



لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Écologie Végétale

قسم: إيكولوجيا و بيولوجيا النبات

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

INTITULE

**Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement
de semence de blé sur le *Fusarium in vitro*.**

Présenté et soutenu par : Mme BENCEDIRA Sihem

Le 26 juin 2019

Jury d'évaluation

Président du jury : Pr. CHOUGUI Saida (Professeur-Université UFMC1)

Rapporteur : Dr. BOUCHIBI- BAAZIZ Nacera (MCB-Université UFMC1)

Examineur : Dr. ZOGHMAR Meriem (MCB-Université UFMC1)

Co - Rapporteur : Dr. HARRAT Wahiba (MRB – INRAA Unité Recherche Constantine).

Année universitaire 2018 - 2019

Remerciements

Je remercie, avant tout " ALLAH " le tout puissant de m'avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Un grand merci pour Dr. BAAZIZ Nacira d'avoir assuré mon encadrement.

Je tiens aussi à remercier Pr. CHOUGUI Saida, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, ainsi que: Dr. ZOGHMAR Meriem, pour l'honneur d'avoir accepté de faire partie de ce jury en tant qu'examineurs.

Je voudrais aussi par ces lignes, exprimer mes vifs remerciements à Monsieur OUFFROUKH Amar Directeur de l'INRAA-Unité de Recherche de Constantine, de m'avoir donné l'accès au laboratoire.

A BENBELKACEM A., Directeur de recherche à l'INRAA - URC, pour ses conseils et sa bienveillance.

Ma profonde reconnaissance s'adresse à Mme HARRAT Wahiba pour son soutien, sa gentillesse mais surtout pour sa précieuse et la conséquente aide apportée durant la réalisation de ce travail. Qu'elle en soit ici profondément remerciée.

Mes vifs remerciements vont également à toute l'équipe technique de l'UR Constantine, notamment Mme SERARMA Djemaa, Mme IMAMI Saliha, Melle BOUSSAHA Saoussene et M. MANSORI Djafar.

Enfin j'adresse mes profonds remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé dans la concrétisation de ce travail.

Bencedira S.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère Fatima pour tous ses sacrifices.

Mon père Hocine pour tous ces encouragements.

Mon mari et mes très chers enfants Zinou et Malak.

À mes chères sœurs Lamia, Khawla, Souad et Obla.

À mon amie et collègue Mounia.

Toute ma promotion et mes collègues.

Tous ceux qui ont contribué à ma Formation.

Bencedira Sihem

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : LE BLE	3
1. Généralités sur le blé	3
2. Historique	3
3. Importance du blé.....	4
3.1. Dans le monde	4
3.2. En Algérie	4
4. Caractéristiques de la plante	5
4.1. Classification botanique.....	5
4.2. Le grain de blé.....	6
4.2.1. Structure des grains de blé.....	6
4.2.2. Composition biochimique du grain de blé.....	7
4.2.3. Germination de grain du blé	8
CHAPITRE 2 : La mycoflore de la semence du blé	10
1. Généralités	10
2. Facteurs de développement des champignons	10
3. La mycoflore du blé	11
3.1. Champignons des grains au niveau du champ.....	11
3.2. Flore intermédiaire.....	11
3.3. Flore de stockage	12
4. Les maladies transmises par les semences du blé	12
CHAPITRE 3. LES FUSARIOSES DU BLE	13
1. Généralités	13
2. Le genre <i>Fusarium</i>	14
3. Symptomatologie	14
3.1. Sur la partie basale.....	14
3.2. Sur épi et feuilles	14
4. Cycle biologique	15
5. Aspects morphologiques et microscopique	16

6.	Méthodes de lutte	17
6.1.	Lutte génétique.....	17
6.2.	Lutte culturale	17
6.3.	Lutte chimique	17
6.4.	Lutte biologique	17
MATERIEL ET METHODES		18
1.	Matériel biologique	18
1.1.	Matériel fongique pathogène.....	18
2.	Test du pouvoir germinatif	18
3.	Méthode d'analyse phytosanitaire des grains	19
3.1.	Isolement de la flore fongique.....	19
3.2.	Purification.....	20
3.3.	Identification et caractérisation des isolats.....	20
3.3.1.	Caractérisation macroscopique.....	20
3.3.2.	Caractérisation microscopique	20
4.	Essai de lutte chimique	21
4.1.	Formulations antifongiques testées.....	21
5.	Essai de lutte biologique.....	22
RESULTATS ET DISCUSSION.....		24
1.	Résultats	24
1.1.	Résultats de la faculté germinative	24
1.2.	Isolement et identification de la flore fongique	24
1.3.	Caractérisation microscopique et macroscopique des genres.....	27
1.1.1.	<i>Cladosporium</i>	27
1.1.2.	<i>Aspergillus</i>	27
1.1.3.	<i>Penicillium</i>	27
1.1.4.	<i>Fusarium</i>	27
1.1.5.	Caractérisation de l'espèce de <i>Trichoderma</i> utilisée dans la lutte biologique	27
1.4.	Résultats de l'essai de lutte chimique et biologique	30
2.	Discussion	34
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		36
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		
RESUME		

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Productions, superficies récoltées, rendements et production du blé en Algérie entre 2013 et 2017	4
Tableau 2. Classification <i>Triticum durum</i> Desf.	6
Tableau 3. Principaux de micromycètes des céréales et produits dérivés	12
Tableau 4. Maladies transmises par les semences du blé	12
Tableau 6. Formulations antifongiques de traitement de semences	21

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Production de blé pour les 10 principaux producteurs dans le monde entre 1994 et 2017 (Site web 4. FAOSTAT, 2019).....	4
Figure 2. Carte représentant les 20 plus gros pays importateur du blé au monde (site web 1).....	5
Figure 3. Superficies récoltées et production de blé en Algérie entre 1994 et 2017 (Site web 4. FAOSTAT, 2019).....	5
Figure 4. Coupe schématique d'un grain de blé (BenMbarek, 2017).....	7
Figure 5. Germination de la graine de blé (Maciejawski, 2013)	9
Figure 6. Localisation des champignons au niveau d'un grain de blé (Champion, 1997)	13
Figure 7. Symptômes de la fusariose : A-Fusariose de l'épi chez le blé ; B-symptômes sur grains ; C- symptômes sur le collet (Site web 2).	15
Figure 8. Cycle biologique de Fusarium (Forme parfaite : Gibberella) sur céréales (Dorothee, 2013). 16	
Figure 9. Terminologie pour décrire la morphologie du genre Fusarium (Ghorri, 2015).	16
Figure 10. Test d'évaluation de la faculté germinative	18
Figure 11. Technique d'isolement des champignons à partir des graines. A-désinfection et rinçage ; B-séchage ; C-mise en boîte de Pétri ; D-incubation à 25°C.	19
Figure 12. Purification des champignons. A-boîte de Pétri contenant les colonies à purifier ; B-prélèvement de l'isolat ; C-repiquages sur milieu PDA.....	20
Figure 13. Préparation du milieu de culture avec les formulations chimiques. A-Filtration du produit ; B-mélanger avec le milieu PDA ; C- Préparation finale.	22
Figure 14. Préparation du milieu PDA avec 25% des métabolites secondaires de <i>Trichoderma sp.</i> A et B-Filtration des du mycélium à l'aide de papier filtre ; C-filtration des spores à l'aide de microfiltre ; D-mélange des métabolites secondaires avec le PDA.	23
Figure 15. Dispositif <i>in vitro</i> de la lutte chimique et biologique	23
Figure 16. Taux de germination 100%.....	24
Figure 17. Nombre de colonies en fonction des variétés et du site de prélèvement.	25
Figure 18. Ensemble des genres obtenus en fonction des zones de prélèvement et des variétés.....	25
Figure 19. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour l'ensemble des échantillons	26

Figure 20. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour les échantillons de la zone Nord	26
Figure 21. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour les échantillons de la zone Sud	26
Figure 22. Aspect des deux espèces de <i>Cladosporium</i> isolées. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.....	28
Figure 23. Aspect des deux espèces d' <i>Aspergillus</i> isolées. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.	28
Figure 24. Aspect du <i>Penicillium</i> isolé. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.	29
Figure 25. Aspect des deux espèces de <i>Fusarium</i> isolées (1-Fus1 ; 2- Fus2). Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.	29
Figure 26. Aspect de l'espèce de <i>Trichoderma</i> utilisé. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.	30
Figure 27. Evolution de la croissance mycélienne de Fus 1 durant 10 jours en fonction des traitements (chimiques et biologique).....	31
Figure 28. Evolution de la croissance mycélienne de Fus2 durant 10 jours en fonction des traitements (chimiques et biologique).....	32
Figure 29. Croissance mycélienne au 10 ^{ème} jour du <i>Fusarium</i> (1-Fus1; 2-Fus2) en fonction des traitements (Chimique et biologique). A-Témoin; B-F1; C-F2; D-Tr1	33

LISTE DES ABREVIATION

FAO: Food and Agriculture Organization.

