Utilisation	Obtention de la farine utilisée dans la fabrication du pain et des biscuites.	Obtention de la semoule à partir de laquelle on fabrique de la galette, du couscous et des pâtes alimentaires.

I.4. Cycle de développement du blé

Le cycle annuel de croissance de blé se compose de plusieurs phases végétatives au cours desquelles la plante passe par une série d'étapes séparées par des stades repères. Ceux-ci permettent de diviser en deux périodes la vie des céréales : La période végétative : de la germination à l'ébauche de l'épi et une période reproductrice : la formation et la croissance de l'épi. Les stades de développement sont les suivants:(Ouanzar, 2012).

I.4.1. Période végétative

I.4.1.1. Phase germination – levée

Le stade végétatif de la levée est noté lorsque 50 % des plantes émergent de terre (Henry et Buysler, 2000). Le blé passe par plusieurs étapes afin d'atteindre la phase de tallage :

A) Semis-levée : C'est une phase intermédiaire entre la date de semis et la date de levée. Elle comprend la germination, L'élongation de la coléoptile, et la croissance de la première feuille qui perce en son sommet la coléoptile (Gâte, 1995).

B) La levée : L'apparition de la 1ère feuille qui traverse la coléoptile, enveloppée par une gaine rigide et protectrice. (Gate, 1995).

C) Stade 2 – 3 feuilles : Après la levée, un nombre de feuilles définie entassées en position alternée de la base jusqu'au tiers médian de l'apex croissent et émergent les unes après les autres selon un rythme régulier (Gate, 1995).

I.4.1.2. Phase de tallage

La plante possède 3 à 4 feuilles. Une nouvelle tige apparaît sur le maitre-brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage (Gate, 1995). Le nombre de talles émis par la plante est très variable : il dépend notamment de la densité de semis, des conditions climatiques et de la variété. Le tallage peut s'arrêter lorsque la plante a seulement 3 jusqu'à 7 talles (Ouanzar, 2012).

I.4.2. Période reproductive

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (stade A), ce stade marque la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral. Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes. Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles (inférieure et supérieure), organes sexuels (étamines et stigmate) ; et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles différencient des ébauches d'épillets puis des pièces florales et montent. C'est le tallage épi. Au stade gonflement, l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence l'épi sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison (Boufenar et Zaghouane, 2006).

I.4.3. Maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. La maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains, par la suite les grains perdent leur humidité. L'accumulation joue un rôle capital sur le rendement (Belaid, 1996).

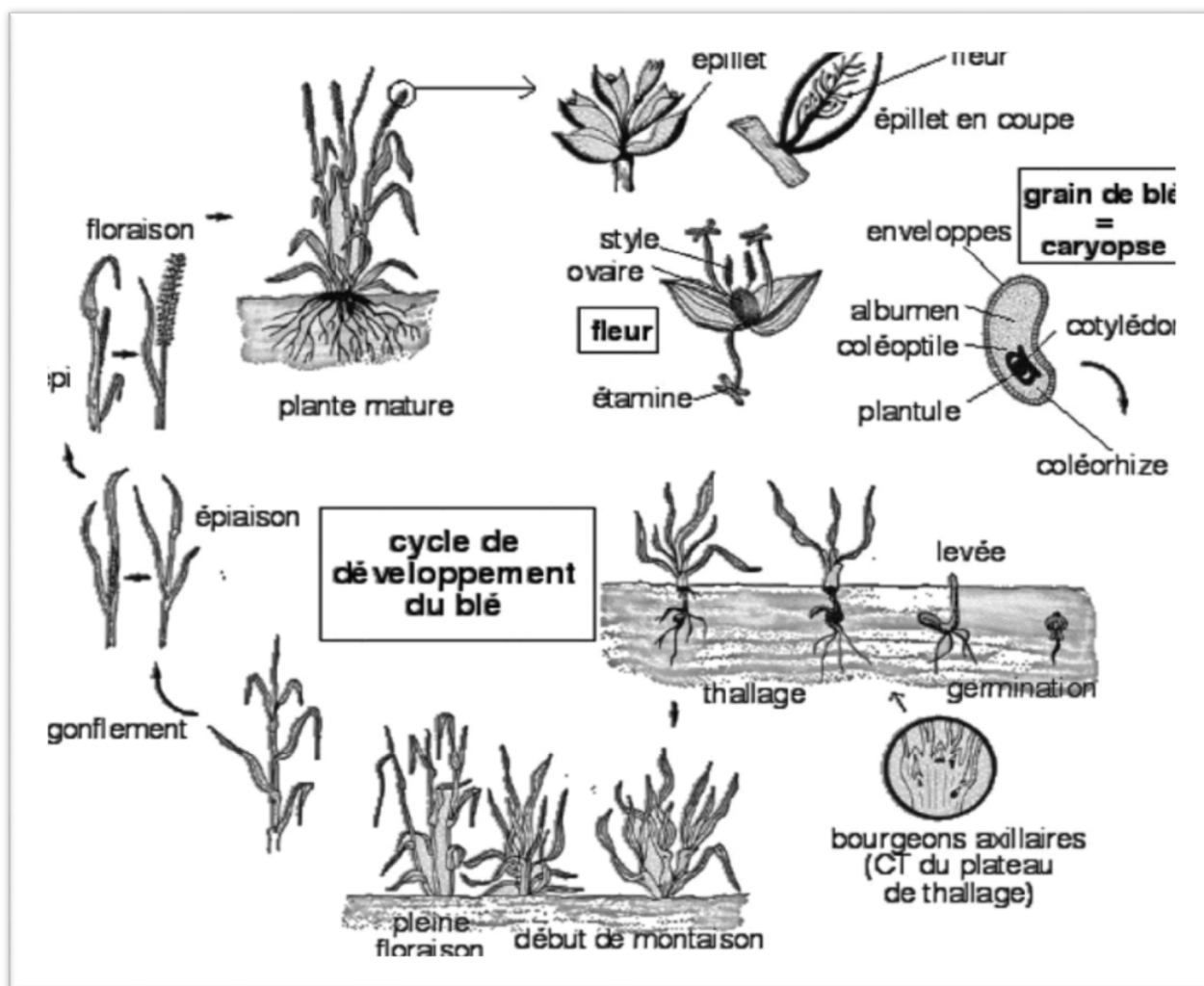


Figure 03 : Cycle de développement du blé (Henry et al.,2000)

I.5. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

I.5.1. Dans le monde

En Compte tenu de l'état des cultures déjà en terre et des semis prévus, les projections indiquent un repli de la production mondiale de céréales, laquelle devrait s'établir à 2,784 milliards de tonnes, soit 16 millions de tonnes de moins que la production record estimée pour 2021 », a précisé la FAO, Parmi les principales céréales, la plus forte baisse de production prévue concerne le maïs, suivi du blé et du riz, a indiqué la FAO.

D'après les premières prévisions de la FAO concernant la production mondiale de céréales en 2022 et de son utilisation en 2022-2023, la production céréalière ne serait pas suffisante pour satisfaire les besoins d'utilisation escomptés, ce qui conduirait à une contraction de 0,4% des stocks mondiaux de céréales par rapport à leurs niveaux d'ouverture, stocks qui s'établiraient ainsi à 847 millions de tonnes.

Les échanges mondiaux de céréales devraient subir leur plus fort repli en trois ans, en s'établissant à 463 millions de tonnes, soit 2,6 pour cent en dessous de leur niveau de 2021-2022, selon la FAO 2022. Cette baisse anticipée s'explique par une contraction probable des échanges mondiaux de céréales secondaires et de blé. (FAO, 2022)

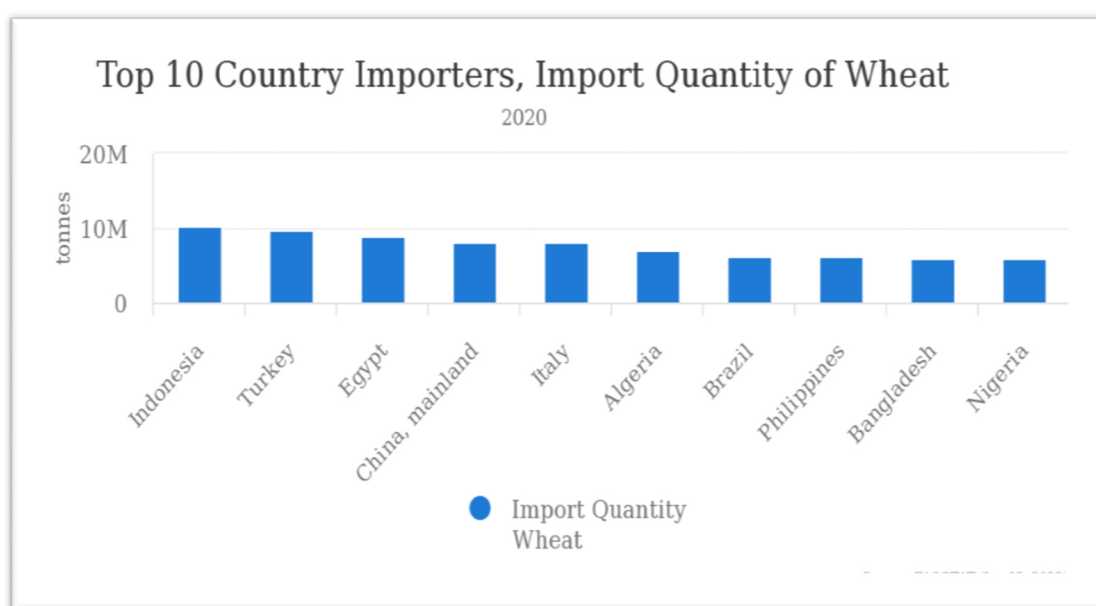


Figure 04 : Les dix pays les plus importateurs du Blé durant l'année 2022 (FAO, 2022)

I.5.2. En Algérie

Après une saison agricole 2020/2021 marquée par une grave sécheresse ayant entraînée une baisse sensible de la production céréalière du pays. Première conséquence, l'Office interprofessionnel des céréales (OAIC) n'a collecté que 13 millions de quintaux de céréales en 2021 contre 27 millions de quintaux un an auparavant. Pour couvrir ses besoins, l'Algérie importe entre 70 et 80 millions de quintaux de blé annuellement. En particulier, le blé tendre destiné à la production de la farine. En 2020, la facture des importations des céréales avait dépassé les 2,8 milliards de dollars. Pour 2021, cette facture serait plus lourde en raison de la baisse de la production locale de céréales et la hausse de leurs prix sur les marchés mondiaux.

Selon les dernières données de la FAO, le prix du blé a augmenté de 31% de l'année passée. (FAO, 2022).

La production du blé en Algérie a connu une amélioration grâce à la stratégie du « Renouveau agricole et rural » lancée en 2010 et 2022 (Figure 05) qui vise une augmentation de la production de blé de 85%, avec, à l'horizon 2020, une quasi-autosuffisance en blé dur. Pour l'année 2020, la production du blé était 3, 106,754 tonnes pour une superficie de 1, 848,083 ha (FAO, 2022).

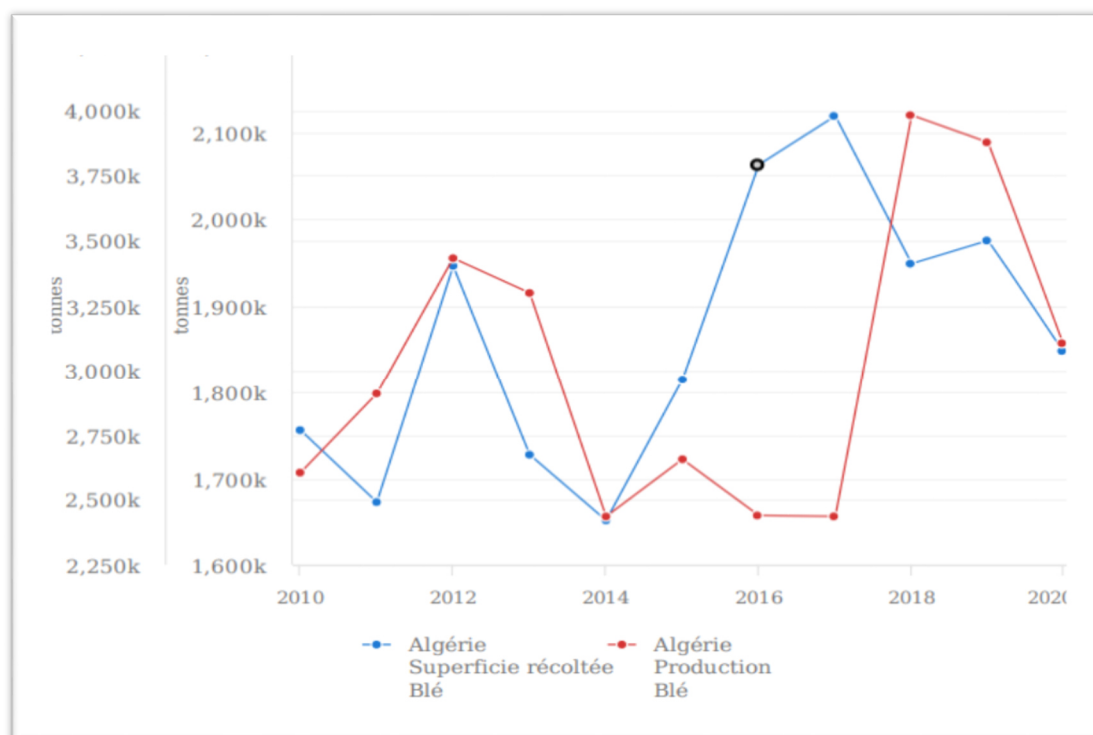


Figure 05 : Evolution de la production et des superficies récoltées du blé en Algérie durant la période 2010-2020 (FAOSTAT, 2022)

I.6. Maladies fongiques du blé

Les maladies des céréales peuvent être classées selon leurs symptômes spécifiques qu'elles induisent et les parties de plante qu'elles affectent (Aouali et Douici-Khalfi, 2009). De ce fait on distingue :


- ✓ Maladies du pied (piétin verse, piétin échaudage, rhizoctone, fusariose) : ces maladies causent des fontes de semis. Elles affectent donc la première composante du rendement.



Chapitre I : Données bibliographiques sur le blé


- ✓ Maladies foliaires (septorioses, rouilles, oïdium) : maladies qui affectent le feuillage en diminuant la surface foliaire (photosynthèse).
- ✓ Maladies de l'épi (fusariose, septoriose nodorum, caries, charbons) : elles affectent la qualité du grain.

La plupart des maladies du blé sont dues aux champignons (Tableau n°02), ces derniers détruisent chaque année une bonne partie (environ 1/4) des récoltes mondiales (Nasraoui, 2006 ; Le poivre, 2003).

Tableau n°02 : Les maladies fongiques affectant le blé

Maladies	Agent causal	Symptômes
Les rouilles	<p>- Agent de la rouille noire : rouille des tiges : <i>Puccinia graminis</i>.</p>  <p>Figure 06 : symptôme de rouille noire sur tige</p>	<p>- Les pustules sont longues, elles sont de couleur rouge brique à marron foncé (Ouali et Ouali, 2013). Elles sont elliptiques, Se développent parallèlement à l'axe de la longueur de la tige, de la feuille et de la gaine. Les pustules peuvent apparaître aussi sur de l'épi. Quand l'épiderme couvrant les pustules rompt, il montre une masse brune rouge d'urédospores. Plus tard dans la saison, au fur et à mesure que la plante approche de la maturité, la couleur brune des pustules tourne au noir (Nasraoui, 2006).</p>

	<p>- Agent de la rouille jaune : rouille des glumes : <i>Puccinia striiformis</i> .</p>  <p>Figure 07 : symptôme de rouille jaune.</p>	<p>- Des pustules orangées apparaissent sur les feuilles et les tiges disposées en stries le long de nervures des feuilles. (Masson, 2012). Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles et sur les épis et les grains. À la fin de la saison de croissance, ces pustules deviennent noires étant donné la formation de spores connues sous le nom de téléospores. Ces pustules correspondent à la déchirure de l'épiderme qui laisse apparaître ainsi une poudre dont la couleur jaune, Les rouilles ne sont pas transmises par semence (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).</p>
<p>Les septorioses</p>	<p>-<i>Septoria nodurum</i>. Responsable de la septoriose des feuilles et des épis - agent des responsables de la septoriose des feuilles : <i>Septoria tritici</i>.</p>  <p>Figure 08 : symptôme de Les septorioses</p>	<p>-Les symptômes commencent par de petites taches de couleur brune rougeâtre irrégulière sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures (Sayoud et al., 1999), pour ensuite s'étendre longitudinalement et prendre une couleur gris clair.</p>

<p>L'oïdiums</p>	<p>-Le blanc : <i>Erysiphe graminis</i></p>  <p>Figure 09 : symptôme de l'oïdium</p>	<p>- Le premier signe d'attaque par ce parasite est l'apparition de taches sous forme de duvets blanchâtres ou gris pâle sur les limbes des feuilles. Durant la progression de la maladie, les duvets se développent sur les feuilles des étages supérieurs. Les taches d'Oïdium apparaissent sur les gaines des feuilles et les glumes des épis (Sayoud <i>et al.</i>, 1999).</p>
-------------------------	---	--

Chapitre II :
Données bibliographiques sur la
Fusariose du blé

Chapitre II : Données bibliographiques sur la Fusariose du blé

II .1. Généralités

La fusariose est une maladie fongique qu'on trouve sur toute une gamme d'hôtes, dont le blé, l'orge, le maïs et les herbages graminées (Richard, 2004 ; Merulo et al., 2008 et Mathieu et al., 2012). Elle cause des pertes de rendements considérables qui sont dus à l'avortement des fleurs, la diminution du nombre et du poids des grains et à l'altération de la qualité des grains (Prescott et al., 1987 ; Ballois, 2012). Certaines espèces de *Fusarium* présentes sur les céréales peuvent conduire à la contamination des grains par diverses mycotoxines (Prescott et al., 1987 ; Ballois, 2012).

II .2. Description et Morphologie microscopique du genre *Fusarium*

Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macroconidies *fusiformes* et cloisonnées (le nom de *Fusarium* vient du latin « *fusus* » car les spores de ces moisissures sont en forme de fuseau). Dans la (figure 12) sont présentés les principaux caractères morphologiques de genre *Fusarium*.

Les conidiophores, parfois très ramifiés, forment sur le thalle des coussinets (sporodochies) et portent des masses de spores. (Figure 6). Caractères morphologiques des *Fusarium*. Les phialides, plus ou moins allongées, présentent, le plus souvent, un site de bourgeonnement unique (monophialide) situé à l'extrémité d'un col allongé (*F. solani*) ou court et trapu (*F. oxysporum*). Chez d'autres espèces comme *F. proliferatum*, les phialides présentent plusieurs sites de bourgeonnement (polyphialides).