INRA : Institut nationale de la recherche agronomique d'Algérie.

PDA : Potato Dextrose Agar.

URC : Unité de recherche Constantine.

CNCC : Centre National du Contrôle et de la Certification des semences et plant.

PDB: Potato dextrose broth

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les céréales cultivées depuis des milliers d'années constituent la base de notre alimentation et jouent la carte de la diversité. De l'Europe à l'Asie, en passant par l'Afrique et l'Amérique, les hommes du monde entier en ont développé de nombreuses variétés (**Nedjah, 2015**). Elles constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques. La connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de la population mondiale (**Mason et al., 2017**).

La production des céréales, notamment le blé, se situe au cœur des préoccupations des états à travers le monde, y compris l'Algérie. Les besoins des pays méditerranéens en blé pour 2020 sont estimés à plus de 111 millions de quintaux (**Hervieu et al., 2006**).

La facture d'importation des blés (tendre et dur) de l'Algérie est passée à 1,79 milliard de dollars en 2016, contre 2,39 milliards de dollars en 2015 soit une baisse de 25,3%, pour des quantités ayant atteint 8,22 millions de tonnes, contre 8,5 millions de tonnes, soit -3,3%. Le marché algérien reste donc incontournable et représente une importante manne financière en devises (**Site web 1**).

Le blé est la principale production céréalière en Algérie. Malgré les énormes progrès enregistrés dans la productivité qui ont permis d'améliorer les variétés, la fertilisation et d'assurer une meilleure protection, les productions céréalières en Algérie, demeurent toujours irrégulières et semblent être étroitement liées à un certain nombre de facteurs tant abiotiques que biotiques (**Ouffroukh, 2014**). Il en résulte ainsi des pertes de rendement considérables.

Plusieurs maladies peuvent attaquer le blé. Les fusarioses sont les maladies fongiques les plus compliquées. Elles attaquent tous les organes de la plante, depuis les racines jusqu'aux épis. En plus, plusieurs agents pathogènes se concurrencent pour parvenir à cette situation (**Caron, 1993**).

Devant l'absence ou le manque de variétés résistantes aux maladies et dans le but de prévenir ces maladies fongiques, les céréaliers ont recours à l'application de fongicides systémiques, de manière régulière sur les semences avant la culture. Leur utilisation, répond ainsi à des impératifs agronomiques et économiques (**Schreck, 2008**).

Notre travail consiste à évaluer l'effet de différentes formulations de produits phytosanitaires (chimique ou biologique) de traitement de semence de blé sur le *Fusarium in vitro*.

Dans ce contexte, notre travail est réparti en trois parties complémentaires:

- Réalisation d'une analyse phytosanitaire de semences récoltées au niveau des deux principales zones céréalières de la wilaya de Constantine (Nord – Didouche Mourad et Sud – El Khroub) ;
- évaluation de l'effet inhibiteur de croissance de deux formulations antifongiques sur le développement des *Fusarium* choisis pour le test *in vitro*.
- évaluation *in vitro* de l'effet antagoniste des métabolites secondaires du *Trichoderma* sur le développement du *Fusarium*.

Revue
bibliographique

CHAPITRE 1 : LE BLE

1. Généralités sur le blé

Les céréales constituent 45 % des apports énergétiques dans l'alimentation humaine. Il existe trois groupes de céréales majeures qui correspondent à 75 % de la consommation céréalière mondiale. Un premier grand groupe de céréales est formé par le blé, l'orge, le seigle et l'avoine. Il émerge dans le croissant fertile, berceau des civilisations occidentales qui ont donc leur point de départ au moyen - Orient et au Proche Orient. Un deuxième grand groupe est formé par le maïs et un troisième grand groupe est ordonné autour du riz (**Clerget, 2011**).

Le blé est l'une des premières plantes introduites en cultures, en raison de nombreux caractères favorables : facilité de stockage, de transport et de large zone de culture (**Yves et De buyser, 2001**).

Le terme de blé vient probablement du gaulois blato (à l'origine du vieux français blaie, blée, blaiier, blaver, d'où le verbe emblaver, qui signifie ensemercer en blé) et désigne les grains qui, broyés, fournissent de la farine, pour des bouillies (polenta), des crêpes ou du pain (**Nedjah, 2014**).

A travers les siècles et les générations, le grain de blé a conservé toutes ses valeurs et reste un élément essentiel à notre alimentation (**Hamel, 2010**). Aujourd'hui le blé fait partie de notre quotidien, présent dans de nombreuses compositions (**Zeidoun, 2011**).

2. Historique

Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection exercée par les premiers agriculteurs (**Yves et De buyser, 2001**).

Les premiers indices d'une agriculture apparaissent il y a 11000 ans, au moyen- orient, dans le « croissant fertile », situé au sud de l'Anatolie et au Nord de la Syrie. C'est là que les premiers agriculteurs se fixent et commencent à cultiver les blés que leurs ancêtres récoltaient dans la nature (**Yves et De buyser, 2001**).

3. Importance du blé

3.1. Dans le monde

Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante dans le monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Le secteur des céréales est d'une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales (FAO, 2006). Les trois plus grands producteurs de blé dans le monde sont la Chine (111 Mt), l'Inde (77 Mt) et les Etats Unis avec 58 Mt (Fig.1).

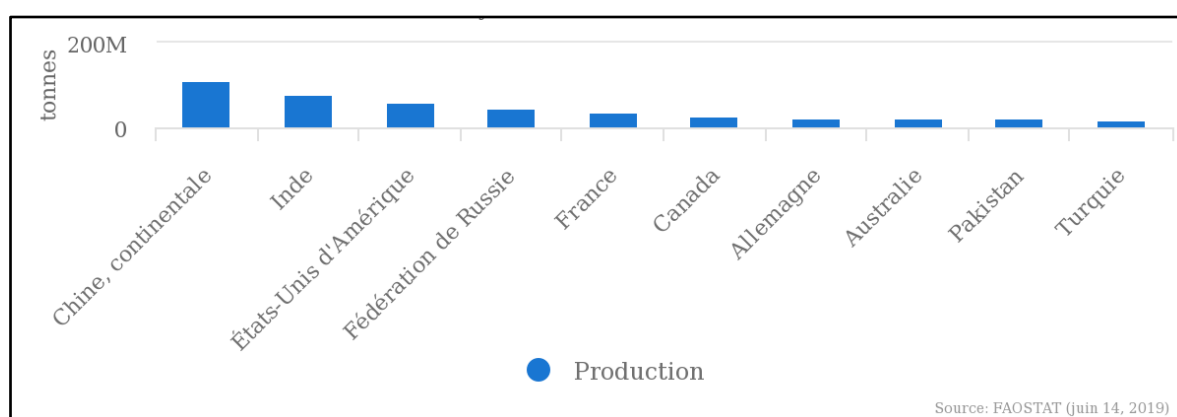


Figure 1. Production de blé pour les 10 principaux producteurs dans le monde entre 1994 et 2017 (Site web 4. FAOSTAT, 2019)

3.2. En Algérie

La culture des céréales est fort ancienne en Algérie ; le blé et l'orge tiennent une place de premier ordre parmi les plantes cultivées.

D'après les statistiques de la FAO (2019) la production du blé en Algérie ne cesse d'augmenter depuis le début des années 2000 suites à l'augmentation des superficies récoltées et une meilleure maîtrise de l'itinéraire technique (Tab.1 ; Fig.3). Néanmoins, la production reste limitée par les conditions climatiques du pays et du coût très élevé des intrants importés nécessaires pour augmenter les rendements.

Tableau 1. Superficies récoltées, rendements et production du blé en Algérie entre 2013 et 2017 (Site web 4. FAOSTAT, 2019)

Année	Superficies récoltées (ha)	Rendement (q/ha)	Production (tonnes)
2013	1 727 242	19,10	3 299 049
2014	1 651 311	14,75	2 436 197
2015	1 814 722	14,64	2 656 731
2016	2 062 179	11,83	2 440 097
2017	2 118 390	11,50	2 436 503

L'Algérie a longtemps fait partie des 4 plus grands importateurs de blé à travers le monde. D'après la carte mondiale 2017-2018 des importateurs/exportateurs de blé (ArgoChart) (Fig.2), l'Algérie arrive même à la 3^{ème} place sur le podium des plus grands pays importateurs de blé dans le monde. Elle est devancée uniquement par l'Egypte et l'Indonésie, deux grands pays fortement peuplés (Site web 1).



Figure 2. Carte représentant les 20 plus grands pays importateur du blé au monde (site web 1).

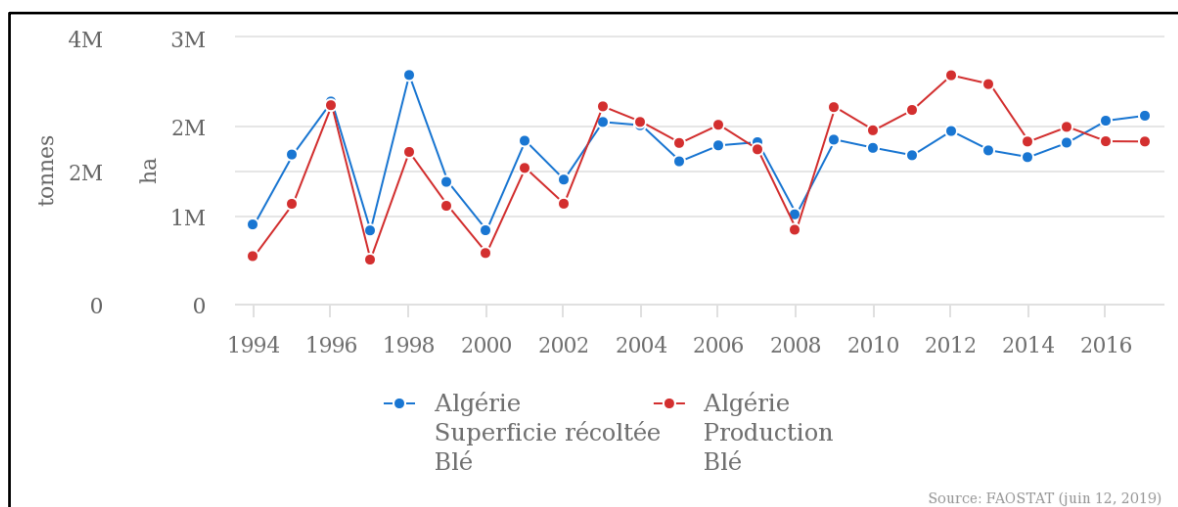


Figure 3. Superficies récoltées et production de blé en Algérie entre 1994 et 2017 (Site web 4. FAOSTAT, 2019)

4. Caractéristiques de la plante

4.1. Classification botanique

Le blé est une plante annuelle de la classe des monocotylédones, famille des graminées, genre *Triticum* (Tab.2). En fonction du degré de diploïdie, on différencie les blés diploïdes *Triticum*

monococcum ($2n = 14$), les blés durs tétraploïdes *Triticum durum* ($2n = 28$) et enfin les blés tendres hexaploïdes *Triticum aestivum* ($2n = 48$). Le blé dur obéit à la classification suivante:

Tableau 2. Classification *Triticum durum* Desf. (Feillet, 2000).

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Comméliniflorales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	<i>Triticum</i>

4.2. Le grain de blé

Le grain de blé est un caryopse. Il est de forme ovale et arrondie à ses deux extrémités qui sont inégales et de grosseur variable (Calvel, 1984).

L'examen de la graine révèle : une face dorsale plus ou moins bombée et une face ventrale, comportant un sillon profond (Fig.4). À sa partie supérieure, se trouvent des courts poils qui forment la brosse. À sa partie inférieure, visible sur la face dorsale, se trouve une légère dépression correspondante à l'embryon ou le germe (Calvel, 1984).

4.2.1. Structure des grains de blé

Le grain de blé est formé de trois parties (Fig.4): l'enveloppe ou le son (13%), l'albumen (84%) et le germe (3%) (Boudreau et Ménard, 1992).

- Enveloppes de la graine et du fruit

C'est la pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi, pendant la levée dans le sol ainsi qu'au cours de sa conservation (Berhaut *et al.*, 2003).

- L'album

Il est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone. Dans l'album amylicé se trouvent des cellules remplies de granules d'amidon dispersées au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles (Feillet, 2000).

- Le germe

Le germe est la partie du grain où le taux d'humidité et la concentration en lipides sont les plus importantes (**Pomeranz, 1988**). Il donne naissance à une nouvelle plante. Il est particulièrement riche en huile et en albumine (**Gwimer et al., 1996**).

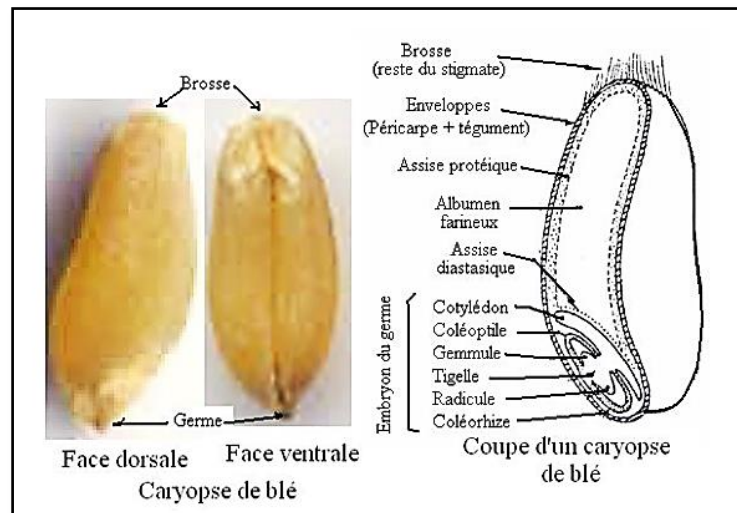


Figure 4. Coupe schématique d'un grain de blé (BenMbarek, 2017)

4.2.2. Composition biochimique du grain de blé

La composition des différentes parties d'un grain de blé dépend d'un certain nombre de facteurs tels que le climat, la variété du blé, la nature du sol, les amendements et les techniques culturales (**Selselet-Attou, 1991**).

4.2.2.1. Matières azotées

- Protéines

Il contient entre 10 et 15% de protéines selon la variété, elles sont divisées en deux types, protéines de structure et de fonction (**Battais et al., 2007**).

Les gliadines et les gluténines représentent 80 à 95 % des protéines du blé et forment ensemble le gluten ; le reste est constitué par des protéines solubles telles l'albumine et des globulines (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

- Composition en acides aminés essentiels

Selon **Brink et Belay (2006)**, le grain de blé dur est déficitaire en certains acides aminés comme le tryptophane et la méthionine et dans certaines mesures en lysine et en thréonine.

4.2.2.2. Les glucides

Il est principalement constitué d'amidon (Tab.02), qui est un glucide complexe, environ 70% (Feillet, 2000) et d'autres glucides simples comme le glucose, le fructose, le saccharose et le raffinose (Fredot, 2012).

4.2.2.3. Les lipides

Les grains du blé sont naturellement pauvres en lipides : Ils en contiennent seulement 2%, essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique (Fredot, 2012).

Ils sont inégalement répartis dans les différentes parties du grain de blé (Feillet, 2000).

4.2.2.4. Les vitamines

Selon Vierling (2008), la seule vitamine liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E. La vitamine C est quasi absente. Le blé est une source intéressante en vitamines du groupe B qui sont inégalement réparties dans les différentes parties du grain.

Ce sont des éléments cliniques complexes jouant un rôle important dans la nutrition. Dans le grain, elles sont concentrées au niveau du germe et des enveloppes (Ndiaye, 1999).

4.2.2.5. Les minéraux

Ils sont présents dans les grains en faible quantité. Les principaux sont le phosphore, le potassium, le manganèse et le cuivre, ils sont souvent associés ou présents sous forme de sels tels que les phosphates, chlorures ou sulfates (Berhaut *et al.*, 2003).

Le blé contient du fer, du magnésium, du manganèse, du cuivre et du zinc etc. Ces constituants sont distribués principalement dans les couches extérieures et dans le germe (Manay et Shadaksharaswamy, 2001).

4.2.3. Germination de grain du blé

La germination désigne l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vit ralentie dans la graine mûr, commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine (Maciejawski, 2013).