Les phialides produisent deux types de conidies (figure 8) :

- microconidies – uni- ou bicellulaires, piriformes, fusiformes, cylindriques ou ovoïdes, isolées, solitaires ou groupées, disposées en verticille ou plus rarement en chaînettes (*F. verticilloides*).
- macroconidies – conidies pluricellulaires à cloisons seulement transversales, souvent groupées en paquets. Les macroconidies sont fusiformes, souvent courbées, avec une cellule basale pédicellée, formant un sort de talon plus ou moins visible. Les chlamydospores, sont parfois présentes, en position terminale ou intercalaire (Roquebert, 1998)

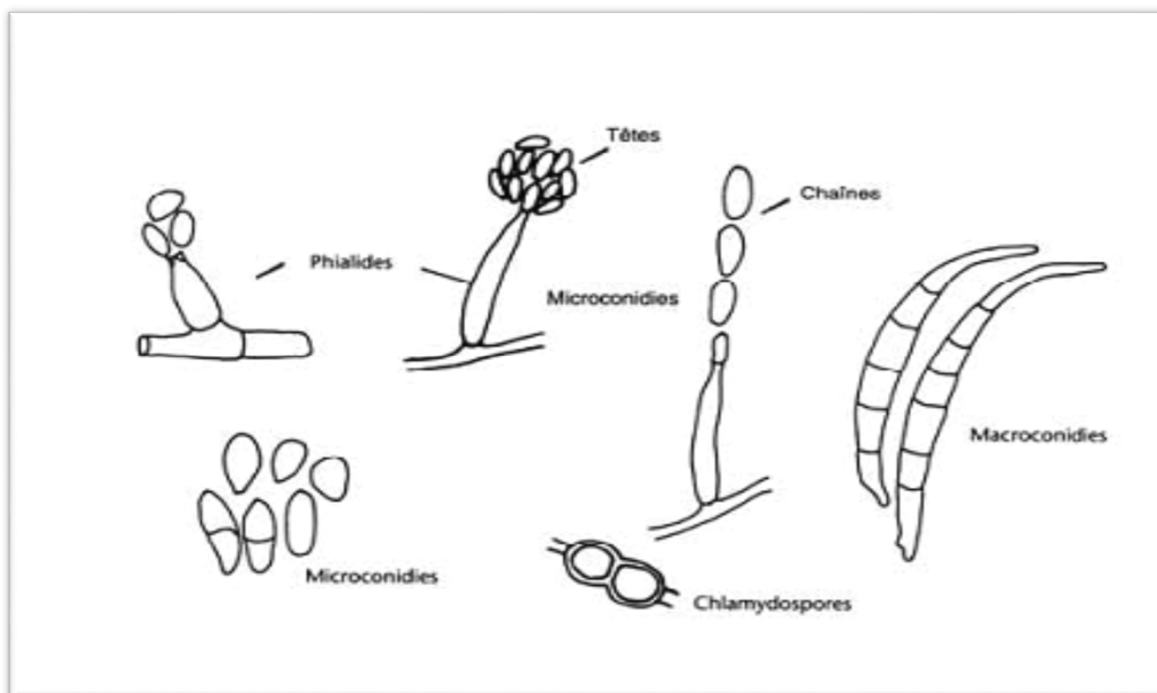


Figure 10 : Caractères morphologiques des *Fusarium*. (Tabuc ,2007).

II.2.1. Classification

- Règne : Fungi
- Embranchement : Ascomycota.
- Classe : Sordariomycetes.
- Ordre : Hypocreales.
- Famille : Nectriaceae.
- Genre : *Gibberella*

II.2.2. Cycle biologique

Le champignon qui cause la maladie persiste et se multiplie sur les résidus végétaux infectés, qu'il s'agisse de céréales, de graminées ou d'autres plantes, cultivées ou non, qui se trouvent dans le champ et dans les environs. Les spores de *Fusarium* se déposent sur les épis à la faveur du vent et des éclaboussures. Les petites céréales sont sensibles à l'infection à partir de la floraison (apparition de l'épi) jusqu'au stade mi-pâteux ; selon les caprices du climat. (Martin et *al.*, 2007).

Les conditions les plus propices à l'infection sont des périodes de 48 à 72 heures de forte humidité et des températures de 24 à 30 °C. Des périodes plus longues d'humidité élevée combinées à des températures fraîches peuvent aussi provoquer l'infection. Les infections qui

se produisent tôt dans la saison produisent parfois des spores qui, transportées par le vent, peuvent propager la maladie (Martin *et al.*, 2007).

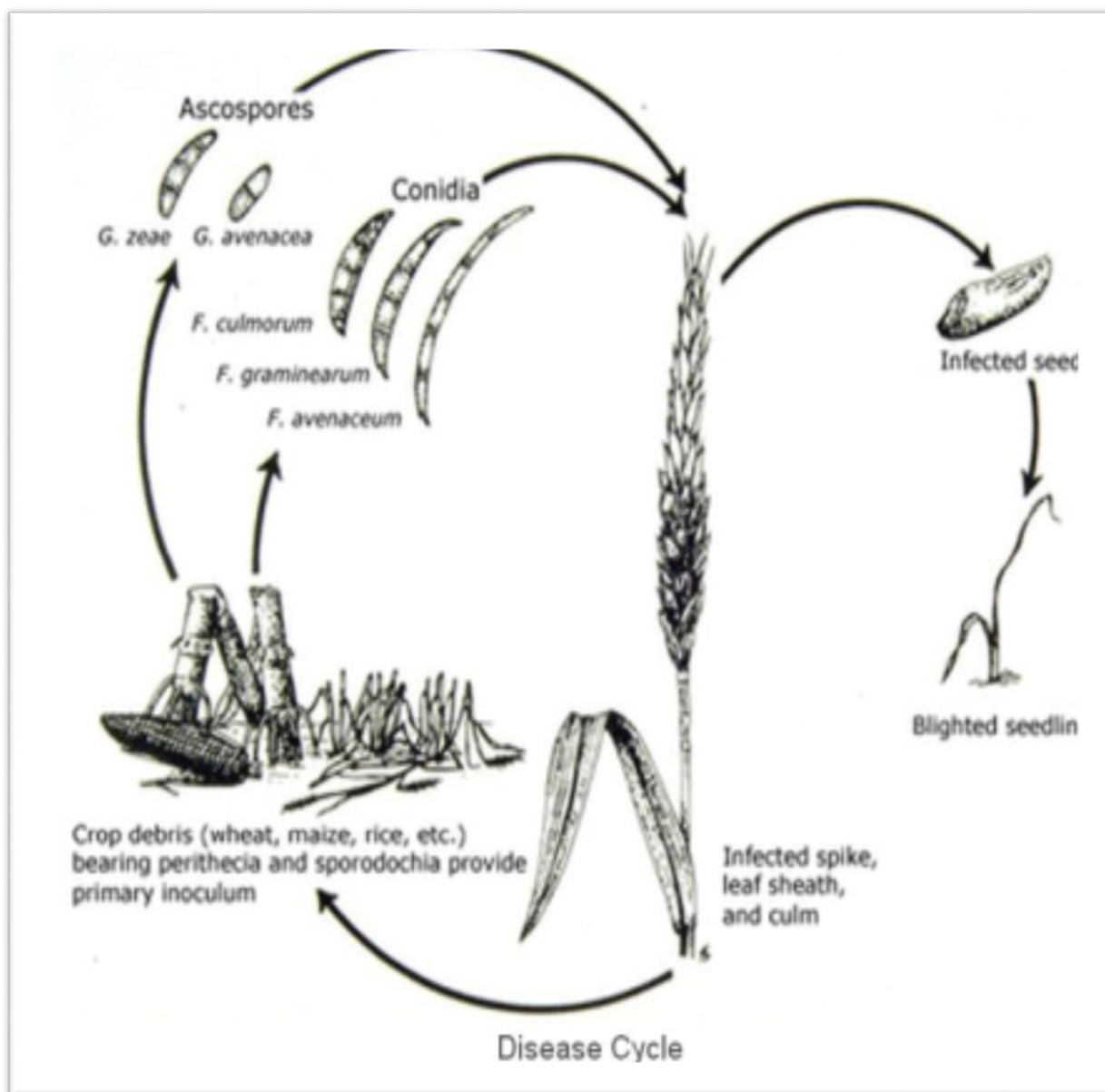


Figure 11 : Cycle de vie de la fusariose

II .3. Maladies causées par *Fusarium* chez le blé

La fusariose est une maladie des céréales dite (à petits grains) qui sévit à travers le monde. Sous les conditions climatiques favorables, la fusariose peut attaquer à tous les stades de développement et tous les organes de la plante, depuis les racines jusqu'aux épis.

II.3. 1. Dégâts de la fusariose

Les espèces du genre *Fusarium* sont des pathogènes responsables des pertes économiquement importantes chez la majorité des cultures. Ces agents pathogènes peuvent causer la Fonte de semis et Piétin échaudage, Les maladies des épis et du collet (PAUVERT, 1984).

II.3. 1.1. Fonte de semis et Piétin échaudage

La fonte de semis est due à des semences contaminées et elle est fréquente dans les régions humides où la maladie de l'épi prédomine. Moins fréquemment, cette maladie peut être causée par l'inoculum présent dans le sol ce qui est généralement le cas des régions arides (GARGOURI, 2003).

La maladie peut se traduire par des manques à la levée. En effet, la germination a eu lieu mais les racines meurent au cours de leur développement ou elles sont partiellement nécrosées. La fonte de semis due au *Fusarium* se manifeste tardivement, elle est localisée dans les zones les plus sèches. Parfois, la maladie se traduit par le dessèchement brutal de jeunes plantules qui restent dressées. Dans le cas d'une infection sévère, les racines latérales avortent ou encore sont détruites dans un stade assez jeune, et dessèchement des parties basales au niveau du collet des plantes, entraînant une fragilité des tiges qui se brisent facilement près du collet lorsqu'on tente de les arracher, par des nécroses sur les talles inférieures, le collet, entre nœuds, et les racines (SCHILLING et *al.*,1996) (Figure 10 : ab).



A-Lésions de la base de la tige du blé



b-Fonte des semis

Figure 12 : Symptôme de blé a-Lésions de la base de la tige du blé / b-Fonte des semis

II.3.1.2. Maladies des épis

La fusariose peut être reconnue par la présence, après la floraison, d'un ou de plusieurs épillets échaudés. Les symptômes sont très visibles dans le champ car elles se manifestent par un blanchissement de l'épi (figure 13). Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi dont ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas. Les grains murs peuvent être ratatinés, petits, ridés, blancs, ou parfois roses (grains momifiés). Ces derniers sont susceptibles de contenir des mycotoxines qui sont des poisons pour l'homme et le bétail (Parry et *al.*, 1995 ; Agrios, 2005). Les mycotoxines diminuent la qualité nutritive (Champeil, 2004).

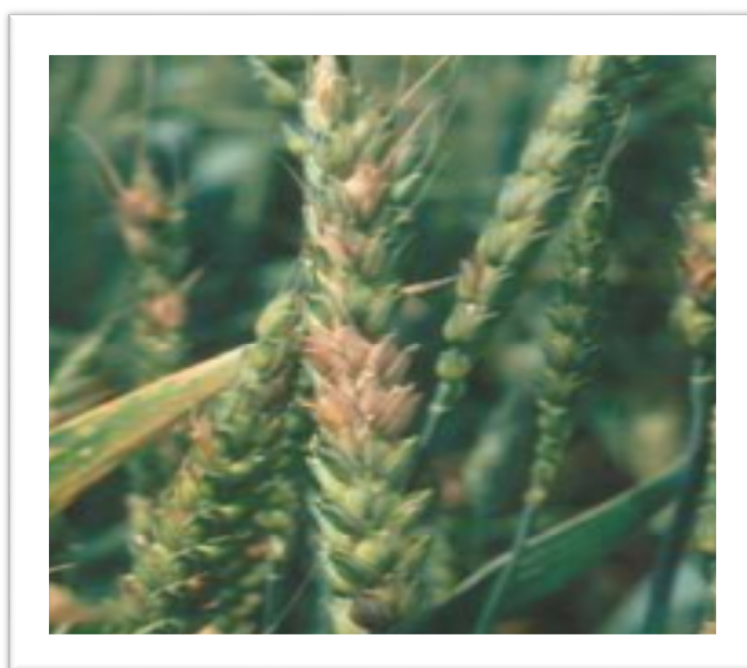


Figure 13 : Symptômes de blanchissement partiel des épis de blé

(Loughman et *al.*, 2004)

II.4. Lutte

II.4.1. Lutte culturale

Cette lutte vise à limiter l'accroissement du taux de l'inoculum dans le sol et consiste à : l'utilisation des semences saines, l'utilisation de la fumure azotée de façon rationnelle (Mauler et *al.*, 1997), l'élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond et à la réalisation des rotations d'au moins deux ans en dehors des céréales (alterner avec des légumineuses), (Gilbert et Tekauz, 2000). L'utilisation de la

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

II.4.2. lutte génétique

Jusqu'à présent, aucun génotype de blé présentant une résistance absolue à la fusariose sur épi (Mascher et *al.*, 2005). N'a encore été trouvé ce qui rend la situation plus difficile la sélection variétale doit tenir compte aussi des caractères agronomiques et la résistance à d'autres maladies, (Yuen et Schoneweis, 2007). En utilisant le cultivar chinois Sumai 3 qui semble être le plus utilisé comme une source de résistance contre la gale de l'épi (Yu *et al.*, 2008).

II.4.3. Lutte chimique

Le traitement chimique est l'une des méthodes utilisées pour lutter contre cette maladie. Le tébuconazole est l'un des fongicides utilisés, mais son efficacité est insuffisante vis-à-vis de la contamination par le DON. Récemment, un nouveau fongicide Prosaro (une combinaison entre le prothi-conazole et le tebuconazole) s'est montré à être le plus efficace. Cependant, pour l'ensemble des fongicides, une application homogénéisée, dans le temps approprié est indispensable pour la réussite du traitement (Yuen, 2007).

Tableau n°03 : les produits phytosanitaires homologués en Algérie contre le *Fusarium* (DPVCT, 2017)

Matière active	Nom commercial	Maladies
Difenoconazole	-DIVIDEND -AGRICONAZOLE 25 EC	Caries, charbon nus, fusariose, Septoriose, helminthosporiose, Rhynchosporiose, Rouille brune
Difenoconazole+ Cyproconazole	DIVIDEND STAR	Caries, charbon couvert, fusariose
Tebuconazole	-ACILE 060 FS -AKORUS -BUNAZOLE 250 -HORIZON 250 EW -HORIZEEL 25 EC -RAXIL 060 FS -SARGHO60FS -SEMICONAZOLE 60 FS	Caries, charbon, septoriose, Helminthosporiose, fusariose, oïdium, Rouille jaune, brune et noire

	-TEBIZOLE 25 WP -TEBUCONATE -TALENT 25 EC -TOLEDO 250 EC	
Prothioconazole+ Tebuconazole	-LAMARDOR 400 FS -PROSARO 250 EC	Carie, charbon nu, septoriose, fusariose, Rouille brune, oïdium
Spiroxamine + Tebuconazole + Triadimenol	FALCON	Rouille, septoriose, fusariose, oïdium
Cyproconazole+ Picoxystrobine	-ACANTO PLUS	Oïdium, septoriose, rouille jaune, rouille Brune, fusariose, piétin verse, Helminthosporiose.
Trifloxytrobine	-PINK	Fusariose rouille, helminthosporiose

II.4.4. Lutte biologique

Plusieurs microorganismes ont montré leur efficacité dans la protection du blé contre la fusariose. Les genres *Bacillus*, *Lysobacter* et *Pseudomonas* sont les agents bactériens les plus étudiés (Yuen et al., 2007). Des champignons des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Cryptococcus* et *Trichoderma* peuvent réduire l'inoculum de nombreuses espèces du genre *Fusarium* notamment *F. graminearum* (Palazzini et al., 2007). Actuellement, plusieurs chercheurs utilisent les anthères du blé pour extraire des microorganismes pour la lutte biologique contre cette maladie (Schisler et al., 2006 ; Pa Lazzini et al., 2007). Schisler et al (2006) rapportent que les tissus floraux du blé contiennent la choline et la betaine, deux composés qui stimulent la croissance mycélienne de *Gibberella zae* (téléomorphe de *F. graminearum*), le principal agent de la Fusariose de l'épi. Ils ajoutent que chaque souche pouvant dégrader la choline peut être utilisée pour lutter contre cette maladie.

II.4.5. Lutte intégrée

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

Chapitre III :

**Utilisation de *Verticillium* et de
Paecilomyces dans la Lutte Contre les
Bioagresseurs des Cultures**

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

III.1 Définition de lutte biologique

La lutte biologique est une méthode de lutte contre les nuisibles tels que les ravageurs des cultures (insectes, acariens, nématodes, etc.), les maladies (fongiques, bactériennes, virales, etc.), ou les mauvaises herbes (plantes adventices) au moyen d'organismes vivants antagonistes, appelés agents de lutte biologique (qui appartiennent au groupe des auxiliaires des cultures). Elle se base sur l'utilisation de prédateurs (nématodes, arthropodes, vertébrés, mollusques), parasitoïdes, agents pathogènes (virus, bactéries, champignons, etc.), (Bojanowski, 2011), herbivores (ou phytophages), sans faire appel à des pesticides. Elle a pour but de maintenir les populations d'organismes bioagresseurs en dessous d'un seuil de nuisibilité.

III.2 Présentation *Verticillium lecanii*

Le deutéromycète *Verticillium lecanii*, est l'un des agents de lutte biologique fongique les plus courants et les plus importants qui causent des infections principalement aux membres des Homoptères (figure 12). C'est un champignon entomophage se sont produits sur les coccidés, pucerons, thrips, diptères, homoptères, il peut se reproduire sur d'autres substrats tels que les rouilles et autres champignons. Les observations au microscope électronique à transmission ont fourni la preuve que *V. lecanii* a également le potentiel de coloniser les structures mycéliennes de *Sphaerotheca fuliginea* et réduit la pathogénicité de ce champignon phytopathogène en conditions de laboratoire (Askary et al., 1997 ; Thiery et al., 2015). Le parasitisme de *V. lecanii* a été bien démontré contre de nombreux autres champignons phytopathogènes comme *Puccinia graminis* var. *tritici* (Häussler et al., 1981), de culture PDA (Sharma et al., 2020).



Figure 14 : *Verticillium lecanii* : (a)



Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

croissance sur puceron insecte ; (b) croissance sur milieu

III.2.1. Classification et caractéristiques de *Verticillium lecanii*

Il s'agit d'un champignon anamorphique ascomycète connu pour son activité contre certains ravageurs et pathogènes des plantes cultivées. Les espèces de champignons entomopathogènes qui appartenaient auparavant au genre *Verticillium* section Prostrât ont été récemment reclassées sur la base des caractéristiques morphologiques et sur la base de la séquence de la région d'espacement transcrit interne (ITS), sous le nom de genre *Lecanicillium* classification, *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) Zare & Gams est l'espèce type et considérée comme un complexe d'espèces, qui comprend, *L. Lecanii*, comprend *L. muscari*, (Zare et Gams, 2001).