4.2.3.1. La première phase de germination

Correspond au temps qui s'écoule de l'imbibition de la graine jusqu'au début de la croissance de la radicule. Elle est caractérisée par trois périodes : imbibition de la graine, mitose, début d'allongement des cellules de la radicule (Maciejawski, 2013).

4.2.3.2. La seconde phase de la germination

Représente le début de la croissance de la plantule. Les différentes parties de celle-ci vont entamer leur croissance successivement et non pas simultanément (**Fig.5**). La racicule croît par mitose puis par élongation cellulaire. La tigelette entreprend ensuite sa croissance et enfin la gemmule croît et donne naissance à une tige feuillée (**Maciejawski, 2013**).

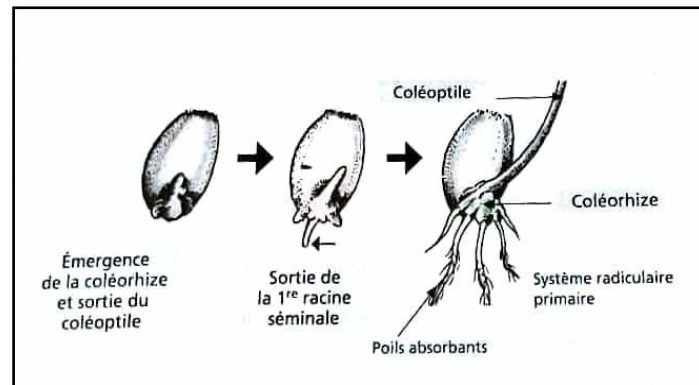


Figure 5. Germination de la graine de blé (Maciejawski, 2013)

CHAPITRE 2 : La mycoflore de la semence du blé

1. Généralités

Depuis le moment de leur initiation au sein de l'épi jusqu'au semis de la campagne d'après, les grains de blé sont soumis à des proliférations de bactéries, de levures, de moisissures ou de parasites (**Bourgeois et al., 1996**).

Selon **Leyral et Vierling (2007)**, les moisissures peuvent être :

- Nuisibles : provoquent des altérations au niveau des aliments ;
- Utiles : interviennent dans la production d'aliments, d'antibiotiques, d'enzymes et dans diverses fermentations.

2. Facteurs de développement des champignons

Les champignons ont un métabolisme actif en rapport avec leur mode de nutrition représenté par l'absorption (**Moreau, 1996**). Leurs développements sont dépendants de la nature des substrats disponibles (cellulose, lignine, etc...) et les conditions physiques : la température, l'activité de l'eau (aw) ou la disponibilité en eau, le pH et l'oxygène (**Gibson et al., 1994 ; Rebouzet et al., 2010**).

2.1. La température

Elle joue un rôle prépondérant sur la croissance mycélienne. D'une manière générale, les moisissures peuvent se développer sous des températures allant de moins zéro à plus de 50°C (**Proctor, 1995**).

2.2. L'humidité

Divers types d'aliments sont caractérisés par leur activité d'eau (aw), cette exigence varie selon les espèces de moisissures et a une grande influence sur leur croissance mycélienne, la sporulation et surtout sur la germination des spores (**Moreau, 1996**). Elle conditionne également leurs activités lipolytiques et protéolytiques (**Butt et al., 2004**).

2.3. Le pH

Les moisissures sont extrêmement tolérantes aux variations du pH (2 à 9) avec un optimum de croissance entre 4 et 6,5. De plus, les moisissures peuvent adapter localement leur pH pour qu'il soit optimum pour leur survie (**Chene, 2006**). Certains *Penicillium* peuvent encore croître à pH très bas pH = 1 (**Leyral et Vierling, 2007**).

2.4. La composition gazeuse (oxygénation)

La sporulation des moisissures est sous la dépendance de facteurs nutritifs en particulier le rapport C/N et d'environnement (**Guiraud et Rosec, 2004**).

La quantité d'oxygène mise à la disposition des moisissures est un facteur important de développement. La plupart sont aérobies ; les plus exigeantes vivent dans les régions périphériques des substrats ; les moins exigeantes peuvent se développer en profondeur (**Bourgeois, 1996**).

2.5. Les arthropodes

Les arthropodes tels que les insectes, les acariens et leurs interactions complexes, contribuent à la prolifération des moisissures et ce par leur rôle de vecteurs de spores (**Proctor, 1995**).

2.6. Les interactions

Les interactions sont possibles entre plusieurs espèces de moisissures. Le plus souvent c'est une succession de moisissures qui assurera la dégradation progressive du substrat, et selon les cas, il peut y avoir alliance ou antagonisme (**Moreau, 1996**).

2.7. La proportion de grains brisés dans un lot

Ces derniers ont été endommagés au cours de la récolte, de la manutention, du battage ou du séchage (**Gwimer et al., 1996**).

3. La mycoflore du blé

3.1. Champignons des grains au niveau du champ

Les grains de blé sont contaminés par les microorganismes dans le champ, et cette microflore est dominée par des champignons (**Deàk, 2008**).

Les genres rencontrés sont: *Alternaria* (le plus fréquent), *Fusarium*, *Cladosporium*, *Epicoccum* et *Helminthosporium*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Rhizopus* et *Stemphylium* (**Sauer et al., 1982 ; Zillinsky, 1983**).

3.2. Flore intermédiaire

D'après **Multon (1982)**, ces champignons peuvent être confus avec la flore du champ pour leur présence avant la récolte, ils s'en distinguent par un essor plus durable en période de récolte et au cours même du stockage, son comportement écologique ne peut relever strictement du parasitisme ou du saprophytisme.

L'espèce *Cladosporium cladosporioides* est cosmopolite mais plus remarquable sur moissons différées.

3.3. Flore de stockage

Les moisissures des grains de blé stockés sont présentes sous forme de mycélium dormant sous le péricarpe ou spores en dormance sur la surface du grain. Cependant, un certain nombre de moisissures sont superficiellement associées aux grains stockés. Les principaux genres rencontrés sont : *Aspergillus* et *Penicillium* (**Tab.3**) en raison de leur capacité de se développer sur la majorité des substrats possibles et dans une large gamme de température et d'humidité (**Mathew et al., 2011**).

Tableau 3. Principaux de micromycètes des céréales et produits dérivés (Botton et al., 1990)

Groupe écologiques	Genres
Flore de champ	<i>Alternaria</i> <i>Fusarium</i> <i>Epicoccum</i> <i>Septoria</i>
Flore intermédiaire	<i>Cladosporium</i> <i>Aureobasidium</i> <i>Mucor</i> <i>Rhizopus</i> <i>Absidia</i> Levures
Flore de stockage	<i>Aspergillus</i> <i>Eurotium</i> <i>Penicillium</i> <i>Wallemia</i> <i>Scopulariopsis</i> <i>Byssoschlamus</i>

4. Les maladies transmises par les semences du blé

Le blé est attaqué par plusieurs agents pathogènes (**Besri, 1989**). Parmi les principales maladies transmises par les semences, les caries, le charbon nu du blé, la fusariose et la septoriose des glumes (**Tab.4 ; Fig.6**) (**Besri, 1989**).

Tableau 4. Maladies transmises par les semences du blé (Boulif, 2012)

Maladie	Agent responsable	Mode de contamination
Charbon nu	<i>Ustilagonuda tritici</i>	Contamination florale
Carie commune	<i>Tilletia caries</i> <i>Tilletiafoetida</i>	Semences contaminées + Sol contaminé
Septoriose de l'épi	<i>Septorianodorum</i>	Contamination des épis
Fusariose de l'épi	<i>Fusarium</i> spp.	Contamination des épis

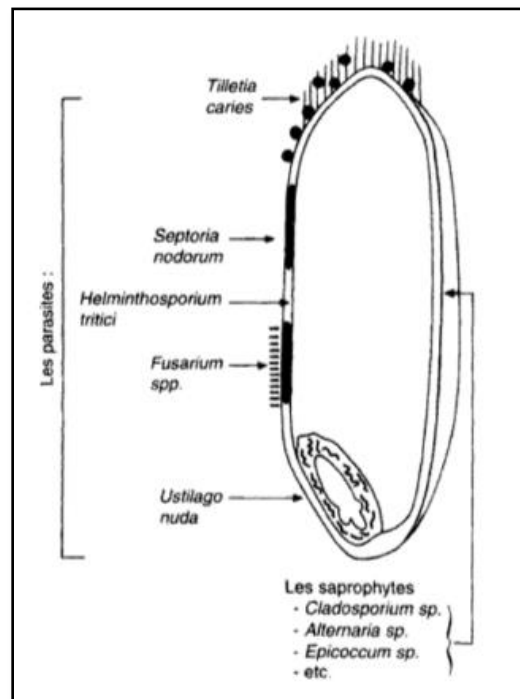


Figure 6. Localisation des champignons au niveau d'un grain de blé (Champion, 1997)

CHAPITRE 3. LES FUSARIOSES DU BLE

1. Généralités

Les fusarioses sont parmi les maladies les plus dangereuses sur le blé, elles font baisser le rendement par diminution de la faculté germinative des semences, du nombre de grains par épi et du poids de mille grains. La présence des diverses espèces de *Fusarium* sur les grains peut réduire leur qualité boulangère (Cahagnier, 2001).

En plus des pertes de production, certaines espèces de *Fusarium* présentes sur les céréales peuvent conduire à la contamination des grains par diverses mycotoxines qui causent en outre divers problèmes, d'ordre de santé publique et animale, liés à la présence des mycotoxines (Symons *et al.*, 2002).

La pourriture racinaire est répandue dans tout le Maghreb et en Algérie (Sayoud *et al.*, 1999). L'importance des dégâts est intimement liée au type de culture, à la région et surtout aux conditions climatiques (El hadj Hammiche, 2013).

2. Le genre *Fusarium*

La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par **Link en 1809**. Il doit son nom du latin *fusus* (fuseau) en rapport à la forme de ses macroconidies fusiformes et cloisonnées. Il appartient à la division des Ascomycètes et à la famille des Nectriacées. A l'heure actuelle nous utilisons principalement un classement dérivé de celui de **Nelson *et al.* (1983)** lesquels regroupent les *Fusarium* dans 15 sections. Ce classement a été amendé par **Burgess *et al.* (1994)**, puis par d'autres chercheurs grâce à l'utilisation des techniques de biologie moléculaire.

De nombreuses espèces fusariennes ont été identifiées dans la nature dont les principales capables d'induire la fusariose de l'épi de blé : *F. tricinctum*, *F. poae*, *F. langsethiae*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. arthrosporioides*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti* et *F. crookwellense*. Les champignons du genre *Fusarium* sont capables de produire des métabolites secondaires toxiques, les mycotoxines, dont la présence augmente l'incidence de la maladie sur les productions agricoles (**Dorothee, 2013**).

3. Symptomatologie

Les fusarioses sont des maladies qui peuvent attaquer les céréales du semis à la récolte, des racines aux épis (**Caron, 2000**). Les symptômes sont illustrés au niveau de la figure (**Fig.7**).

3.1. Sur la partie basale

Les symptômes se manifestent par des nécroses sur les talles inférieures, le collet, entre nœuds, et les racines (**Schilling *et al.*, 1996**).

3.2. Sur épi et feuilles

- **Sur épi** : échaudage d'une partie ou de tout l'épi ; le champignon pouvant attaquer une glume, l'attache d'un épillet, le rachis ou le col de l'épi et provoquer l'échaudage de tout ce qui est au-dessus. La partie attaquée peut prendre une coloration rose qui représente les spores de champignon. L'attaque sur le col et le rachis de l'épi donne une couleur brun violacé (**Clavel, 2006**).

- **Sur grains** : selon l'attaque, les grains peuvent être peu échaudés (attaque tardive), très échaudés, voire avortés (forte attaque début floraison) ; des grains peuvent être indirectement échaudés mais non contaminés (attaque au bas de l'épi) . Les grains directement contaminés sont échaudés et d'aspect duveteux qui sont blancs, roses, en parties brunâtres dans le cas de

l'attaque par les espèces du groupe *Fusarium roseum*; et blancs ou, souvent, noirâtres avec germes noirs et augmentation de la moucheture « *M. nivale* » (Clavel, 2006).

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



Figure 7. Symptômes de la fusariose : A-Fusariose de l'épi chez le blé ; B-symptômes sur grains ; C-symptômes sur le collet (Site web 2).

4. Cycle biologique

La fusariose est considérée comme une maladie polycyclique, mais l'inoculum primaire est la source principale d'inoculum pour l'apparition de la maladie. Cet inoculum primaire se trouve sur les résidus de culture antérieure infectés qui permettent, après la récolte, le développement de périthèces et donc d'ascospores (Fig.8).

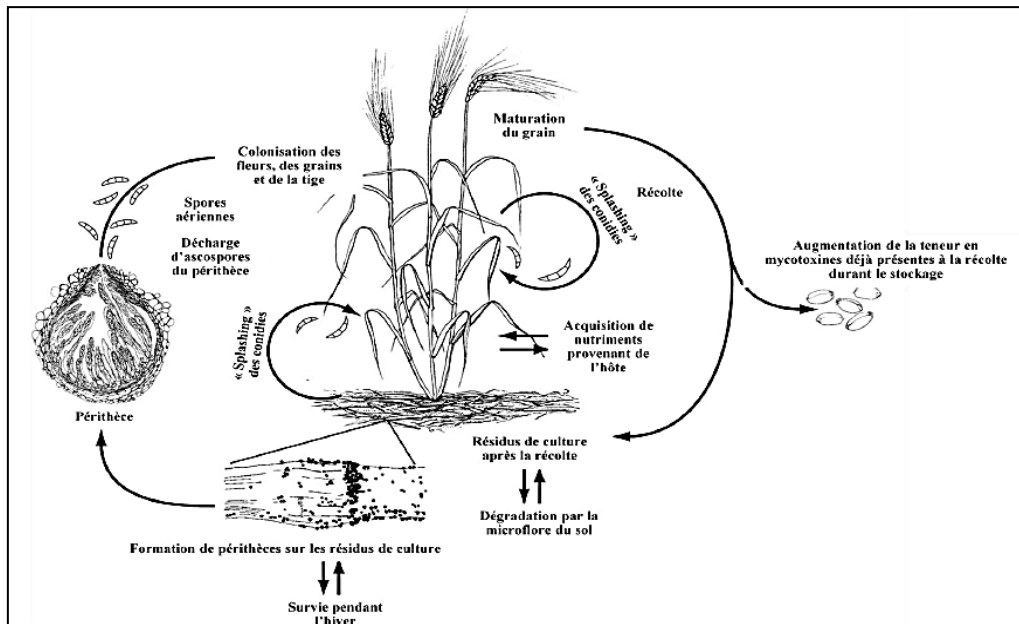


Figure 8. Cycle biologique de *Fusarium* (Forme parfaite : *Gibberella*) sur céréales (Dorothee, 2013).

5. Aspects morphologiques et microscopiques

Les champignons du genre *Fusarium* appartiennent aux hyalo-hyphomycètes et présentent un mycélium septé et incolore. En culture, les colonies présentent souvent des nuances roses, jaunes, rouges ou violettes (Booth, 1985). Les cellules conidiogènes se forment sur des hyphes aériens ou sur des conidiophores courts et densément branchés. Les conidies sont de trois types : macroconidies, microconidies et blastoconidies (Fig.9).

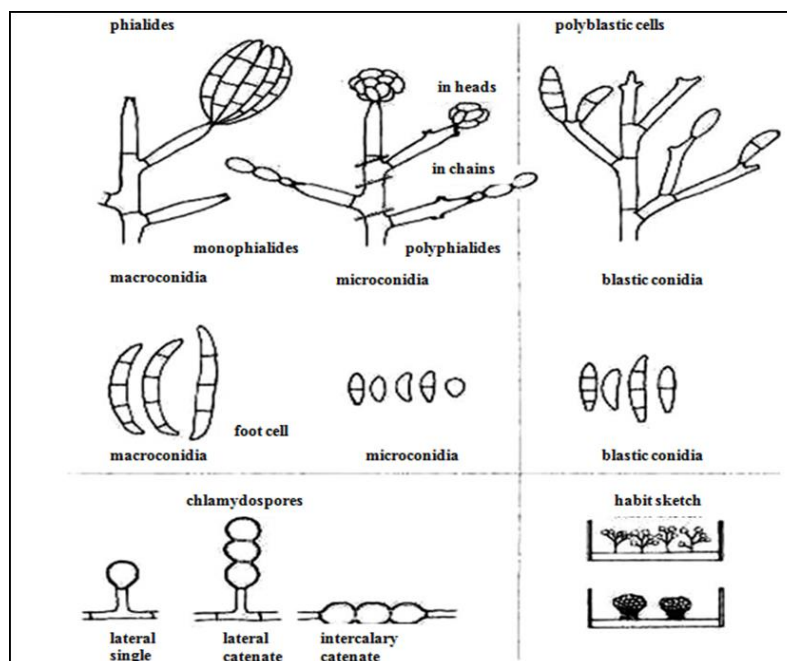


Figure 9. Terminologie pour décrire la morphologie du genre *Fusarium* (Ghorri, 2015).