- Règne : Fungi
- Phylum : Ascomycota
- Classe : Sordariomycetes.
- Ordre : Hypocreales
- Famille : Cordycipitaceae
- Genre : *Lecanicillium*
- Espèce : *Lecanicillium lecanii*

III.2.2. Mécanismes de contrôle biologique du genre *Lecanicillium lecanii*

Lutte biologique s'appuie sur mécanismes d'action tels que la compétition (sur ou pour les éléments nutritifs, l'oxygène, ou l'espace), l'antibiose, le parasitisme, la diminution de l'agressivité du pathogènes et l'induction de la résistance chez la plante (Jijel, 2003).

III.2.2.1. Parasitisme

Le parasitisme est un processus qui consiste en une interaction directe entre deux microorganismes où les tissus vivants de l'un constituent une base nutritive pour l'autre (Helleu et Holmes, 2005).

Le mycoparasitisme est le parasitisme d'un champignon par un autre. Différents degrés de spécificité de l'hôte sont rencontrés chez le mycoparasitisme. Certains isolats peuvent infecter un grand nombre de champignons taxonomiquement divers, tandis que d'autres démontrent un haut niveau de spécificité (Askary et al., 1998). Dans la plupart des études sur *Verticillium lecanii* autant qu'agent de contrôle biologique contre les agents pathogènes des plantes,

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

l'activité a été attribuée au processus du parasitisme. Askary et al. (1997) ont fourni des preuves ultrastructurales du processus de parasitisme de *Podosphaera Fuliginea*. Le processus de parasitisme est accompagné par la production d'enzymes lytiques. En effet, un éventail d'enzymes lytiques extracellulaires a été rapporté pour les isolats de *Verticillium lecanii*, ces enzymes sont des cellulases, des protéases, des b-1,3-glucanases, des chitinases, des β -N-acetylglucosaminidases (Bidochka et al., 1999 ; Saksirirat et Hoppe, 1991, Sharma et al., 2020 ; Rojas-Osnaya et al, 2020) et des pectinases (Benhamou et Brodeur, 2001).

III.2.3. Importance dans la lutte biologique de *Verticillium lecanii*

Le champignon entomopathogène *V. lecanii* a une large gamme d'insectes hôtes, l'utilisation des spores de *V. lecanii* a reçu une grande attention dans le contrôle biologique des insectes et des ravageurs. De plus, les nématodes à kyste du soja, l'agent de mildiou du concombre, et de rouille du chrysanthème (Whipps, 1993) peuvent également être parasités par ce champignon. De plus, il pourrait être utilisé avec le mélange de certains insecticides ou fongicides dans des programmes de lutte intégrée.

III.3. Présentation *Paecilomyces* sp

III.3.1. Généralités

Le genre *Paecilomyces* a été décrit pour la première fois en 1907, comme un genre étroitement apparenté à *Penicillium* et ne comprenant qu'une seule espèce, La description de ce genre a été révisée (figure 13) par Brown et Smith (1957), et Samson (1974) a défini 31 espèces (Moreno-Gavira et al., 2020). *Paecilomyces* est un champignon cosmopolite connue pour sa capacité nématophage, mais il a également été signalé comme parasite d'insecte et agent de contrôle biologique de plusieurs champignons et bactéries phytopathogènes par différents mécanismes d'action. De plus, les espèces de ce genre ont récemment été décrites comme des biostimulants de la croissance des plantes et du rendement des cultures. (Malhadas et al., 2017).

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures



Figure 15 : Observation microscopique de *Paecilomyces* sp.

III.3.2. Classification et caractéristiques

Le genre *Paecilomyces* a été révisé par Samson 1974, qui a reconnu et défini 31 espèces et divisé le genre en deux sections. *Paecilomyces* contient des membres souvent thermophiles, les états parfaits étant placés dans les genres ascomycètes *Fongarium* et *Thermoascus*. La section Isarioidea contient des mésophiles, dont plusieurs espèces entomopathogènes ou nématophages bien connues telles que *Paecilomyces farinosus*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Paecilomyces amoeneroseus*, *Paecilomyces lilacinus*, *Paecilomyces javanicus* et *Paecilomyces tenuipes*. La classification de ces champignons est basée sur des caractéristiques morphologiques, qui sont souvent très subjectives, l'identification sans ambiguïté au niveau de l'espèce étant souvent extrêmement difficile. De plus, les différences morphologiques observées peuvent être le produit de mutations simples ou d'effets de milieu/culture et ne sont donc pas toujours des caractères fiables. Les définitions de certaines espèces entomopathogènes ou nématophages du genre *Paecilomyces* sont sujettes à caution lorsque les méthodes classiques d'identification sont comparées à l'analyse des marqueurs génétiques (Tigano-Milani et al., 1995a ; Tigano-Milani et al., 1995b ; Cantone et Vandenberg, 1998). Les limites des techniques d'identification traditionnelles indiquent que des méthodes alternatives doivent être développées pour l'identification de ces champignons.

- Règne : Fungi
- Phylum : Ascomycota
- Classe : Eurotiomycetes

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

- Ordre : Eurotiales
- Famille : Trichocomaceae
- Genre : *Paecilomyces*
- Espèce : *Paecilomyces sp*

III.3.3. Mécanismes de contrôle biologique du genre *Paecilomyces*

Les mécanismes microbiens impliqués dans la suppression des ravageurs et des maladies peuvent être directs, tels que le parasitisme, compétition ou antibiose, et indirects, qui impliquent la protection des plantes par voie d'induction de résistance systémique.

III.3.3.1. Parasitisme

Les espèces de *Paecilomyces* sont capables de parasiter les champignons, les nématodes et les arthropodes. Après la reconnaissance et l'interaction agent pathogène-antagoniste, la pénétration et/ou la sécrétion de des complexes enzymatiques se produisent, conduisant à une croissance antagoniste aux dépens de son hôte. En revanche, Khan *et al.* (2004) ont rapporté que les lipases, les protéases et les chitinases ont un grand effet entomopathogénique.

III.3.3.2. Compétition

La concurrence pour les nutriments et l'espace régule la croissance des agents pathogènes coexistant dans la même niche. La production de sidérophores limite la disponibilité du fer pour les pathogènes. La concurrence s'accompagne souvent d'autres mécanismes, la croissance rapide des espèces de *Paecilomyces* empêche le développement de certaines pathogènes. Cependant, cette concurrence peut parfois avoir un impact négatif sur le reste du microbiote bénéfique. (Latz *et al.*, 2017)

III.3.3.3. Antibiose

La production de métabolites secondaires à effet antimicrobien par les espèces de *Paecilomyces* a été récemment décrite (Li *et al.*, 2020). Un total de 148 métabolites actifs produits par les différentes espèces de *Paecilomyces* peuvent être utilisées pour le développement des produits phytosanitaires dans lutte biologique contre les ravageurs et les maladies.

Chapitre III : Utilisation de *Verticillium* et de *Paecilomyces* dans la Lutte Contre les Bioagresseurs des Cultures

III.3.4. Importance dans la lutte biologique

Les espèces de *Paecilomyces* sont inclus dans les espèces à intérêt à cause de leurs importances dans la lutte contre les maladies et les ravageurs. Les *Paecilomyces* jouent également un rôle important en tant qu'endophytes dans de nombreuses plantes en fournissant plusieurs avantages pour le développement des plantes. Ils peuvent être utilisés directement ou indirectement comme biostimulant potentiel. Lorsqu'ils sont utilisés directement, les *Paecilomyces* ou leurs métabolites augmentent les paramètres morphologiques de la plante et le rendement des cultures (Moreno et al., 2020). L'interaction plante-*Paecilomyces* améliore la santé des plantes grâce à différents mécanismes et offre une protection contre les phytopathogènes (Malhadas, et al., 2017). Lorsqu'ils sont utilisés indirectement en combinaison avec des agents pathogènes comme les nématodes ou les champignons, *Paecilomyces* montrent un effet positif sur la croissance des cultures en agissant comme un agent de lutte biologique (Sivakumar et al., 2008 ; Nisha, 2017). De nombreuses espèces du genre *Paecilomyces* produisent une grande variété de métabolites secondaires avec différentes structures chimiques et diverses activités biologiques, comme herbicide, insecticide, fongicide, nématicide ou cytotoxique.

Chapitre IV :

Matériel et Méthodes

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Objectif du travail

Le but de ce travail est en premier lieu d'étudier la pathogénicité de quatre souches de *Fusarium* vis-à-vis du blé ; et en deuxième lieu d'évaluer l'activité antifongique de deux souches fongiques bénéfiques *Verticillium lecanii* et *Paecilomyces sp* vis-à-vis de ces quatre souches de *Fusarium*. Ce contre-effet est estimé par des essais confrontation directe et essais sur biologique sur grains de blé

IV.2. Matériel utilisé

IV.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de variétés de blé dur (figure 14) connues localement sous Oued el barde, et une variété de blé tendre qui est HD 1220 R2



Figure16 : blé dur (Var : Oued El Bared) et blé tendre (Var : HD 1220)

IV.2.2. Matériel fongique

Les souches fongiques utilisées dans ce travail ont été toutes isolées au niveau des laboratoires des sciences agronomiques de la Faculté de la Nature et de la Vie de l'Université de Bouira, à l'occasion des travaux de master précédant (Harmali et Meniche, 2021 ; Bouthmeur et Oukaci, 2019) et de doctorat de Mme Saidi A..il s'agit de 04 souches phytopathogènes de *Fusarium* : *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *F. verticillioides*, et souche de champignons bénéfiques qui seront utilisées comme antagonistes : *Paecilomyces sp* et *Verticillium lecanii* (figure 15).

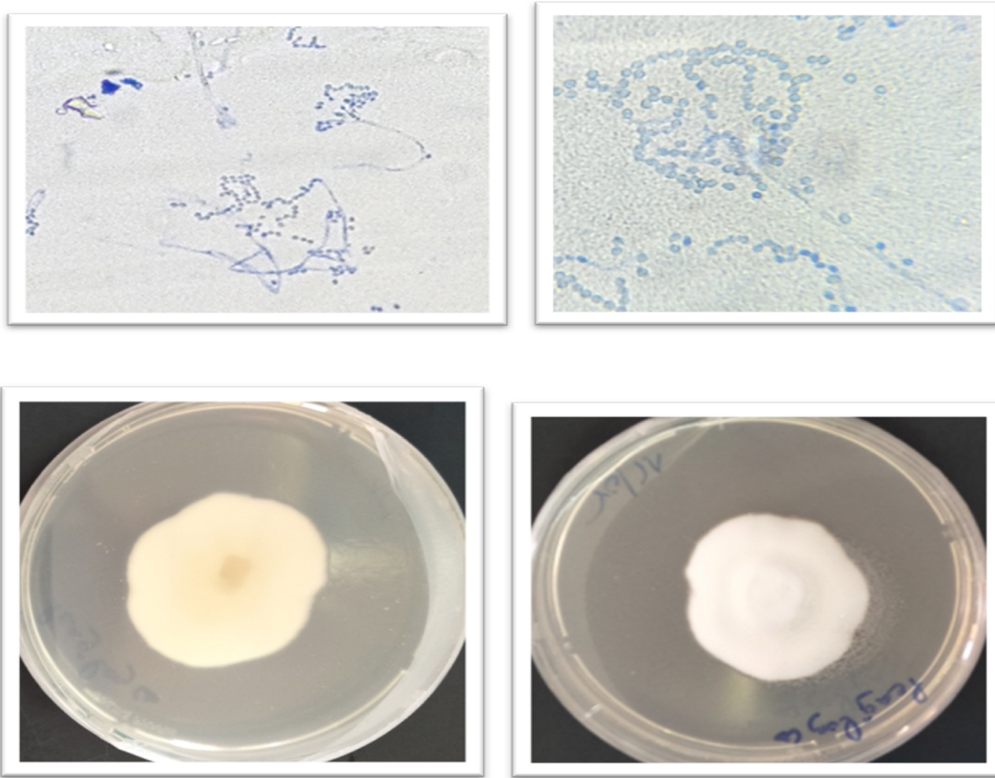


Figure 17 : Aspect microscopique (haut) et macroscopique (bas) de Paecilomyces sp

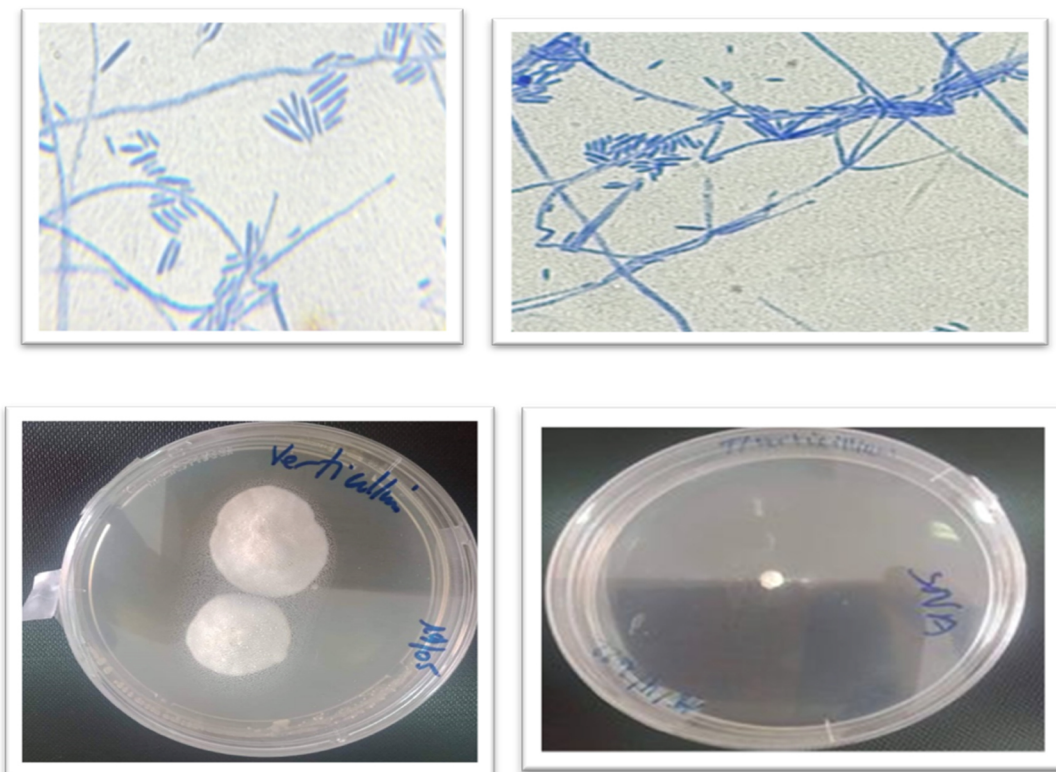


Figure 18 : Aspect microscopique (haut) et macroscopique (bas) de Verticillium lecanii

IV.3 Méthodologie

IV.3.1. Préparation des milieux de culture

Pour le milieu de culture on a utilisé le milieu PDA (Potato dextrose Agar) qui est un milieu nutritif utilisé pour la culture la plupart des champignons microscopiques. Pour préparer un litre de ce milieu, une quantité de 42g poudre PDA déshydraté est dissoute dans un litre d'eau distillée stérile puis mise sous une agitation sur une plaque chauffante jusqu'à l'homogénéisation. Le milieu ainsi préparé est mis dans des flacon en verre fermant à vis puis stériliser dans l'autoclave à 120°C pendant 20 mn. Après refroidissement à 60 °C environ, le milieu gélosé est réparti dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre en condition aseptique sous la hotte à flux laminaire.



Figure 19 : Étapes de préparation du milieu PDA

Le milieu PDA est utilisé pour les tests de confrontation directe et pour le repiquage et la caractérisation culturelle de toutes les souches fongiques utilisées. Nous avons utilisé également le milieu SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar) pour confirmer l'identification des souches utilisés

IV.3.2. Confirmation de l'identité des souches utilisées

IV.3.2.1. Confirmation par examen macroscopique et microscopiques

L'examen macroscopique des colonies fongiques a été réalisé sur le milieu PDA, Les caractères morphologiques et culturaux étudiés sont : la vitesse de croissance (rapide, moyenne, lente), la texture des colonies, la couleur des colonies. L'examen microscopique se fait après prélèvement de mycélium et spores par la technique de scotch et coloration avec le bleu de coton. L'examen microscopique se fait essentiellement à partir de milieu SNA.

Généralement, un examen à l'objectif 40 est suffisant pour mettre en évidence la plupart et des éléments importants (Chabasse, 2002).

IV.3.2 .2. Confirmation par le test de pathogénicité pour les souches de *Fusarium*

a) . Pathogénicité des souches lors de la germination (essai sur boîte de Pétri)

Ce test a été réalisé pour évaluer l'agressivité des quatre souches de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *F. verticillioides*) sur un cultivar local de blé dur (Oued de pathogénicité Bared) et un cultivar de blé tendre (HD 1220).

L'inoculum a été préparé selon le protocole de Bouanaka et *al.* (2021). Les souches de *Fusarium* ont été cultivé sur milieu PDA. Après une période de 15 jours, 10 ml d'eau distillée stérile avec 0,01% (v/v) de Tween-80 ont été ajoutés à la partie mycélienne aérienne à la surface de chaque boîte, puis grattés soigneusement jusqu'à ce que toute la partie superficielle du champignon ait été récupérée. La suspension obtenue est ajustée à 25ml avec d'eau distillée stérile additionnée de 0,01% (v/v) de Tween-80, puis filtrée à travers une double couche d'étamine.

500 graines de chaque cultivar ont été stérilisées en surface avec de l'eau de javel à 2 % pendant 8 min avant d'être rincées deux fois avec de l'eau distillée stérile. Vingt boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre tapissées de papier absorbant en triple couche ont été utilisées pour chaque cultivar. Vingt-cinq graines saines ont été placées dans chaque boîte de Pétri.

Pour chaque souche de *Fusarium*, quatre boîtes ont été inoculées avec 5 ml de la suspension d'inoculum. Quatre boîtes ont été utilisées comme témoins (5 ml d'eau distillée stérile additionnée de 0.01%de Tween-80). Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées à 26°C dans l'obscurité totale. Les graines germées dans les quatre boîtes inoculées de chaque cultivar ont été comptées 5 jours après l'inoculation, et de même pour les 4 boîtes témoins (Bouanaka et *al.*, 2021).