6. Méthodes de lutte

Le développement des méthodes de lutte contre les maladies fongiques accroît la quantité et améliore la qualité de la production des plantes.

6.1. Lutte génétique

La résistance variétale quand elle existe, reste la méthode de lutte la plus économique et la plus pratique contre les maladies fongiques du blé. La résistance n'est pas un caractère stable étant donné qu'elle peut être surmontée par de nouvelles races et souches des agents pathogènes concernés (Ezzahiri, 2001).

6.2. Lutte culturale

Les pathogènes transmis par le sol et les débris des plantes hôtes dans le sol peuvent être réduits lorsqu'on cultive des espèces végétales avec une rotation de trois à quatre ans. Une lutte efficace par l'intermédiaire d'une rotation des cultures est donc possible, en particulier contre les pathogènes spécifiques à certains types de plantes hôtes. Quelques autres opérations culturales sont aussi utilisées pour réduire le niveau d'inoculum. Ainsi, le labour profond retournant les débris d'hôtes infectés après la récolte permet d'enterrer l'inoculum dans le sol et le détruire. D'autre part, en labourant pendant l'été, la haute température du sol due à la chaleur du soleil, inactive beaucoup de champignons transmis par le sol et par conséquent diminue le niveau d'inoculum primaire (Nasraoui, 2006). **En cas de forte présence de la maladie sur champ, il est préconisé d'incinérer les chaumes.**

6.3. Lutte chimique

Plusieurs fongicides peuvent être appliqués pour le traitement de semences, à dose homologuée ou recommandée qui est exprimée par quintal ou par kilogramme de semences et selon le type de traitement, en grammes de poudre ou en volume de bouillie par quintal (Couvreur, 2002). Les principales familles chimiques sont : dithiocarbamates, Benzimidazoles, thiophanates et triazoles.

6.4. 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).

MATERIEL
ET
METHODES

MATERIEL ET METHODES

Plusieurs méthodes de laboratoire sont utilisées afin de réaliser l'analyse phytosanitaire des semences prélevées de deux zones de production de blé dans la wilaya de Constantine et d'évaluer l'efficacité, de deux formulations chimiques de fongicide de traitement de semences et les métabolites secondaires d'une espèce de *Tichoderma*, sur le développement de deux isolats de *Fusarium*. Les différentes étapes de ce travail sont réalisées au niveau du laboratoire de l'INRAA – Unité de Recherche Constantine.

1. Matériel biologique

1.1. Matériel fongique pathogène

Le matériel fongique a été obtenu par isolement des pathogènes à partir d'échantillon de graines infectées présentant des symptômes types caractéristiques de la maladie issue du CNCC de Constantine. Il s'agit de six échantillons de semences des variétés : Cirta, Hoggar (Vitron) et Hidhab (HD1220) issues des deux zones Nord (Didouche) et Sud (Khroub) de la wilaya de Constantine.

2. Test dupouvoir germinatif

Les grains de chaque échantillon sont désinfectés à l'eau de Javel à 2% pendant 2 minutes puis rincée trois fois à l'eau distillée stériles pendant 2 minutes à chaque fois. Ils sont par la suite séchés en conditions d'asepsie et mis dans des boites de Pétrie contenant du papier buvard imbibé avec de l'eau distillée stérile à raison de 25 graines par boite. Les boites sont incubées pendant 2 à 4 jours à 24 °C.

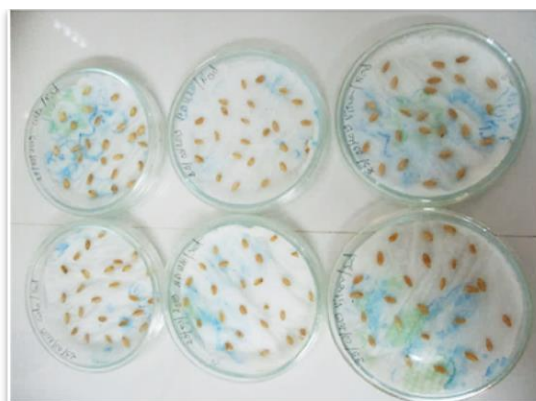


Figure 10. Test d'évaluation de la faculté germinative

3. Méthode d'analyse phytosanitaire des grains

Cette partie décrit les techniques et les milieux appropriés pour l'isolement et l'identification des mycètes. Les méthodes utilisées sont celles mises au point par l'URC.

3.1. Isolement de la flore fongique

L'isolement des champignons à partir des semences traitées des variétés testées est réalisé selon la méthode directe proposée par **Champion (1997)**.

Les grains de blé sélectionnés au hasard de chaque variété sont placés sur le milieu de culture PDA à l'aide d'une pince, préalablement désinfectée à l'alcool et flambée en passant d'une boîte à l'autre. Le nombre de grains déposés dans les boîtes de Pétri est cinq (**Fig.11**). Le dispositif est en randomisation totale à 4 répétitions.

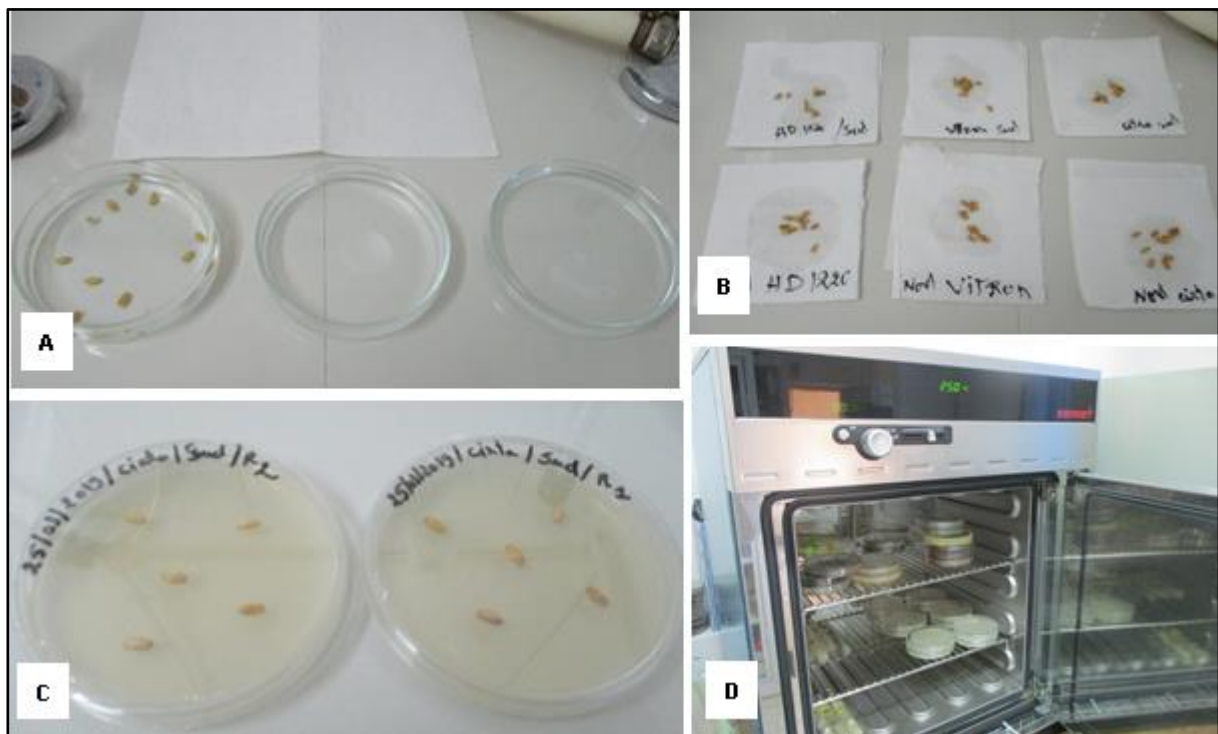


Figure 11. Technique d'isolement des champignons à partir des graines. A-désinfection et rinçage ; B-séchage ; C-mise en boîte de Pétri ; D-incubation à 25°C.

3.2. Purification

Chaque colonie différente est repiquée, à l'aide d'une pipette Pasteur, en déposant un disque de 6 mm de diamètre au centre de la boîte de Pétri contenant du milieu PDA. Les boîtes sont par la suite incubées à 25°C pendant 7 jours (**Fig.12**).

En cas de contamination par un autre champignon, la purification des souches a été effectuée par le repiquage d'un hyphes au centre de la boîte (**Guiraud, 2003**).