Le pourcentage de germination a été ensuite calculé selon cette formule :

$$\% \text{ germination} = (\text{nombre de grain germé} / \text{nombre de grain initial}) \times 100$$

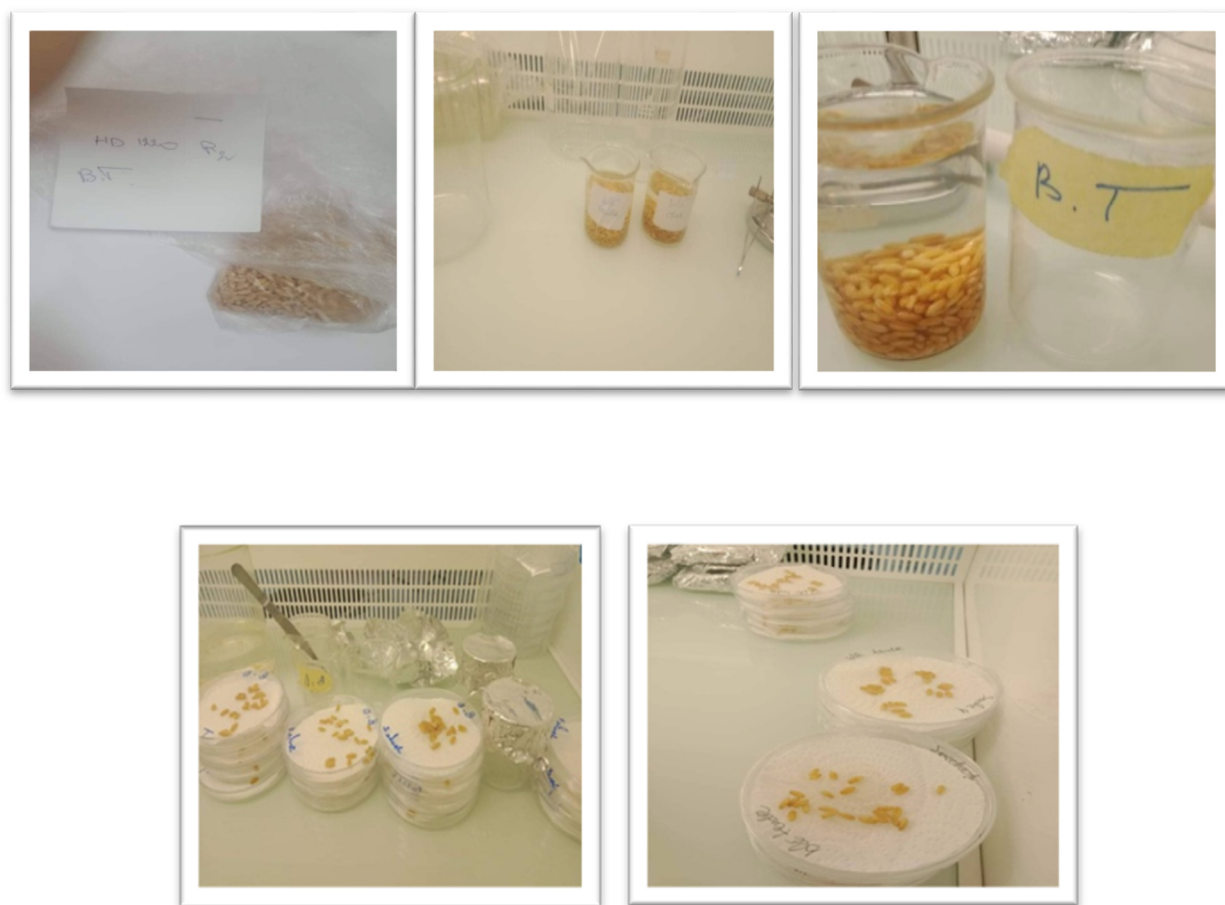


Figure 20 : Etapes de test pathogénicité sur boîte Pétri

b) Pathogénicité des souches in vivo (essai sur pots)

Le test de pathogénicité a été réalisé selon la méthode de Demirci et Dane (2003). Ce test a été réalisé pour trois souches de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*.) sur un cultivar de blé tendre (HD 1220) La suspension d'inoculum a été préparée de la même façon que le test précédent. Les grains de blé ont été stérilisés superficiellement à l'eau de javel diluée puis rincés avec de l'eau distillée stérile de la même façon que le test précédent, puis cultivés dans des pots de 8 cm de diamètre contenant un mélange stérile de terre, sable et de fumier (1/1/1). Sept graines de blé stérilisées ont été semées dans chaque pot. Un volume de 200 μ l de la suspension fongique considérée a été mis en contact direct avec chaque graine. L'inoculum et les graines ont été soigneusement recouverts par le mélange de terre. Un volume de 200 μ l d'eau distillée stérile additionnée de 0.01% de Tween-80 d'a été mis au contact des graines a été utilisé comme témoin négatif. Au total, pour ce test on a utilisé 20

pots de et 140 graines (5 répétitions de pot et 35 graines, pour chaque traitement). Les plantes ont été arrosées tous les 2 jours, après 15 jours, elles ont été soigneusement retirées du sol. Pour l'évaluation l'agressivité de ces souches, on a calculé le pourcentage de levée, la longueur et le poids de coléoptile.

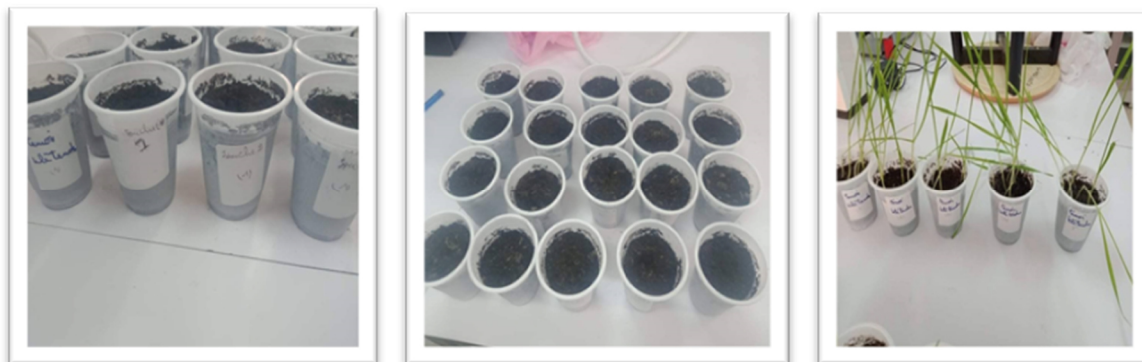


Figure 21 : Etapes de test de pathogénicité in vivo

IV.4. Evaluation de l'activité antifongique de *Paecilomyces sp* et *Verticillium lecanii* vis à vis des 4 souches de *Fusarium*

IV.4.1. Test de confrontation directe en milieu PDA

L'étude de l'effet antagoniste de *Verticillium lecanii* et *Paecilomyces sp* sur la croissance des souches fongiques a été réalisée en utilisant la technique de confrontation directe. Cette technique décrite par Sivan et Chet (1989) consiste à co-ensemencer, dans la même boîte de Pétri contenant un milieu PDA, deux disques gélosés prélevés à partir de cultures de l'antagoniste et de souche fongique cible prélevée à partir d'une culture âgée Figure 20

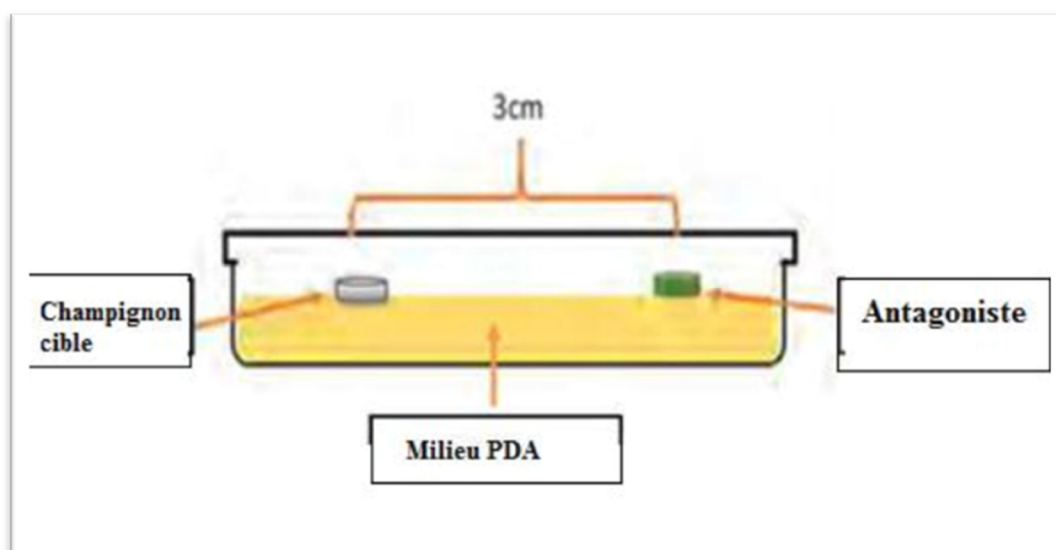


Figure 22 : Représentation schématique du test de confrontation directe sur milieu PDA

Pour réaliser ce test, on a utilisé des disques mycéliens (6mm de diamètre) prélevés à la marge des différentes cultures (phytopathogènes et antagonistes) âgées de 10 jours, l'incubation a été faite dans l'étuve à température de 26°C.

Les témoins représentent uniquement la souche fongique cible ou l'antagoniste repiqué au centre de la boîte de Pétri contenant le milieu PDA. Des notations sont prises chaque jour en mesurant la croissance radiale des deux champignons dans la même boîte (antagoniste et le champignon cible) en suivant le même sens de mesure (de l'explant vers le centre de la boîte).

Calcul de taux d'inhibition de la croissance mycélienne

Le diamètre de colonies fongiques est mesuré quotidiennement, le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de l'agent phytopathogène est calculé selon la formule de Datta et *al.* (2004.).

$$\text{Taux d'inhibition} = (\text{R témoin} - \text{R test}) / \text{R témoin} \times 100$$

Taux d'inhibition de la croissance du mycélium en pourcentage (%).

R témoin : diamètre en mm du champignon phytopathogène témoin

R test : diamètre en mm du champignon phytopathogène dans essai antagoniste

Calcul du nombre de spores produites

Afin d'évaluer l'effet de l'antagoniste sur la capacité de production des spores des souches de *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides*, nous avons procédé au calcul du nombre de spores produites, À l'aide d'une pipette pasteur stérile, nous avons prélevé 3 disques près d'explant de *Fusarium* (à 1cm de rayon à partir de l'explant) dans le sens de l'antagoniste. Pour le témoin *Fusarium* sans antagoniste on a également prélevé 3 disques près d'explant de *Fusarium* (à 1 cm de rayon à partir de l'explant). Les disques sont ensuite mis à l'intérieur de tubes contenant de 10ml l'eau distillée stérile additionnée de 0.01% de tween 80, le mélange est bien homogénéisé. Le nombre de spores de cette suspension est calculé à l'aide d'une cellule de Malassez

IV.4.2. Test d'antagoniste sur les grains de blé

Ce test a été réalisé pour évaluer la capacité de *Verticillium lecanii* à inhiber la sporulation et la croissance mycélienne des quatre souches de *Fusarium* sur les grains de blé dur et tendre. Aussi, on a évalué l'effet de l'antagoniste sur la germination des grains de blé. Pour réaliser ce test, nous avons stérilisé superficiellement par immersion des grains dans de l'eau de javel à 2 degrés pendant 8 min. puis on les a rincés deux fois avec de l'eau distillée stérile. Les grains sont ensuite mis dans des boites de Petri contenant de papier absorbant à raison de 25 grains par boite et à raison de 4 boites par traitement.

Pour l'inoculum de *Fusarium*, il a été préparé de la même façon que dans le test de pathogénicité à l'exception que le volume de la suspension est ajusté ici à 12.5 ml. Concernant l'antagoniste *Verticillium lecanii*, 4 boites de Petri contenant une culture de 10 jours ont été utilisées pour préparer cet inoculum, un volume 10 ml de eau distillée additionnée de 0.01% de tween 80 est versé à la surface de chaque boite, puis grattés soigneusement jusqu'à ce que toute la partie superficielle du champignon ait été récupérée. La suspension obtenue à partir des 4 boites de Pétri est ensuite ajustée à 50ml avec d'eau distillée stérile additionnée de 0,01% (v/v) de Tween-80.

Dans chaque de boite de Petri contenant les grains de blé, 2.5 ml de l'antagoniste et 2.5 ml de la suspension de *Fusarium* considéré sont ajoutés en même temps. Pour le témoin *Fusarium*, dans les boites contenant les grains de blé, seulement 2.5 ml de suspension de spore *Fusarium* est ajouté avec 2.5ml de l'eau distillée (avec 0.01% tween); et la même procédure est appliqué pour préparer le témoin *Verticillium lecanii*.

Les boites de pétri contenant les grains ainsi préparés sont ensuite laissés à 26°C à l'obscurité. Les notations sont prises après une période de 5 jours, et elles ont concerné : le pourcentage de germination, la présence ou non de mycélium, la longueur et le poids de coléoptiles.

Chapitre V :

Résultats et Discussion

Chapitre V : Résultats et Discussion

V.1. Confirmation de l'identité des souches de *Fusarium* utilisées

V.1.1. Confirmation par examen macroscopique et microscopiques

A. *Fusarium graminearum* :

L'observation microscopique de cette souche montre qu'elle ne produit pas de microconidies. Les macroconidies sont absentes sur le milieu PDA. Sur le milieu SNA, elles sont distinctement cloisonnées, à parois épaisses, droites à modérément en forme de faucille, inégalement courbées avec la surface ventrale presque droite et une surface dorsale légèrement arquée. La cellule basale est nettement en forme de pied. Sur PDA, la croissance est rapide, avec un mycélium aérien dense qui peut presque remplir la boîte de Petri, cette description est en accord avec celles citées par Nelson et *al* (1983) et Leslie et Summerell (2006)

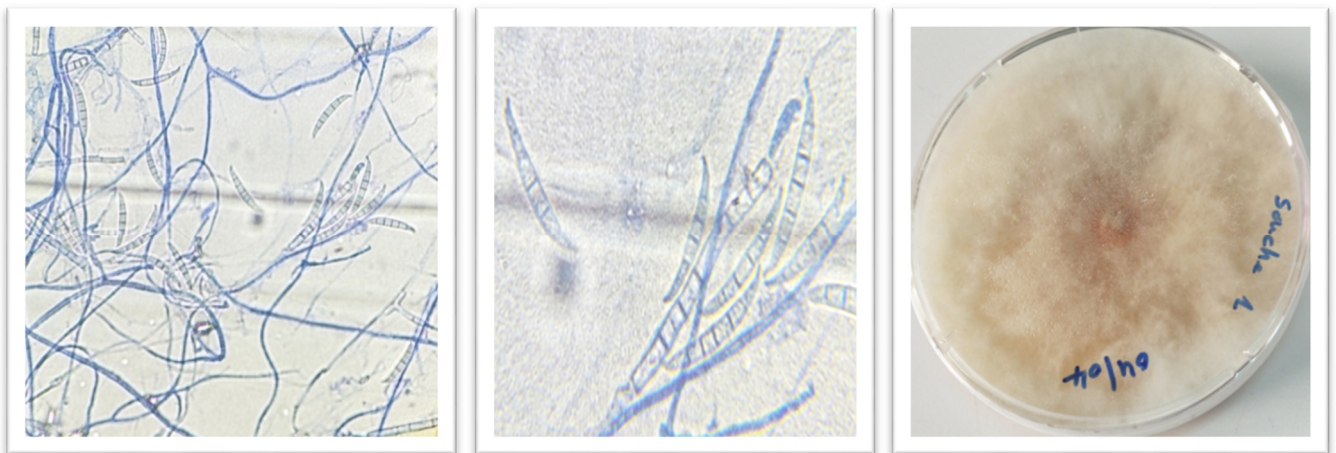


Figure 23 : *Fusarium graminearum* : Macroconidies de observés en microscope optique (gauche X40) et (centre X100), aspect sur milieu PDA (droite)

B. *Fusarium culmorum*

L'observation microscopique de cette souche cultivée sur les deux milieux PDA et SNA montre que les microconidies. Les macroconidies observées sur le milieu SNA et PDA sont robustes, relativement courtes, distinctement cloisonnées, à parois épaisses. La face dorsale est un peu incurvée, mais la face ventrale est presque droite. La cellule basale est en forme de pied peu développée. Sur le milieu PDA, la croissance est rapide (Colonie de 8cm de diamètre après 5 jours d'incubations), avec un mycélium aérien dense, généralement blanc rosé. Cette description est en accord avec celle rapportée par Leslie et Summerell(2006).

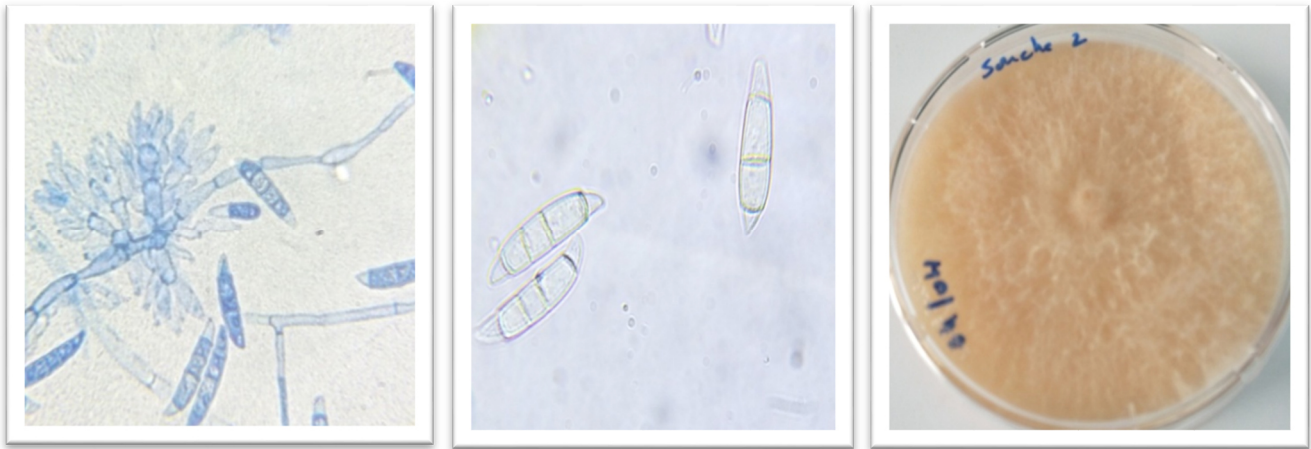


Figure 24 : *Fusarium culmorum*, Macroconidies observés en microscope optique (gauche X40) et (centre X100), Aspect sur le milieu PDA (droite)

C. Fusarium lateritium

Cette souche est à une croissance relativement lente sur PDA. (2.5 cm de diamètre de colonie après 5 jours d'incubation). Le mycélium n'est pas abondant et il est de couleur blanc avec les bordures de couleur orange pâle. Les macroconidies sont présentes et peuvent s'étendre sur toute la surface de la colonie. Elles sont cloisonnées et de longueur moyenne, mince et relativement droite à légèrement incurvée avec des parois parallèles sur la majeure partie de la longueur des spores. Les microconidies sont présentes. Elles sont ellipsoïdales, fusiformes ou en forme de massue, avec de 0-3 cloisons. Cette souche produit des chlamydo-spores en abondance sur le milieu SNA. Cette description est en accord avec celles citées par Nelson et al (1983) et Leslie et summerell (2006),

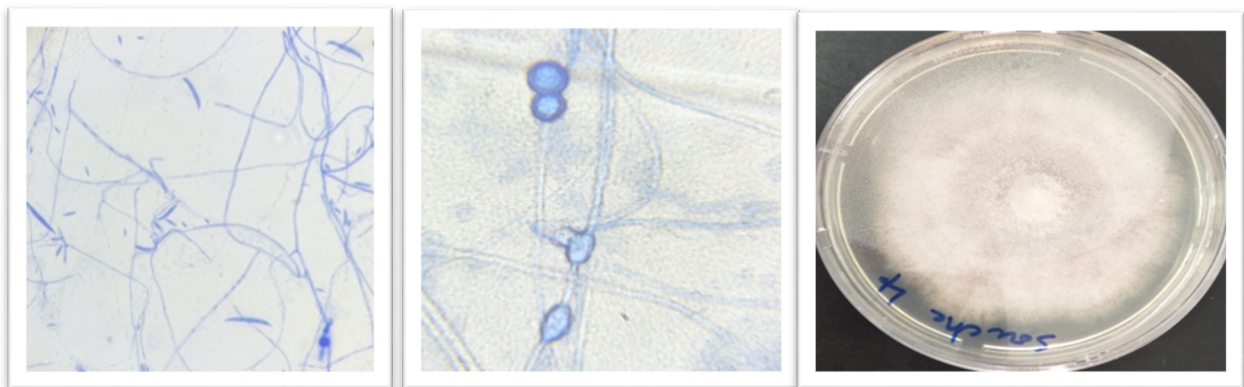


Figure 25 : *Fusarium lateritium*, Macroconidies et microconidies de observés en microscope optique (gauche X40) et chlamydospores (centre X100). Aspect macroscopique sur le milieu PDA (droite)

d. Fusarium verticillioides

Sous le microscope, les macroconidies paraissent étroites, courbées au sommet, avec 3 à 5 cloisons. Les microconidies en chaînes, fusiformes à piriformes, formées par de longues phialides. Cette espèce se caractérise par l'absence de chlamydospores. S cette description est en accord avec celles citées par Cahagnier (1998) et Leslie et Summerell (2006).

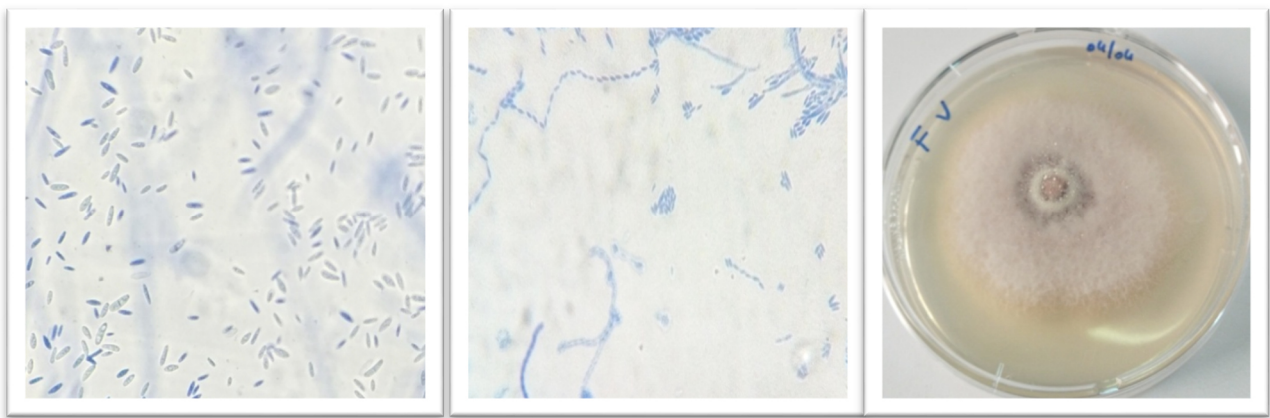


Figure 26 : *Fusarium verticillioides* Microconidies observées en microscope optique (X40), gauche microconidies isolées (gauche), en chaînes (centre), Aspect macroscopique sur le milieu PDA (droite)

V.2. Confirmation par le test de pathogénicité

V.2.1. Résultats de test de Pathogénicité des souches (essai sur boîte de Pétri)

En absence de toute souche phytopathogène, le pourcentage de germination de blé tendre (variété HD 1220) après 4 jours d'incubation est de 97%, la longueur de la coléoptile est de 21.6 mm et le poids moyen de coléoptile des grains germés est de 20.3mg (Tableau 24).

En présence de *Fusarium graminearum*, ce pourcentage devient 63 % ; la longueur et le poids de la coléoptile se trouvent également diminué (8.5 mm et 5.21mg respectivement). Pour les grains de blé tendre inoculé avec *F. culmorum* seulement un pourcentage de 24 % de ces grains est capable de germer, avec une réduction importante dans la longueur et le poids de coléoptile (13.5 mm et 3.1mg respectivement). Dans le cas de *F lateritium*, le pourcentage de germination de graines se trouve légèrement réduit (84%)

Enfin dans le cas de *F. verticillioides*, ce pathogène était capable de réduire le pourcentage de germination jusqu'à 3% avec une réduction très importante dans la longueur et le poids de coléoptile. L'effet des trois espèces de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. verticillioides*) est accompagné par le développement de mycélium sur les graines et la présence des nécroses au niveau des racines et de coléoptile. La diffusion d'une pigmentation rose violacée a été également observée dans le cas de *F. graminearum*, *F. culmorum* (Figure 24)

Tableau n°04 : Résultats de test de pathogénicité des souches pour le blé tendre (essai sur boîte de Pétri)

Blé tendre	% grains germés	Longueur de coléoptile (mm)	Poids moyen de coléoptile (mg)	Observations
Témoin	97%	21.6	20.3	/
<i>F. graminearum</i>	63%	8.5	5.21	Nécrose + mycélium
<i>F. culmorum</i>	24%	13.5	3.07	Nécrose + mycélium
<i>F. lateritium</i>	84%	10.7	7.2	Mycélium
<i>F. verticillioides</i>	3.1%	<2	/	Nécrose + mycélium

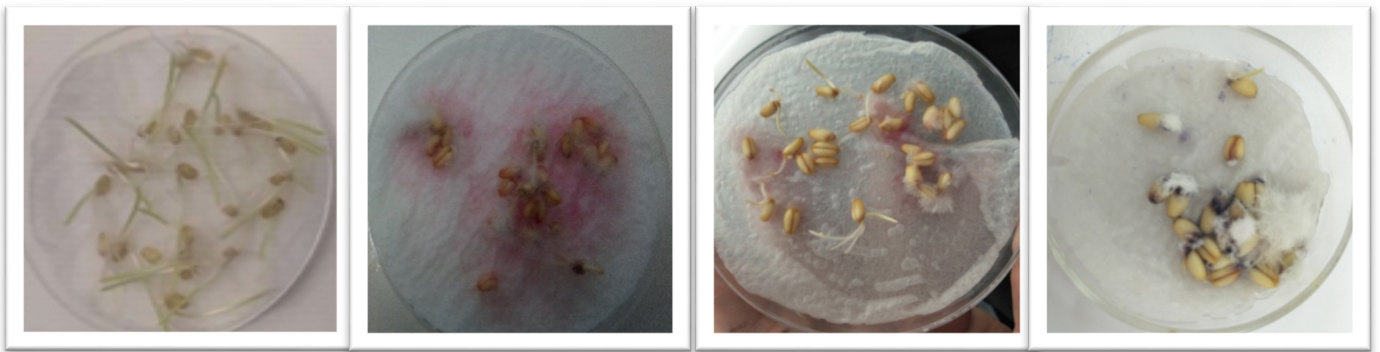


Figure 27 : Test de pathogénicité sur blé tendre pour les souches de *Fusarium* (de gauche à droite respectivement : Témoin, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. verticilloides*)

Les résultats de l'effet des quatre souches de *Fusarium* sur la germination, la longueur et le poids de la coléoptile de blé dur sont résumés dans le tableau 4

Dans le cas de grains de blé dur (variété Oued El Bared) et en absence de toute souche phytopathogène, le pourcentage de germination après 4 jours d'incubation est de 96% et longueur et le poids moyen de la coléoptile sont de 23.3 mm et 24.2 mg respectivement.

La présence de *Fusarium graminearum* a provoqué l'inhibition totale de la germination (0 % germination). Un effet similaire a été induit suite à l'inoculation des grains de blé dur avec *F. verticillioides* (pourcentage de germination 4%). L'effet de ces deux espèces est accompagné avec le développement de mycélium sur les grains et production d'une pigmentation rose violacée à violacée.

Dans *F. culmorum* : Le pourcentage des graines germées est 52 % avec présence de mycélium et diffusion de pigmentation rose violacée alors que ce pourcentage est de 78% dans le cas *F. lateritium*. La longueur de la coléoptile est réduite pour ces deux champignons de la même façon alors que son poids se trouve beaucoup plus affecté par *F. culmorum* à cause certainement de la présence des nécroses.

Tableau n°05 : Résultats de test pathogénicité des souches de *Fusarium* sur le blé dur

Blé dur	% grains germées	Longueur de coléoptile (mm)	Poids moyen de coléoptile (mg)	Observations
Témoin	96%	23.3	24.2	/
<i>F. graminearum</i>	0	0	0	Mycélium

<i>F. culmorum</i>	52%	14.3	6.9	Mycélium+ Nécrose
<i>F. lateritium</i>	78%	15.3	16.1	Mycélium
<i>F. verticillioides</i>	4%	<2	/	Mycélium

V.2.2. Résultats de test de pathogénicité des souches *in vivo* (essai sur les pots)

L'effet des trois souches de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*) sur la levée, la longueur et le poids moyens des plantules de blé tendre (variété HD1220) est résumé dans le tableau 6.

En absence de toute souche phytopathogène, le pourcentage de levée de blé tendre après 15 jours de la date de semis est de 85.7%, La longueur moyenne des plantules est de 19.5 cm alors que le poids moyen est de 152 mg. Dans le cas des pots inoculés avec *Fusarium graminearum*, ce pourcentage devient 31.42% ; un pourcentage proche est obtenu dans le cas de *Fusarium culmorum* (34.28%). Au contraire, une grande différence est observée entre ces deux souches pour les paramètres longueur et poids des plantules, ces deux paramètres ont des valeurs très faibles pour la souche *Fusarium graminearum* ; ceci est certainement dû à la présence importante des plantules nécrosées. Les graines qui n'ont pas germées présentes une couleur brun-rouge, c'est des grains fusariés.

Concernant les pots inoculés avec *F. lateritium*, le pourcentage de plantules levées est de 71.42%, la longueur et le poids moyens des plantules sont de 18.7cm et 141 mg respectivement avec présence de nécroses dans les extrémités apicales des plantules.

Tableau n°06 : Résultats de test pathogénicité des souches *in vivo* (essai sur pots)

Blé tendre	% graines levées	Longueur moyenne des Plantules (cm)	Poids moyen de des plantules (mg)	Observation
Témoin	85.71	19.49	152	/
<i>F. graminearum</i>	31.42	6.60	18.18	Présence de nécrose
<i>F. culmorum</i>	34.28	13.90	80	Présence de nécrose
<i>F. lateritium</i>	71.42	18.72	141.2	Présence de Nécrose

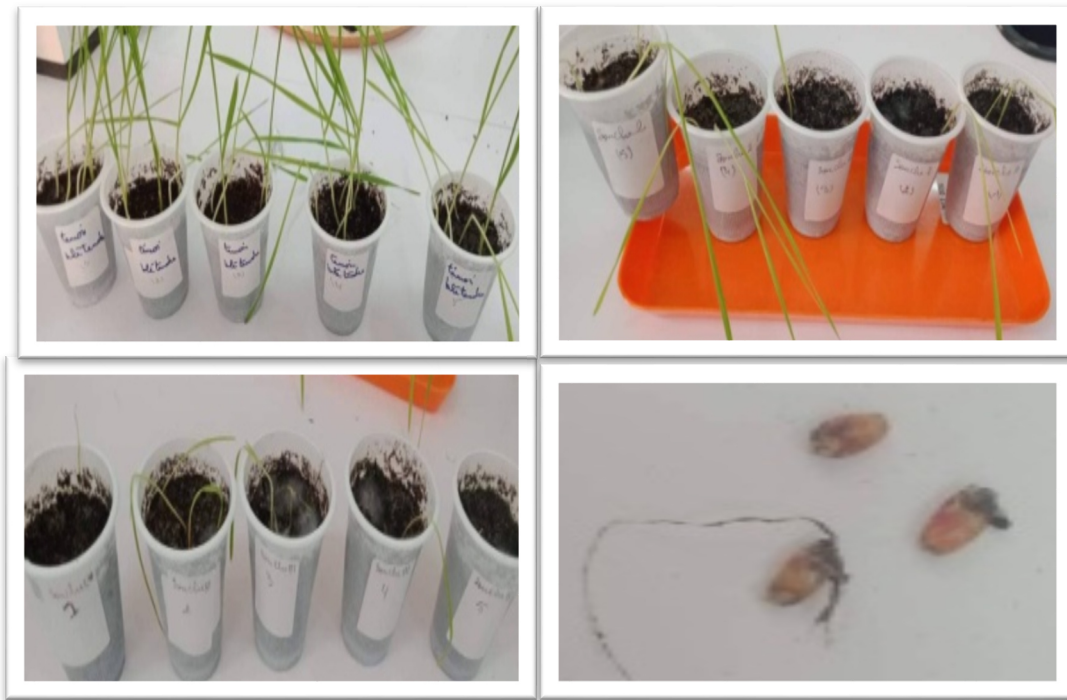


Figure 28 : Résultat de test pathogénicité sur les Pots, Témoin (haut-gauche), *F. culmorum* (haut-droite), *F. graminearum* (bas-droite), grains fusariés (bas –gauche)

V.3.Résultats des Tests de confrontation directe

Dans cette partie nous avons détaillé les résultats obtenus suite à la confrontation directe des quatre souches *Fusarium* avec la souche de *Verticillium lecanii* et la souche *Paecilomyces sp*

V.3.1. Confrontation de *Verticillium lecanii* avec les quatre souches de *Fusarium*

V.3.1.1 Effet sur la croissance radiale de *F. graminearum* et *F. culmorum*

En absence de l'antagoniste, les colonies de *F. graminearum* formées sur le milieu PDA ont une vitesse de croissance rapide, le diamètre de la colonie atteint 2cm après 3 jours et il passe à 8.5 cm au bout de 7 jours d'incubation à 26°C. En présence de *V. lecanii*, le diamètre moyen de colonies devient 1.9 cm après 3 jours et il passe à 4.6 cm au bout de 7 jours d'incubation à 26°C (Figure 26), ce qui correspond à un taux d'inhibition de 5 % calculé au 3^{ème} jour et de 47.05% calculé au 7^{ème} jour (Tableau 7)

En ce qui concerne l'agent Antagoniste *V. lecanii*, sa croissance a connu une légère diminution comparée au témoin, le diamètre de colonie au 7^{ème} jour est de 1.9 cm, alors que chez de témoin est de 2.1cm.

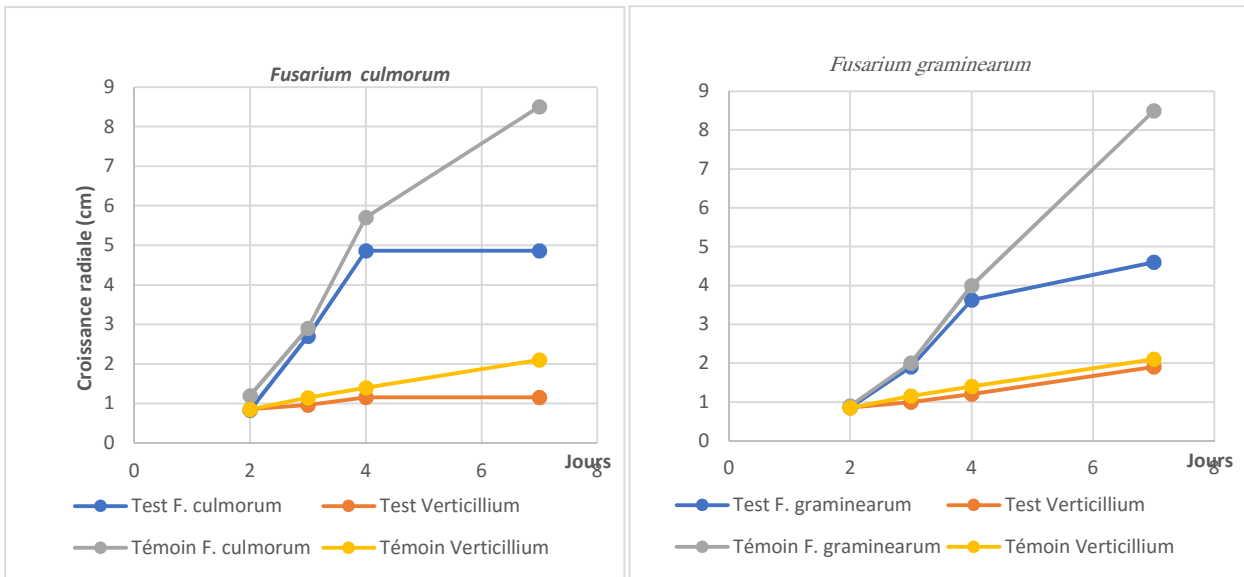


Figure 29 : Effet de l'antagoniste *verticillium lecanii* sur la croissance radiale du *F. graminearum* et *F. culmorum*

Tableau n°07 : Taux d'inhibition du *Fusarium graminearum* en présence de *V. lecanii*

Jour	2J	3J	4J	7J
Taux d'inhibition % <i>F. graminearum</i>	4.4%	5 %	9.25 %	47.05 %
Taux d'inhibition % <i>F. culmorum</i>	30 %	6.89 %	14.7 %	42.82%

Concernant la souche de *Fusarium culmorum*, en absence de l'antagoniste, les colonies de *Fusarium culmorum* formées sur le milieu PDA atteint un diamètre de 2.9cm après 3 jours .et il passe à 8.5 cm au bout de 7 jours d'incubation à 26°C. En présence de *V. lecanii* le diamètre moyen de colonies est de 2.9 cm après 3 jours et il passe à 4.86 cm au bout de 7 jours d'incubation à 26°C. Cela correspond à un taux d'inhibition de 6.89 % calculé au 3^{ème} jour et qui passe à 42.82% au 7^{ème} jour.

En ce qui concerne l'agent antagoniste *V. lecanii*, la croissance a connu une légère diminution comparée au témoin, le diamètre de colonie au 7 jours est de 1.16cm, alors que chez de témoin est de 2.1cm

V.3.1.2 Effet sur la croissance radiale de *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides*

L'effet de l'antagoniste *V. lecanii* sur la croissance radiale de *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides* est illustré dans la figure 27.

En absence de l'antagoniste, les colonies de *Fusarium lateritium* formées sur le milieu PDA atteignent un diamètre de 1.2cm après 3 jours d'incubation et 4.8 cm au bout de 7^{ème} jour. En présence de *V. lecanii*, le diamètre moyen de colonies est de 1.16 cm après 3 jours et il passe à 4 cm au bout de 7^{ème} jour. Ce qui correspond à un taux d'inhibition de 3.33 % calculé au 3 jours et de 16.66% au 7^{ème} jour (tableau 8). En ce qui concerne l'agent antagoniste *V. lecanii*, la croissance a connu une légère augmentation comparée au témoin, le diamètre de colonie au 7^{ème} jour est de 1.93 cm, alors que chez de témoin est de 1.2cm.