Figure 12. Purification des champignons. A-boîte de Pétri contenant les colonies à purifier ; B-prélèvement de l'isolat ; C-repiquages sur milieu PDA

3.3. Identification et caractérisation des isolats

3.3.1. Caractérisation macroscopique

La caractérisation morphologique est réalisée à l'œil nu, en observant les caractères suivants : l'aspect de la colonie fongique, la couleur des colonies, et la couleur du verso de la boîte.

3.3.2. Caractérisation microscopique

L'indentification microscopique fait appel aux caractères morphologiques des hyphes et des structures de reproduction.

- Les hyphes : présence ou non de cloisons, diamètre approximatif, structures particulières ;
- Structure et disposition des spores : couleur, forme, cloisons et taille.

L'observation a été réalisée selon la technique de drapeau, qui consiste à prélever un peu de culture avec du ruban adhésif et le déposer sur une lame contenant une goutte de bleu de méthylène, l'observation a été réalisée au grossissement (G : 10 x 10) et (G : 10 x 40).

4. Essai de lutte chimique

L'objectif de cet essai est l'évaluation de l'effet inhibiteur de 2 formulations antifongiques sur le développement de deux isolats de *Fusarium* (Fus1 et Fus2) isolés à partir des semences et différencier selon leurs caractères morphologiques.

Pour cela deux méthodes sont utilisées :

- Estimation de la croissance mycélienne, des isolats de *Fusarium* testés, sur milieu de culture contenant les formulations antifongiques ;
- Evaluation de l'effet des formulations antifongiques présentes dans le milieu sur la croissance du coléoptile du blé.

4.1. Formulations antifongiques testées

Les formulations de traitement de semence présentes sur le marché testées sur la croissance mycélienne des 4 isolats de *Fusarium* (**Tab.6**).

Tableau 5. Formulations antifongiques de traitement de semences (MADR, 2015)

Nom commercial	Matière active	Doses d'utilisation
Formulation 1	25 g/l Fludioxonil+25 g/l Difenoconazole	200 ml/q
Formulation 2	60 g/l Tébuconazole	50 ml/q

4.2. Test de l'évaluation de l'effet des fongicides sur la croissance mycélienne du *Fusarium*

Les étapes du test de lutte chimique sont comme suit (Fig.13):

- Préparation du milieu PDA et le maintenir à une température d'environ 60°C.
- Les formulations sont filtrées à l'aide de microfiltres de 0,45 µm, afin d'éliminer des éventuelles contaminations.
- Les quantités calculées, sur la base de la dose préconisée par le producteur, est ajoutée au milieu de culture (PDA) ; par la suite le milieu est coulé dans les boîtes de Pétries.
- Les boîtes sont ensemencées avec les isolats de *Fusarium* et incubées par la suite à une température de 24°C sous lumière alternée.
- Les mesures de la croissance mycélienne sont réalisées sur une période de 10 jours.
- L'essai est réalisé selon un dispositif en randomisation à 4 répétitions (**Fig.15**).



Figure 13. Préparation du milieu de culture avec les formulations chimiques. A-Filtration du produit ; B- mélanger avec le milieu PDA ; C- Préparation finale.

5. Essai de lutte biologique

Dans des erlenmeyers contenant 200ml de bouillon de pomme de terre PDB (potato dextrose broth), 10 disques de 6mm de diamètre de *Trichoderma* (l'isolat de *Trichoderma* est fourni par l'INRAA-URC) issus d'une culture de 7 jours sont ensemencés (**Fig.14**).

L'erlenmeyer est incubé à 20°C sous agitation continue à 200 rpm pendant 10 jours, au bout de cette période deux différentes filtrations sont réalisées :

- Filtration sur un papier filtre a pour séparer le mycélium.
- Filtration sur un filtre de 0,2 μm afin de séparer les spores de la suspension et récupérer les métabolites secondaires.

Des milieux de cultures PDA sont préparés et différents volumes de métabolites sont rajoutés à une température de 40°C pour aboutir à la concentration 25%. Par la suite le milieu est coulé dans les boites de Pétries puis ensemencé avec les deux isolats testés. La mesure de la croissance mycélienne est effectuée pendant 10 jours.



Figure 14. Préparation du milieu PDA avec 25% des métabolites secondaires de *Trichoderma* sp. A et B- Filtration du mycélium à l'aide de papier filtre ; C-filtration des spores à l'aide de microfiltre ; D-mélange des métabolites secondaires avec le PDA.

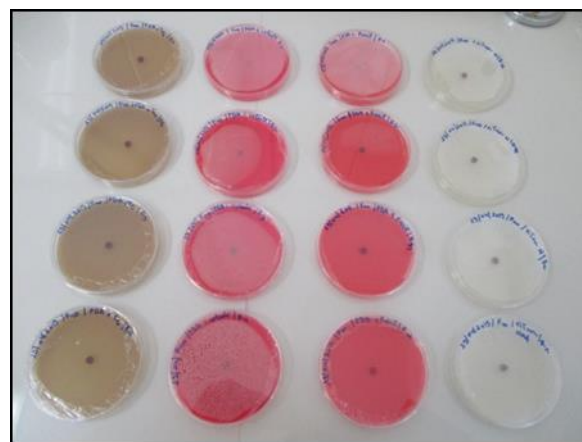


Figure 15. Dispositif *in vitro* de la lutte chimique et biologique

RESULTATS

ET

DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

Les essais menés in vitro ont révélé des résultats permettant de montrer la différence d'efficacité des produits testés en lutte chimique et biologique.

1.1. Résultats de la faculté germinative

L'évaluation du taux de germination (**Fig.16**), des grains des trois variétés testées (six échantillons), a révélé que les pourcentages de germination des trois variétés au niveau des deux sites ont atteint 100%. Ce qui prouve que la semence est saine au niveau des six échantillons.



Figure 16. Taux de germination 100%.

1.2. Isolement et identification de la flore fongique

L'analyse mycologique a révélé une diversité importante de champignons. En moyenne 34 isolats appartenant à quatre genres « *Aspergillus*, *Fusarium*, *pénicillium* et *cladosporium* » de champignons sont notés sur le milieu PDA, soit une moyenne de 16 pour la région Sud et de 18 pour la région Nord.

La répartition de la moyenne des colonies en fonction des variétés, sur l'ensemble des deux sites, sont de : 12 isolats de la variété Vitron, 12 isolés à partir d' HD 1220 et 10 de Cirta. La **Figure 17** représente la moyenne du nombre de colonies noté pour chaque variété en fonction des sites de prélèvement. Le plus grand nombre d'isolats est noté au niveau de la variété Vitron prélevée de la zone Nord. Cela est dû aux microclimats humides de la région.

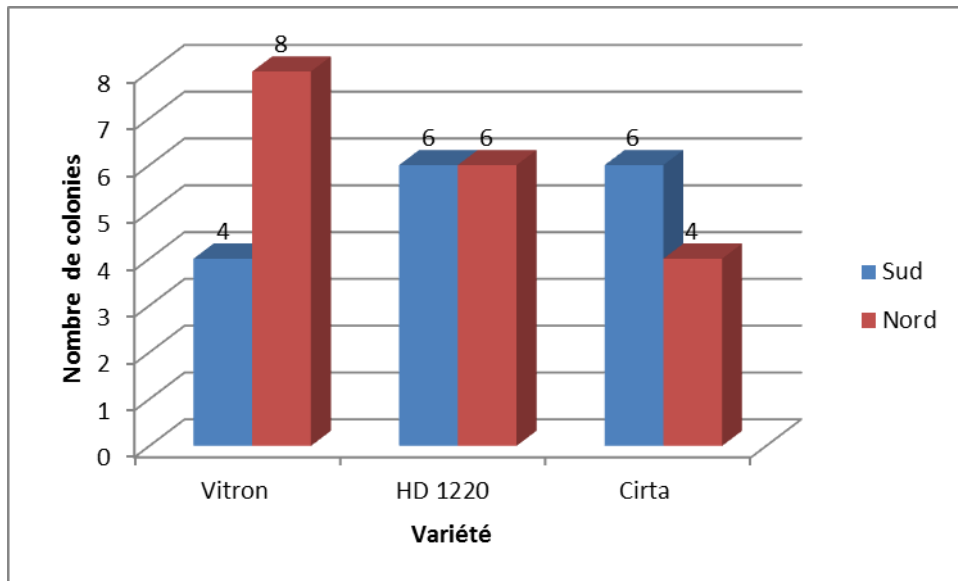


Figure 17. Nombre de colonies en fonction des variétés et du site de prélèvement.