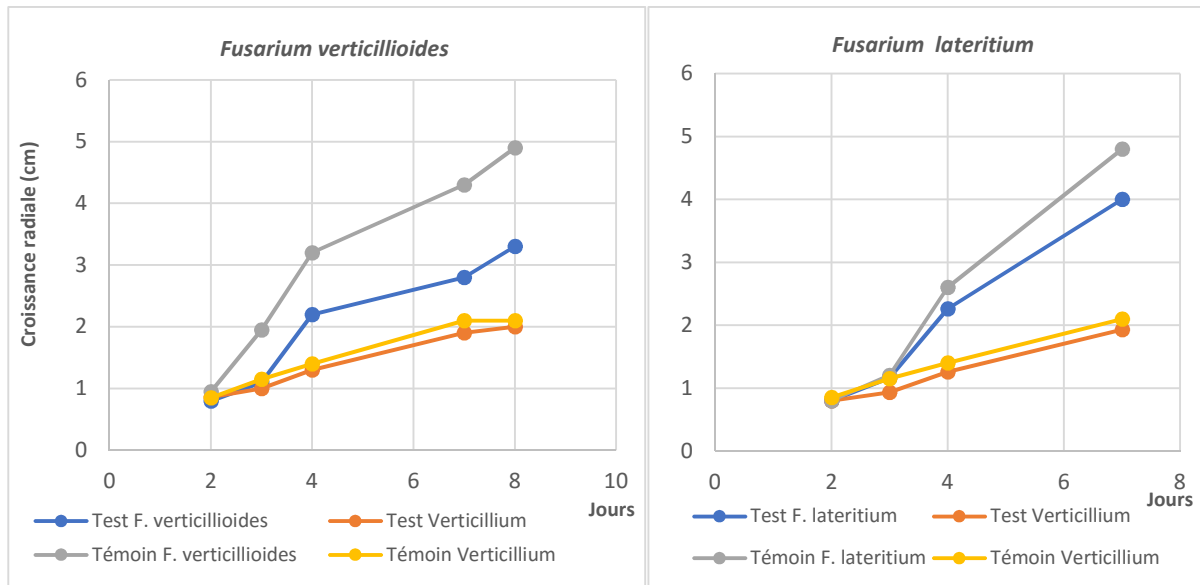


Figure 30 : Effet de l'antagoniste *Verticillium lecanii* sur la croissance radiale du *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides*

Concernant la souche *Fusarium verticillioides*, le diamètre des colonies chez le témoin est de 1.95cm après 3 jours d'incubation à 26°C, et il passe à 4.9 cm au bout de 7^{ème}. En présence de *V. lecanii*, le diamètre moyen de colonies est de 1.1 cm au 3^{ème} jour et il passe à 3.3 cm au bout de 7^{ème} jour. Cela correspond à un taux d'inhibition de 8.54% calculé au 3 jours et de 32.65 % au 7^{ème} jour (tableau 8).

Tableau n°08 : Taux d'inhibition du *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides* en présence de *V. lecanii*

Jour	2J	3J	4J	7J
Taux d'inhibition % <i>Fusarium lateritium</i>	0	3.33 %	13.07 %	16.66 %
Taux d'inhibition % <i>Fusarium verticillioides</i>	15.78 %	8.54 %	31.25 %	34.88 %

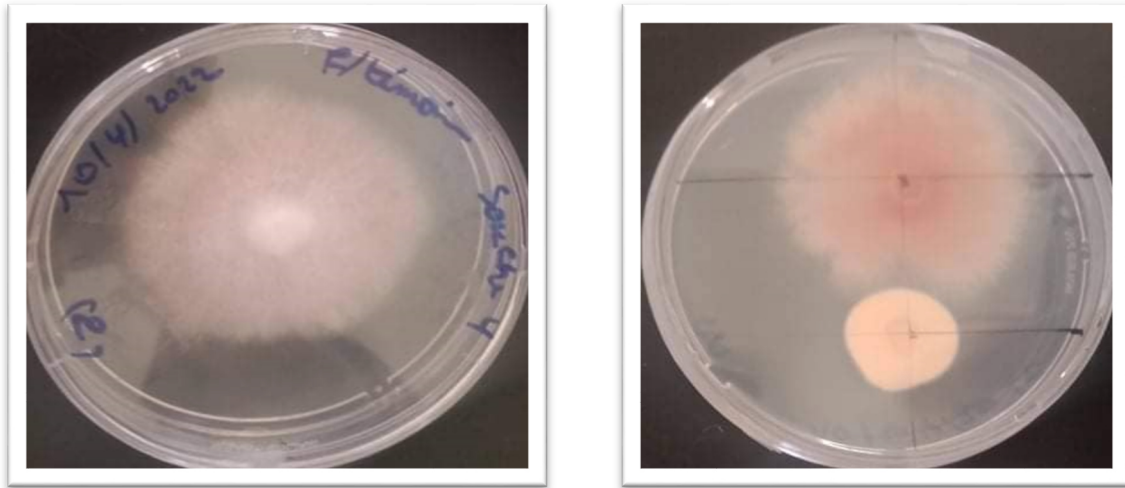


Figure 31 : Confrontation directe entre *Verticillium lecanii* et souche *Fusarium lateritium* au après 7 jour (témoin : gauche), (test : droite)

V.3.1.2 Effet sur la sporulation de *Fusarium lateritium* et *Fusarium verticillioides*

L'effet de l'antagoniste *V. lecanii* sur la capacité de production des spores chez les souches de *Fusarium lateritium* et *Fusarium* est illustré dans le tableau 9. En absence de l'antagoniste, la concentration des spores produite par *Fusarium lateritium* est de 9.7×10^5 spores /ml. Alors que cette concentration devient 7.87×10^5 spores /ml en présence de cet antagoniste.

Concernant la souche de *F. verticillioides*, la capacité de production des spores est affectée par la présence de l'antagonite, la concentration des spores passe de 13×10^5 à 7.7×10^5 spores /ml.

Tableau n°09 : Effet de *V lecanii* sur la sporulation *F. lateritium* et *F. verticillioides*

Souche	Concentration moyenne des spores (Témoin)	Concentration moyenne des spores (Test)
<i>F. lateritium</i>	9.7×10^5 spores/ml	7.87×10^5 spores/ml
<i>F. verticillioides</i>	13×10^5 spores/ml	7.71×10^5 spores/ml

V.3.2. Confrontation de *Paecilomyces sp* avec les souches de *Fusarium*

V.3.2.1 Effet sur la croissance radiale de *F. graminearum*, *F. culmorum* et *F. lateritium*

L'effet de *Paecilomyces sp* sur la croissance radiale des trois souches de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum* et *F. lateritium*) est illustré dans les figures 29 et 30 et dans le

tableau 10. En absence de l'antagoniste, les colonies de *Fusarium graminearum* atteignent un diamètre de 5.7cm après 4 jours .et il passe à 7.6 cm au bout de 5^{eme} jour d'incubation à 26°C. En présence de *Paecilomyces sp*, le diamètre moyen de colonies se trouve légèrement diminué avec des pourcentages d'inhibition d'entre 3 et 10% durant les 5 jours d'incubation.

Pour la souche de *F culmorum* et, en absence de l'antagoniste, le diamètre des colonies est de 7cm après 4 jours .et il passe à 8.3 cm au bout de 5^{eme} jour d'incubation à 26°C. En confrontation avec *Paecilomyces sp*, le diamètre moyen de colonies est faiblement réduit avec des taux d'inhibition de 2 à 11%.

Enfin, dans le cas de *Fusarium lateritium*, le diamètre des colonies témoins est de 2.6cm après 4 jours d'incubation .et il passe à 3.5 cm au bout de 5^{eme} jour, et en confrontation avec *Paecilomyces sp*, le diamètre moyen de colonies est de 2.4cm après 4 jours et il passe à 3 cm au bout de 5^{eme} jour. Ceci est dû à des faible taux d'inhibition (entre 1.4 et 7.6%)

La croissance de *Paecilomyces sp* est faiblement affectée par la présence des trois espèces de *Fusarium* testés

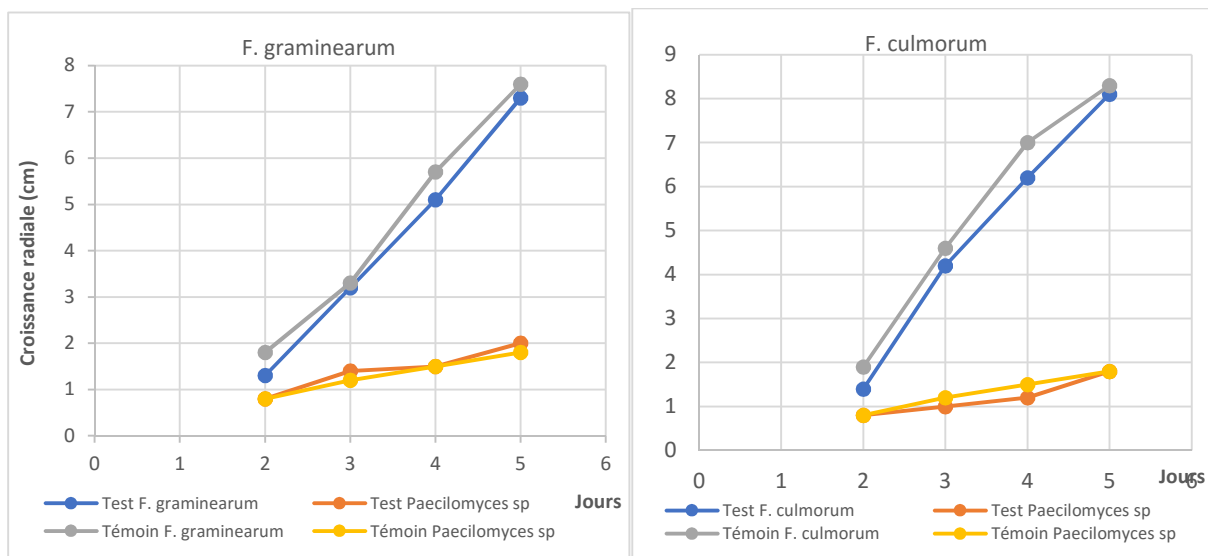


Figure32 : Effet de l'antagoniste *Paecilomyces sp* sur la croissance radiale du *F. graminearum* et *F. culmorum*

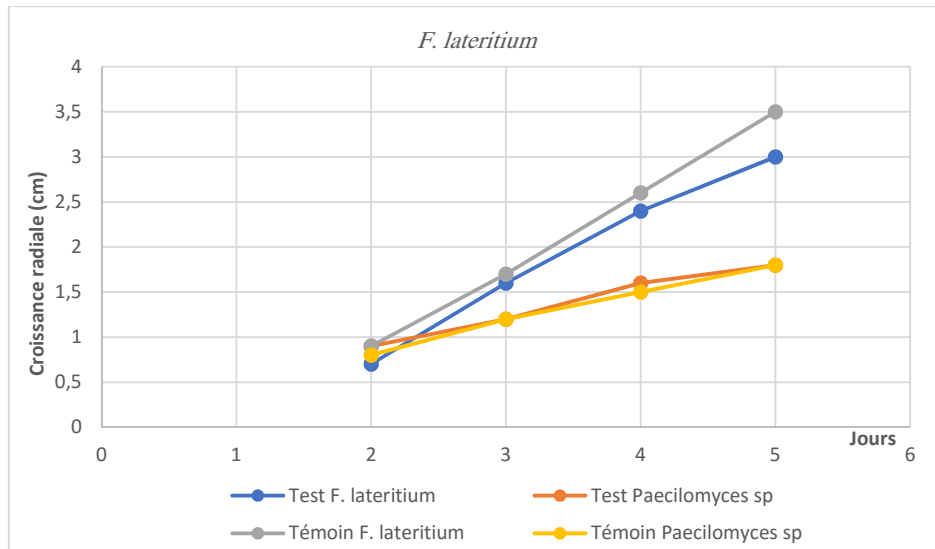


Figure33 : Effet de l'antagoniste *Paecilomyces sp* sur la croissance radiale du *F. lateritium*

Tableau n°10 : Taux d'inhibition de la croissance radiale des trois souches de *Fusarium* en présence de *Paecilomyces sp*

Jour	3J	4J	5J
Taux d'inhibition % <i>F. graminearum</i>	3.03%	10.5%	3.9%
Taux d'inhibition % <i>Fusarium culmorum</i>	8.6%	11.4%	2.4%
Taux d'inhibition % <i>F. lateritium</i>	5.88%	7.6%	1.4%

V.3.2.2 Effet sur la sporulation de *Fusarium lateritium*

L'effet de l'antagoniste *Paecilomyces sp* sur la capacité de production des spores chez les souches de *Fusarium lateritium* et *Fusarium* est illustré dans le de *Fusarium* tableau 11. La production des spores est très faiblement affectée par cet antagoniste.

Tableau n°11 : Effet de *Paecilomyces sp* sur la sporulation de *Fusarium lateritium*

Souche	Nombres spore moyens
Témoin <i>F. lateritium</i>	12.25 x10 ⁵ spore /ml
Test <i>F. lateritium</i>	11.43x 10 ⁵ spore /ml

Dans cette partie du travail, nous avons étalé les résultats des essais de confrontation directe entre les antagonistes *Verticillium lecanii* et *Paecilomyces sp* vis à vis des quatre souches fongiques phytopathogènes : *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *Fusarium verticillioides*.

On a constaté que le *Verticillium lecanii* exerce un effet inhibiteur clair sur *F. graminearum*, *F. culmorum* et *Fusarium verticillioides* avec des taux d'inhibition entre 34 et 47%. Son effet sur *F. lateritium*, est très faible.

Nos pourcentages d'inhibition sont meilleurs que ceux obtenus dans les travaux de Aoudia et Benarous (2020), qui ont enregistré des taux 26.5% pour l'espèce *F. graminearum* au 4eme jour et 0% au 7eme jour. Ces auteurs ont obtenu des meilleurs résultats pour l'espèce *Fusarium verticillioides*. L'inhibition de la croissance radiale de cette espèce dans notre cas est associé avec une diminution de la production des spores.

Concernant l'antagoniste *Paecilomyces sp*, de très faible taux d'inhibition ont été enregistrés pour les trois espèces de *Fusarium* testés.

Concernant le mode d'action de *Verticillium lecanii*, Yu et al. (2015) ont réussi à extraire et purifier la chitinase de ce champignon, cet enzyme a montré *in vitro* une activité inhibitrice de la germination des spores contre plusieurs pathogènes végétaux, En particulier *Fusarium moniliforme*. D'autre auteurs ont prouvé le phénomène de parasitisme de *Verticillium lecanii* vis-à-vis des champignons phytopathogènes Biotrophe tel que *Sphaerotheca fuliginea* l'agent de l'oïdium de concombre (Askary et al., 1997).

V.5. Résultats des Test d'antagonisme de *V. lecanii* contre les souches de *Fusarium* (essai sur les grains de Blé)

V.5.1. Test antagoniste sur blé tendre

En absence de souche pathogène et de souche d'antagoniste (*Verticillium lecanii*), le pourcentage de germination de blé tendre variété après 4 jours de 97%. La longueur de la coléoptile est de 21.6 mm et le poids moyen de coléoptile des grains germés est de 20.3mg (Tableau 12). Avec l'antagoniste seul, le pourcentage de germination reste pratiquement fixe, avec une diminution dans la longueur et du poids moyen de la coléoptile.

Dans le cas des graines de blé tendre inoculées avec *F. culmorum*, la présence de l'antagoniste a amélioré le taux de germination qui a passé de 24% à 44 % et a exercé également un effet positif sur le poids moyen de la coléoptile qui a passé de 3.1 à 6.4mg

. Pour les graines de blé tendre inoculées avec *F. lateritium*, l'antagoniste n'a pas exercé un effet positif sur la germination mais il a amélioré significativement la longueur et le poids de la coléoptile qui ont passé de 10.7 à 13.23mm et de 7.2 à 9.56mg respectivement.

En fin et concernant la souche *F. verticillioides*, l'antagoniste a provoqué une augmentation de taux de la germination (qui a passé de 3.1% à 25.33%) et de la longueur et de poids de la coléoptile (tableau 12)

Tableau n°12 : Test d'antagoniste sur les grains de blé tendre

Blé tendre	% graines germées	Longueur de coléoptile (mm)	Poids moyen de coléoptile (mg)	Observation
Témoin blé tendre	97%	21.6	20.3	/
<i>F. culmorum</i>	44%	9.35	6.44	Présence de mycélium et nécrose
<i>F. lateritium</i>	81.33%	13.23	9.56	Présence de mycélium
<i>F. verticiloides</i>	25.33%	14.1	11.1	Présence de mycélium
Témoin Verticillium <i>lecanii</i>	97.33%	18.53	14.54	Présence de mycélium

V.5.2. Test d'antagoniste blé dur

En absence de souche phytopathogène et de l'antagoniste (*Verticillium lecanii*), le pourcentage de germination de blé dur variété après 4 jours de 96% et la longueur et le poids de la coléoptile sont de 23.3mm et 24.2mg respectivement. La présence de l'antagoniste seul provoque une légère diminution de ces trois paramètres (tableau 13). La présence de l'antagoniste dans les boites contenant les graines + *Fusarium graminearum* ne povoque aucune amélioration et le taux de germination reste toujours 0%.

Quand on inocule les graines de blé dur avec l'antagoniste et le *F. culmorum* en même temps Le nombre de graines germées augmente légèrement (passe de 52 à 58.66 %) contrairement au deux autres paramètres qui diminuent.

Dans le cas de *F. lateritium*, l'antagoniste a exercé un effet négatif sur le pourcentage de germination, sur la longueur et sur le poids de la coléoptile de blé dur.

Dans le cas de l'inoculation des grains par la souche de *F. verticillioides* et le l'antagoniste en temps, Le taux de graines germées augmente (22%) comparé avec l'inoculation de *F. verticillioides* seule, de même, la longueur et le poids de la coléoptile.

Nous avons remarqué la présence de mycélium sur les graines de blé dur dans toutes les boîtes *Fusarium*/ antagoniste et dans les boîtes antagonistes seule.

Tableau n°13 : Test d'antagoniste réalisé sur les grains de blé dur

Blé dur	% graines germées	Longueur de coléoptile (mm)	Poids total de coléoptile (mg)	Observation
Témoin blé dur	96%	23.3	24.2	/
<i>F. graminearum</i>	0%	0	0	Présence de mycélium
<i>F. culmorum</i>	58.66%	7.83	5.92	Présence de mycélium et nécrose
<i>F. lateritium</i>	51%	14.56	10.66	Présence de mycélium
<i>F. verticilloides</i>	22%	7.68	3.9	Présence de mycélium
Témoin <i>Verticillium lecanii</i>	92%	21.5	20.44	Présence de mycélium

Dans cette partie de travail, nous avons essayé d'évaluer l'efficacité de l'antagoniste *V. lecanii* dans la protection de blé tendre et blé dur contre les dégâts de quatre souches de *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *Fusarium verticillioides*). Les résultats ont montré que l'antogonite était capable de protéger partiellement le blé tendre contre les dommages *F. culmorum*, *Fusarium verticillioides*. Il était capable de diminuer les dégâts de *Fusarium verticillioides* sur le blé dur. L'utilisation de la *V lecanii* contre la fusariose de blé in vivo n'a pas été documenté Cependant plusieurs autres agents ont été rapporté. (Dweba et al., 2017 ; Gilbert et Haber, 2013 ; Wegulo et al., 2015).

L'utilisation d'agents de lutte biologique, y compris des bactéries et des champignons, entraîne une réduction de *F. graminearum* et de la production de toxines associées. Plusieurs bactéries telles que *Brevibacillus sp.* (Souche BRC263), *Streptomyces sp.* (BRC87B), et *Trichoderma gamsii* (6085) ont été recommandés comme agents potentiels de lutte biologique de la Fusariose (Matarese et al., 2012). Les souches de *Pseudomonas fluorescens* ont réduit la gravité des symptômes de la fusariose et la contamination par les mycotoxines du blé et de l'orge de plus de 23 % (Khan et Doohan, 2009). Cependant, l'éradication complète de la fusariose n'a pas encore été réalisée. Jusqu'à présent, les résultats obtenus à partir d'un nombre limité d'expériences sur le terrain et les agents biologiques identifiés n'ont pas montré un contrôle complet de la Fusariose.

Conclusion

Conclusion

La fusariose est parmi les maladies les plus importantes qui touchent le blé, elles causent des fontes de semis, des pourritures racinaires et du collet et la fusariose de l'épi. La fusariose est causée par plusieurs espèces de genre *Fusarium*. Différentes stratégies sont utilisées pour réduire l'impact de la fusariose, notamment la rotation des cultures, les pratiques de travail du sol, l'application de fongicides et la plantation de cultivars moins sensibles. Parmi ces stratégies, la lutte par utilisation des fongicides semble être la plus efficace.

La lutte biologique offre une stratégie supplémentaire et peut être utilisée dans le cadre d'une gestion intégrée de la fusariose.

Dans cette optique, notre travail vise à évaluer la capacité de deux souches fongiques (*V. lecanii* et *Paecilomyces* sp) à contrôler quatre souches pathogènes de *Fusarium* du blé (*Fusarium. graminearum*, *F. culmorum*, *F. lateritium*, *Fusarium verticillioides*).

Suite à cette recherche, nous avons tiré les conclusions suivant :

- D'après les tests de pathogénicité, les souches de *Fusarium. graminearum* et *Fusarium verticillioides* sont les plus agressives autant qu'agents de fonte de semis sur le blé dur (taux de germination les plus faible); alors que *Fusarium verticillioides* et le *Fusarium culmorum* sont les plus agressives sur le blé tendre
- D'après les tests de confrontation directe, l'antagoniste *V lecanii* est le plus efficace dans l'inhibition de la croissance radiale des souches de *Fusarium* avec des taux d'inhibition entre 34 et 47% pour les souches de *Fusarium. graminearum*, *F. culmorum*, *Fusarium verticillioides*
- D'après les tests d'antagoniste de *V lecanii* avec les quatre souches fongique et sur les deux type de blé, il apparait que cet antagoniste était capable de protéger partiellement le blé tendre contre les dommages *F. culmorum*,, *Fusarium verticillioides*. Il était capable de diminuer les dégâts de *Fusarium verticillioides* sur le blé dur

En perspectives, il sera intéressant de compléter cette recherche par des essais pour évaluer la pathogénicité des quatre souches de *Fusarium* sur le stade épiaison (autant qu'agent de fusariose de l'épi) d'une part ; et d'autre part, pour évaluer la capacité des deux antagonistes à contrôler cette maladie.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abdi Y., 2015. Distribution spatiale des maladies fongiques due blé dur (*Triticum durum* Desf.) et effet de la fusariose sur le rendement en zones semiarides de Sétif. Magister en AGRONOMIE : Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.112p.

Aidani ,H.,2015. Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen » thèse de magister page 82 :13- 15

AIT, S.A.K.S., 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat. Université. Annaba.150p.

Albertini L., 2013. Essor de l'agriculture en al-Andalus (Ibérie arabe): Xe-XIVe siècle - Performances des agronomes arabo-andalous. Editions L'Harmattan, 358 p.

Alismail, W., et kherous A., 2017. Influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semi-aride du Haut Cheliff. Mémoire de mastère. Université, De Khemis-Miliana.51p.

Allain ,E., 2014. Céréale données et bilan (Campagne 2013/14 / juillet 2014). *France Agri mer* .140p.

Ammar ,M.,2014. Organisation de la chaine logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de doctorat de CIHEAM Montpellier, p17-20.

Andrews S, pitt JL. 1986 . Selective medium for isolation of Fusariumspecies and dematiaceous Hyphomycetes from cereals.Microbiology.1235-1238.

Anonyme., (2008). Maladies et insectes des céréales en Algérie. Syngenta. Guide de champ.

Aouali ,S., douici-khalfi.A., 2009. Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte ; ITGC, ELHarrach, Alger. 56p 4èmeEd. Collection et Techniques Agricoles. 248p.

Aouali ,S., douici-khalfi, A., 2013.Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC. 8-36.

Références bibliographiques

Aoudia ,M., benarous ,K.,2020. Essais d'utilisation d'une souche de verticillium lecanii pour la lutte biologique vis-à-vis des champignons phytopathogènes de blé, memoire de fin d'études master, phytopathologie, bouira, universite, bouira.

Arsenic E., Foreniska E., Goral T., Chelkowski J. 1999. Fusarium head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivative in kernels of Wheat, triticum and rye. Journal of phytopathology.147: 577-590p.

Askary ,H., Benhamou ,N., Brodeur ,J., 1997.Ultrastructural and Cytochemical Investigations of the Antagonistic Effect of Verticillium lecanii on Cucumber Powdery Mildew. Phytopathology .87:359-368.

Askary, H., Carriere ,Y., Belanger ,RR., Et Brodeur ,J., 1998. Du champignon Verticillium lecanii sur l'oïdium du concombre. Biochem. Cell Biol. 87 : 359-368.

Attab S., (2014). Etude de quelques altérations physiologiques et biochimiques chez le blé causées par une maladie cryptogamique (l'oïdium). Thèse de doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, 104p.

Ballois, N., 2012. Caractérisation de la diversité des espèces de fusarium et de leur Potentiel mycotoxinogène sur céréales françaises. Master Fage Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité. BIPE .

Bdi ,Y., 2015. Distribution spatiale des maladies fongiques du blé dur (Triticum durum Desf.) et effet de la fusariose sur le rendement en zones semi arides de Sétif, mémoire de magister, Université Ferhat ABBAS Sétif 1, Algérie.

Benbelkacem A. & Kellou K., 2001. Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (Triticum turgidum L. var. durum) cultivées en Algérie. Options méditerranéennes, 6, 105-10.

Belaid ,D.J., 1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publications Universitaires ,203p.

Benhamou n, brodeur j ., 2001: pre-inoculation of Ri T-DNA transformed cucumber roots with the mycoparasite, Verticillium lecanii, induces host defense reactions against Pythium ultimum infection. Physiol Mol Plant Pathol 58:133–146.

Références bibliographiques

Bettiche F.,(2016).Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. Thèse de doctorat : Université Mohamed Khider-Biskra, 327p.

Bidochka MJ, burke s, ng l., 1999 .Extracellular hydrolytic enzymes in the fungal genus *Verticillium*: adaptations for pathogenesis. *Can J Microbiol* 45:856–864.

Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpen J.P., Reymond. P.,Sanglier J.J., Vayssier Y and Veau P.(1990). Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. p :34-428..

Botton.B et al .1990. Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle, 2ème éd. Masson éd, Paris.

Boulif M. 2011. Gestion intégrée des maladies du blé. Documentation d'appui. ENA de Meknès, 12p.

Bojanowski, A., 2011. Molécules antifongiques et activité Antagoniste de deux souches de *pseudomonas* envers *helminthosporium solani*, agent responsable de la tache argentée de la pomme de terre. Thèse pour l'obtention du grade de maître en sciences (M. Sc.). L'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en biologie végétale.70 p.

Bouanaka ,H., Bellil, I., Khelifi, D., 2021.Multiple methods for varietal resistance assessment of durum wheat cultivars against *Fusarium culmorum* the causal agent of Fusarium Head Blight and Crown Rot in Algeria. *Physiol Mol Plant Pathol*. 115:101683.

Boufena,R .Z .F., Zaghouane ,O., 2006 . Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC d'Alger, 1ère Ed, 152p.

Brent, K.J, Hollomon D.W., (2007); Fungicide resistance: The assessment of risk FRAC Monograph No 2, second revised edition, FRAC, 52p.

Brown ,A.H.S., Smith, G.,1957. The genus *Paecilomyces* Bainier and its perfect stage *Byssochlamys* Westling.*Trans. Br. Mycol. Soc.* 40:17–89.

Cahagnier ,B., 1998. Céréales et produits dérivés. In: Bourgeois C. M., Mesclé J.-F., Zucca J. (coord.). Microbiologie alimentaire : Aspects microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed. Tec & Doc, Paris, pp. 392-414.

Références bibliographiques

- Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M.P., Coquet Y. 2005.** Les pesticides dans le sol : conséquence agronomique et environnementale. Edition France Agricole, 637p.
- Casida J.E., Durkin K.A., 2016.** Pesticide chemical research in toxicology: lessons from nature. *Chem. Res. Toxicol.* 30, 94-104.
- Casnin ,C., Jean F ,M., Et Levesque , H., 2013.** Le blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée (enseignants-associés à l'Ifé-ENS de Lyon). S. Dorothée., développement épidémique de la fusariose des épis de blé et conséquences des interactions entre espèces du complexe Fusariose, Thèse de doctorat, Université paris-sud 11, France
- Cavelier M., Maroquin C., & Steyer S., 1992.** Les maladies des céréales. Fiches signalétiques. Centre de Recherches Agronomiques de l'Etat, Gembloux, 34 p.
- Chabane M., 2010.** L'Agriculture de Conservation: Voie de sécurité alimentaire dans les pays du Maghreb. *Options Méditerranéennes*, A(96), 189-208p.
- Chabasse.D . 2002.** Les moisissures d'intérêt médical. Cahier N°25 de formation de biologiémédicale, pp. 25-27.
- Chabasse ,D., 2002.** Les moisissures d'intérêt médical. Cahier N°25 de formation de biologie médicale, pp. 25-27.
- Champeil ,A., 2004.** Contribution à la compréhension des effets des systèmes de cultures sur l'infection des cultures de blé tendre d'hiver par la fusariose et la contamination des grains par les mycotoxines associées. Thèse. Doctora., INRA/ INA, Paris- Grignon, 264p.
- Champion R. 1997.** Identifier les champignons transmis par les semences. Edition INRA, Paris, 401p.
- Cools H.J, Bayon C, Atkins S, Lucas J.A, Fraaije B.A.(2012).** Overexpression of the sterol 14 alpha-demethylase gene (MgCYP51) in *Mycosphaerella graminicola* isolates confers a novel azole fungicide sensitivity phenotype. *Pest Management Science*, 68(7), 1034–1040.
- Couvreur. 2002.** Fongicides des céréales et des protéagineuse. Edition ITCF, PP 216.
- Cummins I, Wortley D.J, Sabbadin F, He Z, Coxon C.R, Straker H.E et al., (2013).** Key role for a glutathione transferase in multiple-herbicide resistance in grass weeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(15), 5812–5817.

Références bibliographiques

Datta ,B.S., Das ,A.K., Et Ghosh ,S.N., 2004. Fungal antagonists of some plant Pathogènes. Mycopathology .1: 15 - 17.

Dean R, Van Kan J.A.L, Pretorius Z.A, Hammond-Kosack K.E, Di Pietro A, Spanu P.D, Rudd J.J, Dickman M, Kahmann R, Ellis J, Foster G.D.(2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. Mol. Plant Pathol. 13, 414-430.

Demirci, E., Dane ,E., 2003. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. from stem bases of winter wheat in Erzurum, Turkey. *Phytoparasitica*, 31:170–173.

Djaouti, M., 2010. Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréales en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif. Série 'Master of science' N°106. Thèse Master science, CIHEAM. IAMM. 106 :142p.

Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie, 1, 45-53.

[DPVCT] Direction de la Protection des Végétaux et Contrôles Techniques. (2015) Index des produits phytosanitaires à usage agricole. Alger : Ministère de l'agriculture et du développement rural. [Internet]. Available from: http://www.inpv.edu.dz/institut/wp-content/uploads/2016/03/Index_Produits_Phyto_2015.pdf .Consulté le 20 janvier 2018.

[DPVCT] Direction de la Protection des Végétaux et Contrôles Techniques. (2017) Index des produits phytosanitaires à usage agricole. Alger : Ministère de l'agriculture et du développement rural et de la pêche.232p

Du B., Zhang Z., LiuW., Ye Y., Lu T., Zhou Z., Li Y., Fu Z., Qian H., 2019. Acute toxicity of the fungicide azoxystrobin on the diatom *Phaeodactylum tricornutum*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 168, 72–79.

Dweba, C.C., Figlan, S., Shimelis, H.A., Motaung, T.E., Sydenham, S., Mwadzingeni, L., Tsilo, T.J., 2017. Fusarium head blight of wheat: Pathogenesis and control strategies. Crop Prot. 91, 114–122.

Eswaran, A., Balabaskar ,P.,2008. Bioe cacy of antagonists against for the management of fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and Meloidogyne incognita disease complex of tomato under field condition. Plant Arch.8: 373–377.

Eyal Z. 1999. Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A comparative perspective. - Proc. 15thLong Ashtou Int. Symp. - Understanding pathosystems. A Focus on Septoria, 15-17.

Références bibliographiques

- Ezzahiri B., 2001.** Les maladies du blé. Bulletin de transfert de technologie en agriculture, madref/derd ed. N°77,4p.
- Ezzahiri B., 2010.** Maladies fongiques foliaires du blé. Agriculture du Maghreb n°41, 66-74.
- Fadili J., El-house A. 2011.** Principaux problèmes phytosanitaire des céréales dans la région de Meknèse-Tafilalet. Phyto-info Meknèse-Tafilalet n°9,4p.
- Fao (2012)** . Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides Directives pour la prévention et la gestion de la résistance aux pesticides. FAO Rome, 60p
- Fao., 2013.** Perspectives de récoltes et situation alimentaire, N°4. (<http://www.manche.chambagri.fr>)
- Fao., 2022.** FAOSTAT Agriculture. Availableonlineat<http://faostat.fao.org/faosta> T/collections.
- Feillet ,P., 2000.** Le grain de blé : Composition et utilisation. Ed: INRA. Paris,154-308.
- Figuroa M, Hammond-Kosack K.E, Solomon P.S., (2017).** A review of wheat diseases - a field perspective. Article in Molecular Plant Pathology .1-11p.
- Gargouri ,S., 2003.**Evaluation de l'incidence de la pourriture du pied et étude de la diversité génétique de la structure des populations espèces de Fusarium associées à la maladie. Thèse de doctorat, Université de Tunis El Manar, Faculté des sciences de Tunis Département de Biologie. Tunisie. 108.
- Gate P., Giban M. 2003.** Les stades du blé. Edition ITCF, 23p.
- Gate ,P., 1995.** Ecophysiologie du blé. *Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351p.*
- Gilbert ,J., Tekouz ,A., 2000.** Effect of Fusarium head blight and seed treatment on germination, emergence, and seedling vigour of wheat. Can. J. Plant Path. 17: 252-259.
- Gilbert, J., Haber, S., 2013.** Overview of some recent research developments in Fusarium head blight of wheat. Can. J. Plant Pathol. 35 (2), 149–174.
- Giraud R., (2018).** Difénoconazole : matière active du Ascernity®et Instrata Elite®. <http://cliniquedugazon.fr/index.php/2018/09/26/difenoconazole-matiere-active-du-ascernity/>
- Guiraud J.P. (2003).** Microbiologie alimentaires. (edn) Dunod. Paris. 651p.
- Hamma Dache, A.,1995.** Les mauvaises herbes des grandes cultures. Revue céréaliculture itgc. Alger, 40 p.

Références bibliographiques

Hänssler ,G., Knörzer ,M., Reisener ,H.J., 1981. Lichtmikroskopische Untersuchungen der Interaktion zwischen *Puccinia graminis* var. *tritici* und *Verticillium lecanii*. *Phytopathology's Zeitschrift*, 102: 310-31.

Helluy ,S., And Holmes ,J. C., 2005. Parasitic manipulation: further considerations. *Behav. Processes*. 68 : 185-99.

Hennouni, N., Djebbar ,M.R., Rouabhi ,R., Youbi, M., Berrebbah ,H., 2008. Effects of Artea, a systemic fungicide, on the antioxidant system and the respiratory activity of durum wheat (*Triticum durum*). *African Journal of Biotechnology*. 7 (5): 591-594.

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

Henry, Y., Buysier ,J., 2000. L'origine du blé. *Pour la Science* .26 :60-62.

Hervieu ,B., Capone, R., Abis, S., 2006. L'enjeu céréalier en Méditerranée. Les notes d'analyse de CIHEAM, N° 9. Rapport panorama stratégique et prospectif de la situation agricole et agroalimentaire en Méditerranée, 13p.

Hiller D, Sanglard D, Morschhauser J., (2006) : Overexpression of the MDR1 gene is sufficient to confer increased resistance to toxic compounds in *Candida albicans*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 50(4), 1365–1371.

-http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Croissant_fertile_carte.png consulter le 01/06/2021

-<http://www.manche.chambagri.fr> consulter le 12/06/2021

Iriisphytoprotection (2020)

<https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Champignon?imageId=1391>

Consulter le 01/06/2021.

[ITIS] Integrated Taxonomic Information System, 2021: Classification du *Triticum L.*

<https://www.itis.gov/> consulté le 16 /07/2021

Jabs T, Cronshaw K, Freund A., (2001). New strobilurin resistance mechanism in apple scab (*Venturia inaequalis*). *Phytopathology*, 31, 15–16.

Jijakly ,M. H., 2003. La lutte biologique en phytopathologie, In ; *Phytopathology*. Lepoivre P. Eds). De Boeck, Bruxelles.

- Joil ,A., Jacques E ,B .,2010.** Les filières céréalières : Organisation et nouveaux défis. Quas :INRA .189p.
- Khan ,A.L., Williams, K.L., Nevalainen H.K, E.,2004.** Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biol. Control.* 31: 346–352.
- Khan, M.R., Doohan, F.M., 2009.** Bacterium-mediated control of *Fusarium* head blight disease of wheat and barley and associated mycotoxin contamination of grain. *Biol. Contr.* 48, 42-47.
- Kouassi , D.,2001.** Les possibilités de la lutte microbiologique : Emphase sur le champignon entomopathogène *B. bassiana*. *Vertigo* .
- Lacroix M., 2008.** Maladies des céréales et de la luzerne. Guide agronomique des grandes cultures, publication 811F, MAAARO, 47-49.
- Laffont J.M., 1985.** Les maladies des céréales et du maïs. Les connaître pour mieux les combattre. Ed. La nouvelle librairie, 96 p.
- Lanier. L., Joly .P., Bondoux P. et Bellemère .A. 1976.** Mycologie et Pathologie Forestière, Volume II: Pathologie forestière. Edition Masson. 478 p
- Larran S. Perelló A. Simón M.R. and Moreno V. 2007.** The endophytic fungi from wheat (*Triticum aestivum* L.). *World J. Microbiol. Biotech.* **23**: 565-572.
- Latz ,M.A., Jensen ,B., Collinge, D.B., Jørgensen ,H.J., 2018.** Endophytic fungi as biocontrol agents: Elucidating mechanisms in disease suppression. *Plant Ecol. Divers.* 11 :55–567
- Leslie. J.F., Summerell B.A. 2006.** The *Fusarium* laboratory Manual. Blackwell publishing, Ames, USA.388 p.
- Lucas J.A, Hawkins N.J, Fraaije B.A., (2015)** : Chapitre deux - L'évolution de la résistance aux fongicides. *Advances in Applied Microbiology* Volume 90, Pages 29 à 92.
- Leslie ,J.F., Summerell ,B.A., 2006.** The *Fusarium* laboratory Manual. Blackwell publishing, Ames, USA.388 p.
- Li X Q., Xu K., LIU Xm., Zhang ,P. A., 2020.**systematic review on secondary metabolites of *Paecilomyces* species: Chemical diversity and biological activity. *Planta Med.* 86: 805–821.

Références bibliographiques

- Lnpv [LABORATOIRE NATIONAL DE LA PROTECTION DES VEGETAUX], 2008.** Toutes céréales, détection et identification des espèces de Fusarium spp. Et Microdochium nivale sur grains de céréales par isolement mycologique semi-sélectif et étude microbiologique. Réf. MH-03.16 : version B.
- Loughman, R., Thomas, G., Wright, D., 2004.** Fusarium head blight of cereals and stalk rot of maize, millet and sorghum and their identification. Ed. Department of agriculture, State of western Australia, .
- Malhadas, C., Malheiro, R., Pereira, J.A., De Pinho, P.G., Baptista, P., 2017.** Antimicrobial activity of endophytic fungi from olive tree leaves. World J. Microbiol. Biotechnol : 33- 46.
- Majumder, D., Rajesh D., Suting E.G., Debbarma A. 2013.** Detection of seed borne pathogens in Wheat: Recent trends Australian Journal of crop Science, 4: 500-507.
- Malhadas C., Malheiro R., Pereira J.A., de Pinho P.G., Baptista P., 2017**
Antimicrobial activity of endophytic fungi from olive tree leaves. World J. Microbiol. Biotechnol: 33- 46
- Mao L.G., Jia W., Zhang L., Zhang Y.N., Zhu L.Z., Sial M.U., Jiang H.Y., 2020.** Embryonic development and oxidative stress effects in the larvae and adult fish livers of Zebrafish (*Danio rerio*) exposed to the strobilurin fungicides, kresoxim-methyl and pyraclostrobin. Sci. Total Environ. 729, 139031.
- Martin, L., Yves, D., Et Sylvie, R., 2007.** Fusariose de l'épi chez le blé et l'orge. CÉROM Saint-Bruno-de-Montarville, bulletin technique : phytopathologie .2 : 5p.
- Mascher, F., Michel, V., Et Browne, R. A., 2005.** Sélection de variétés de blé et de triticale résistantes à la fusariose sur épi. Revue suisse Agric. 37 : 189-194.
- Masson, E., 2012.** Diagnostic des accidents du blé tendre. ARVALIS-Institut du végétal. 36-40.
- Matarese, F., Sarrocco, S., Gruber, S., Seidl-Seiboth, V., Vannacci, G., 2012.** Biocontrol of Fusarium head blight: interactions between *Trichoderma* and mycotoxigenic *Fusarium*. Microbiology 158, 98-106.
- Mauler-Machnik, A., Et Suty, A., 1997.** New finding of the epidemiology, importance and control of Fusarium ear blight on wheat. Cereal Res. Commun. 25: 705-711.

Références bibliographiques

- Mebdoua S.(2019).** Pesticide Residues in Fruits and Vegetables. In: Mérillon JM., Ramawat K. (eds) Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. 1715-1753.
- Meksem ,L., Rouabhi, R., Djebbar-Berrebbah, H., Djebbar, M. R., 2007.** The impact of Propiconazole (Tilt 250) EC on the growth and breathing of hard Wheat isolated roots (T. durum, GTA and Vitron varieties). African Journal of Agriculture Research. 2(8) : 370-373.
- Mills, J.T., Muir,W. E., Timlick ,B., And White, N. D. G., 1978.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grains entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. Ed. Centre de recherche sur les céréales. 58 p.
- Moreno-Gavira A., Diánez F., Sánchez-Montesinos B., Santos M., 2020.** Paecilomyces variotii as a plant-growth promoter in horticulture. Agronomy. 10- 597.
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Dianez ,F., Sanchez-Montesinos, B., Santos, M.,2020.** Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. Plants: 9 -1746.
- Moule ,C.,1971.** Caractères généraux des céréales. La maison rustique Paris ,10p.
- Nasraoui, B., 2006.** Les champignons parasites des plantes cultivées. 1st edition, Centre de publication universitaire, Tunis (Tunisia), 301-323.
- Nagy E., Moldovan V. 2007.** The effect of fungicide treatment on wheat common Bunt (Tilletia spp) in Transylvania. Romania Agriculture Research. 24: 34-37.
- Nelson.P.E., Toussoun.T.A., Marasas.W.F.O. 1983.** Fusarium species - An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA, 193 p
- Nekache , M., Abdallah, N, 2013.** Complexe fongique pourriture racinaire et fusariose de l'épi étude pathologique et lutte biologique avec *trichodermaatroviride p. karsten*. Mémoire de magister en agronomie. Option biologie et génétique de l'interaction plante hôte/pathogène en protection des cultures, Département botanique, Ecole nationale supérieure agronomique et Harrach Algérie, 17p.
- Nelson ,P.E., Toussoun ,T.A., Marasas ,W.F.O., 1983.** Fusarium species - An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA, 193 p.

Références bibliographiques

Nesha, R., Siddiqui, Z.A.E., 2017. Effects of *Paecilomyces lilacinus* and *Aspergillus niger* alone and in combination on the growth, chlorophyll contents and soft rot disease complex of carrot. *Sci. Hortic.* 218: 258–264.

Ouanzar, S., 2012. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) ,63p.

Palazzini J .M., Ramirey M.L., Torres A.M. Et Chulze S. (2007). Potentiel biocontrol

For fusarium head blight and deoxynivalenol production in wheat. *Crop Protection* 26,1702-1710.

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

Parry ,D.W., Jenkinson ,P., Meleod, L., 1995. Fusarium Ear Blight (scab) in small grain cereals- a review. *Plant Pathology* .44: 207- 238.

Pauvet, P., 1984. Les fusarioses des céréales. *Phytoma*, 202 : 15-16. Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger :7-9.

Pitt.J.I., Hoking.A.D. 1997. Fungi and Food Spoilage. Blackie Academic & Profesional, London- Weinheim- NewYork- Tokyo-Melbourne- Madras. 593p.

Pubchem www.pubchem.com , Consulter le 01/06/2021

Ponts N. 2005. Influence du stress oxydatif sur la biosynthèse de Mycotoxines de *Fusarium* spp. Contamination de l'épi de Mais. Thèse de Doctorat en Biologie. L'université de Bordeaux 1, 409p.

Powles S.B, Yu Q., (2010). Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 317–347.

Prescott, J.M., Burnett ,P.A., Sari, E.E., Ransom, J., Bowman ,J. W., Mililani, D.O.E.S., Singh ,R.P., Et Bekele, G., 1987. Maladies at ravagours du blé : Guide d'identification au champ. CIMMYT. Mexico, D.F., Mexico : 135p.

Rastoin, J. L., Benabderrazik, H., 2014. Céréales et oléo protéagineux au Maghreb Pour un Co-développement de filières territorialisées. Algérie Une agriculture sous fortes contraintes. Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen, IPEMED. 32p

Références bibliographiques

- Rajendran R, Mowat E, Mcculloch E, Lappin D.F, Jones B, Lang S, et al., (2011).** Azole resistance of *Aspergillus fumigatus* biofilms is partly associated with efflux pump activity. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 55(5), 2092–2097.
- Reignault P., (2002).** Mécanismes liés aux interactions entre plantes et agents pathogènes : pouvoir pathogène et dégradation de la pectine. Résistance innée et résistance acquise chez les plantes. Thèse d'habilitation, Univ. Littoral Côte d'Opale, France, volume I, 163 p.
- Rocher F. 2004.** Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : Evaluation de la systémie phloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de réaction de défense. Thèse de Doctorat de l'Université de Poitiers, 163p.
- Roquebert, M.F., 1998.** Taxonomie des moisissures, Méthodes de culture et techniques d'observation ; Identification”, in “Moisissures des aliments peu hydratés”, Ed. Tec et Doc. 39-95.
- Rubini M.R., Silva-Ribeiro R.T., Pomella A.W.V., Maki C.S., Araujo W.L., Santos D.R. and Azevedo J.L. 2005.** Diversity of endophytic fungal community of cacao (*Theobroma cacao* L.) and biological control of *Crinipellis perniciosa*, causal agent of Witches' Broom Disease. *Int. J Biol Sci.* 1: 24-33
- Samson ,R.A., 1974.** Paecilomyces and some allied hyphomycetes. *Stud. Mycol.* 6 : 1–119.
- Sayoud ,R., Ezzahiri, B., Bouznad ,Z., 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb, Guide Pratique. Projet Maghrébin sur la Surveillance des Maladies et le Développement de Germoplasme Résistant des céréales et des Légumineuses Alimentaires. PNUD RAB/91/007 Maroc-Algérie - Tunisie. Trames Ed, Algérie, 64p.
- Schilling, A.G., Moller ,E. M., Et Geiger ,H.H., 1996.** Polymerase chains reaction-based assays for species specific detection of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, and *F. avenaceum*. *Phytopathology* 86 :515-522p.
- Schisler ,D. A., Khan, N.I., Boehm, M .J., Lipps, P. E., Slininger, P. J .E.T .,Zhang S., 2006.** selection and evaluation of the potential of choline-metabolizing microbial strains to reduce fusarium head blight. *biological control* .39: 497-506.
- Seifert, K.A., 2001.** *Fusarium* anamorphic generic concepts. In: *Fusarium*. (Eds. Summerell.A., Leslie J.F., Backhouse D., Bryden W.L., Burgess L.W), APS Press St. Paul, USA, 15-28PP.

Références bibliographiques

Sharma, A., Srivastava, A., Shukla ,A.K., Srivastava, K., Srivastava ,A.K., Saxena, A.K., 2020.Entomopathogenic Fungi: A Potential Source for Biological Control of Insect Pests. In: Solanki M., Kashyap P., Kumari B.(eds) Phytobiomes: Current Insights and Future Vistas. Springer, Singapore.

Siou D. 2013. Developpement épidémique de la Fusariose des épis de blé et conséquence des interactions entre espèces du complexe fusarien. Thèse de doctorat en Biologie. Université Paris Sud,182p.

Sivakumar, T.; Eswaran, A.; Balabaskar, P. Bioe cacy of antagonists against for the management of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and Meloidogyne incognita disease complex of tomato under field condition. Plant Arch. 2008, 8, 373–377.

Sivan, A., Chet ,I., 1989.Degradation of fungal cell walls by lytic enzymes of Trichoderma harzianum. J. General. Microbiol. 135 : 675– 682.

Soltner D. 1990. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17ième Ed, 464p.

Soltner D., 2005. La base de la production végétale Tom I. Le sol et son amélioration. 24eme Edi. collection science et technique agricole, 472P.

Soltner D. 2007. Les bases de la production végétales : la plante et son amélioration III. 7eme Edition, collection science et technique agricole, 362p.

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

Thiery, B., Alavo, T., 2015. The Insect Pathogenic Fungus Verticillium lecanii (Zimm.) Viegas and its use for Pests Control: A Review. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 3: 337-345.

Tigano-Milani, M.S., Honeycutt, R.J., Lacey ,L., Assis, R., Clelland ,M., And Sobral Bws., 1995. Genetic variability of Paecilomyces fumosoroseusisolates revealed by molecular markers. J Invertebr Pathol. 65:274-282.

Tigano-Milani ,M.S., Samson ,R.A., Martins, I., And Sobral ,B.W.S., 1995. DNA markers for differentiating isolates of Paecilomyces lilacinus. Microbiology .141:239-245.

Touati-Hattab,S., Barreau,C., Verdal-Bonnin,M.N., Chereau,S., Richard-Forget,F., Hadjout,S., Mekliche,L., Bouznad,Z.,2016. Pathogenicity and trichothecenes production of

Références bibliographiques

Fusarium culmorum strains causing head blight on wheat and evaluation of resistance of the varieties cultivated in Algeria. Eur J Plant Pathol. 145(4) :797–814.

Wang K., Sun Z.H., Yang L.D., He L., Li X.H., Wang G., 2020. Respiratory toxicity of azoxystrobin, pyraclostrobin and coumoxystrobin on *Chlorella vulgaris*. B. Environ. Contam. Toxicol. 104, 799–803

Wang X, Li X, Wang Y, Qin Y, Yan B, Martyniuk C J, 2021. A comprehensive review of strobilurin fungicide toxicity in aquatic species: Emphasis on mode of action from the zebrafish model. Environmental Pollution, 275, 116671 : 1-12

Walker A.S., Bouguennec A., Masson E. & Du Cheyron P., 2009. Comment retrouver des triticales résistants à l'oïdium ?. *Perspectives Agricoles* , N°357, 78-84.

Wegulo, S.N., Baenziger, P.S., Nopsa, J.H., Bockus, W.W., Hallen-Adams, H., 2015. Management of Fusarium head blight of wheat and barley. Crop Prot. 73, 100– 107.

Whipps. JM., 1993 : Une revue de la maladie de la rouille blanche (*Puccinia*

horiana Henn.) sur le chrysanthème et le potentiel de son contrôle biologique

avec le gaz *Verticillium lecanii* (Zimm.) Vie'. Ann Appl Biol 122:173- 187.

Yu G., Xie L Q., LI J T., Sun X H, Zhang, H., Du Q., Li Q Y., Zhang S, H.\$., Pan, H .Y., 2015. Isolation, partial characterization, and cloning of an extracellular chitinase from the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. Genetics and Molecular Research .14: 2275-2289.

Yu, J .B., Bai ,H., Zhou, W.C., Dong, Y.H., Et Kolb, F. L., 2008. Quantitatif trait loci for fusarium head blight resistance in recombinant inbred population of wangshuibai/Wheaton. Phytopathology .98 : 87-94.

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

Zairi , M., 2015. Caractérisation de la production de quelques lignées d'orge issues de la première sélection participative en Algérie. Thèse de doctorat, Université Djilali Liabes-SBA, Algérie.

Zare ,R., Gams, W., 2001.A revision of *Verticillium* sect. Prostrata. III.Generic classification. Nova Hedwigia. 72: 329-337.

Zettal ,Y., 2017. Le blé : importance, santé et risque. Mémoire de stère. Université. Constantine.34p.

Références bibliographiques

Zhang C, Zhou T, Xu Y, Du Z, Li B, Wang J, Wang J, Zhu L , 2020.Ecotoxicology of strobilurin fungicides. Science of the Total Environment 742, 1-8

Zillinsky F.J., 1983. Maladies Communes des céréales à paille. Guide d'identification. Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé, 141 p.

Annexes

Annexes

Annexe I

Matériels utilisés

Equipement scientifique	Verrerie	Consommables
Verrerie Consommables - Autoclave à pression de vapeur --hotte microbiologique à Flux laminaire - Balance de précision (+-0.001 g) de portée adaptée (0 à 100 g) - Enceinte climatique Illuminée à température Contrôlée de 26°C (+-3°C) - Bec Bunzen - Agitateur Plaque chauffante -Spatule métallique - Barreau magnétique - Pissette -micropipette -pince	-Flacons auto lavables en Verre borosilicaté de 500 ml. - Bêchers de 500 ml, 1L -Pipettes graduées de 1ml et 10 ml - Erlenmeyer - Eprouvettes graduées - Tubes -Cellule malassaze	Boite de Pétri stériles -Lame porte objet pour Microscopie - Pointes de prélèvements -Papier filters, micropipettes -para film -goblet

Annex II

Tableau des mesures de croissance des pathogènes quatre souches de *Fusarium* fongiques et celles de l'antagoniste *Verticillium lecanii* *Paecilomyces* sp

-*Verticillium lecanii*

Jour	2J	3J	4J	7J
Test <i>F. graminearum</i>	0,86	1,9	3,63	4,6
Test <i>Verticillium</i>	0,86	1	1,2	1,9
Témoin <i>F. graminearum</i>	0,9	2	4	8,5
Témoin <i>Verticillium</i>	0,85	1,15	1,4	2,1

Jour	2J	3J	4J	7J
Test <i>F. culmorum</i>	0,83	2,7	4,86	4,86
Test <i>Verticillium</i>	0,86	0,96	1,16	1,16
Témoin <i>F. culmorum</i>	1,2	2,9	5,7	8,5
Témoin <i>Verticillium</i>	0,85	1,15	1,4	2,1

Jour	2J	3J	4J	7J
Test <i>F. lateritium</i>	0,8	1,16	2,6	4
Test <i>Verticillium</i>	0,8	0,93	1,26	1,93

Annexe

Témoin <i>F. lateritium</i>	0,8	1,2	2,6	4,8
Témoin <i>Verticillium</i>	0,85	1,15	1,4	2,1

Jour	2J	3J	4J	7J	8J
Test <i>F. verticillioides</i>	0,8	1,1	2,2	2,8	3,3
Test <i>Verticillium</i>	0,86	1	1,3	1,9	2
Témoin <i>F. verticillioides</i>	0,95	1,95	3,2	4,3	4,9
Témoin <i>Verticillium</i>	0,85	1,15	1,4	2,1	2.1

-*Paecilomyces* sp

Jour	2J	3J	4J	5J
Test <i>F. graminearum</i>	1.3	3.2	5.1	7.3
Test <i>Paecilomyces</i> sp	0.8	1.4	1.5	2
Témoin <i>F. graminearum</i>	1.8	3.3	5.7	7.6
Témoin <i>Paecilomyces</i> sp	0.8	1.2	1.5	1.8

Jour	2J	3J	4J	5J
Test <i>F. culmorum</i>	1.4	4.2	6.2	8.1
Test <i>Paecilomyces</i> sp	0.8	1	1.2	1.8
Témoin <i>F. culmorum</i>	1.9	4.6	7	8.3
Témoin <i>Paecilomyces</i> sp	0.8	1.2	1.5	1.9

Jour	2J	3J	4J	5J
Test <i>F. lateritium</i>	0.7	1.6	2.4	3
Test <i>Paecilomyces</i> sp	0.9	1.2	1.6	1.8
Témoin <i>F. lateritium</i>	0.9	1.7	2.6	3.5
Témoin <i>Paecilomyces</i> sp	0.8	1.2	1.5	1.8