Les mêmes genres sont présents au niveau des deux zones en pourcentages proportionnels (Figs.18 ; 19 ; 20 ; 21). La figure 18 est une récapitulation des genres obtenus en fonction des zones de prélèvement et des variétés.

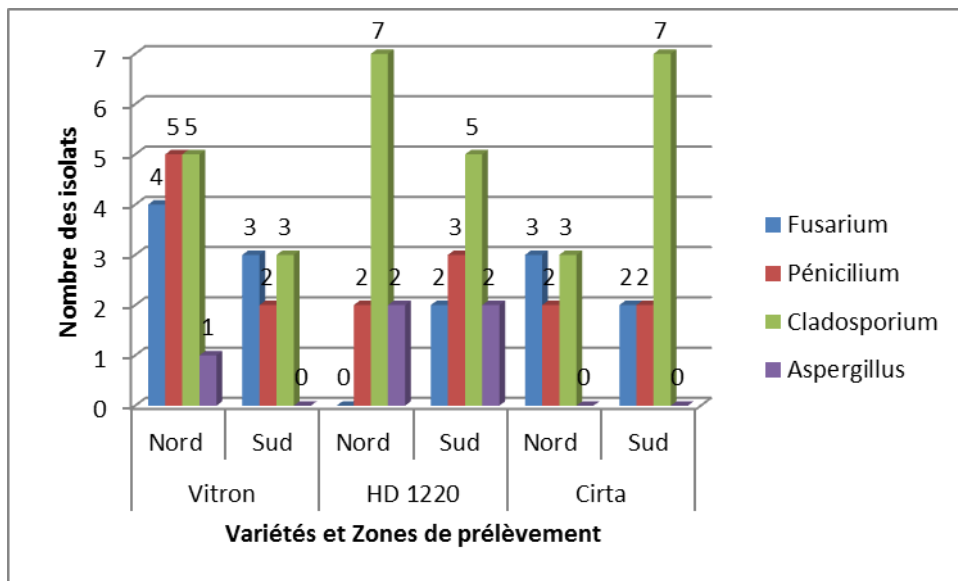


Figure 18. Ensemble des genres obtenus en fonction des zones de prélèvement et des variétés.

Le cladosporium est le genre dominant au niveau des deux sites et des différentes variétés avec un pourcentage de 46%. Ce dernier est suivi par les genres Pénicilium et Fusarium, respectivement 25 et 21%. L'aspergillus présente le plus faible taux (8%).

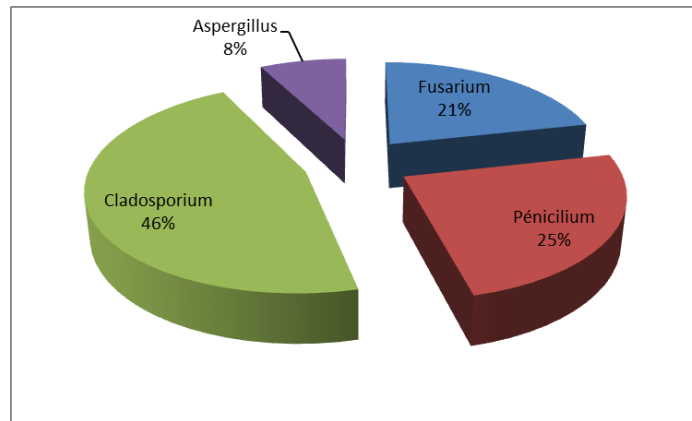


Figure 19. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour l'ensemble des échantillons

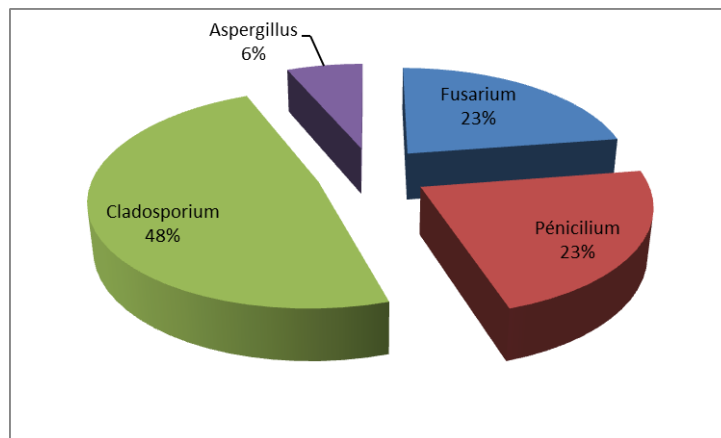


Figure 20. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour les échantillons de la zone Nord

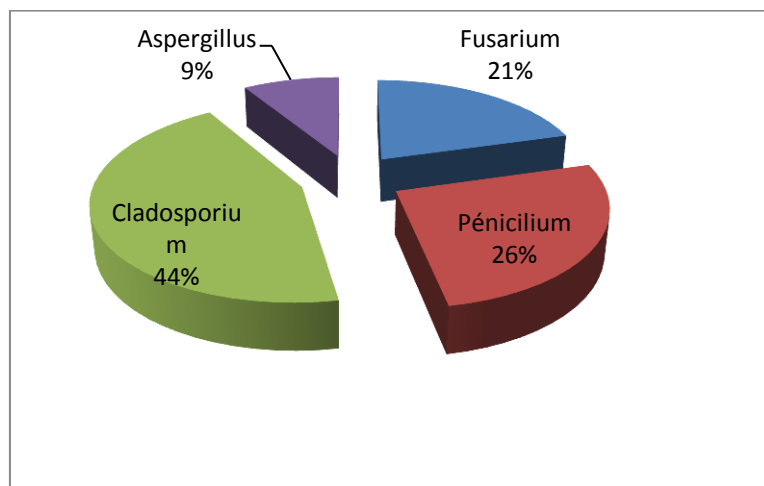


Figure 21. Secteur représentant les portions de chaque genre de champignon obtenu pour les échantillons de la zone Sud

1.3. Caractérisation microscopique et macroscopique des genres

1.1.1. *Cladosporium*

Les colonies de cette souche ont une croissance rapide sur milieu PDA. Elles sont d'une couleur verdâtre au départ qui devient rapidement plus foncée (**Fig.22-A ; B**). L'étude microscopique démontre la présence d'hyphes septés. Certains filaments sont pigmentés en brun. Les conidiophores sont cloisonnés, brunes, pluricellulaires, d'aspect piriforme ou ovoïde avec une partie basale arrondie et une extrémité apicale allongée en bec plus ou moins important (**Fig.22-C**).

1.1.2. *Aspergillus*

Les colonies d'*Aspergillus niger* ont une couleur noirâtre et les conidies sont habituellement globuleuses et brunes (**Fig.23-A ; B**), parfois légèrement aplaties. Les phialides sont plus ou moins allongés, présentant plusieurs sites de bourgeonnement (polyphialides) (**Fig.23-C**).

L'autre espèce d'aspergillus obtenue commence par un aspect cultural vert-grisâtre et devient plus foncée par la suite (**Fig.23-A ; B ; C**).

1.1.3. *Penicillium*

Les colonies de ce genre sont de couleur vert bleuâtres (la couleur des phialides) et d'aspect velouté (**Fig.24-A ; B**), Les phialides sont ampliformes et les conidies sont sphériques à forme ovoïde ou sphérique (**Fig.24-C**).

1.1.4. *Fusarium*

Le *Fusarium* forme des colonies duveteuses de couleur blanche ou rose, avec parfois un revers légèrement jaunâtre (**Fig.25-A ; B**). Les macro-conidies fusiformes et cloisonnées sont abondantes en revanche les micros-conidies sont absentes (**Fig.25- C**).

1.1.5. Caractérisation de l'espèce de *Trichoderma* utilisée dans la lutte biologique

L'espèce de *Trichoderma* utilisée dans cette étude appartient à la mycothèque de l'INRAA-URC. Ce champignon a une croissance très rapide et extensive. Il produit des colonies laineuses, de couleur blanche au départ, puis apparaissent en vieillissant des touffes verdâtres isolées ou disposées en anneaux concentriques sur le milieu de culture (**Fig.26-A ; B**).

Sous le microscope apparaissent des hyphes septés hyalins avec des petits conidiophores bien différenciés simples ou ramifiés. Ils portent des phialides, également de petite taille, en forme de quille. Renflées à leur base, solitaire ou groupées par 3, les phialides sont fixes à angle droit sur les conidiophores (**Fig.26- C**).

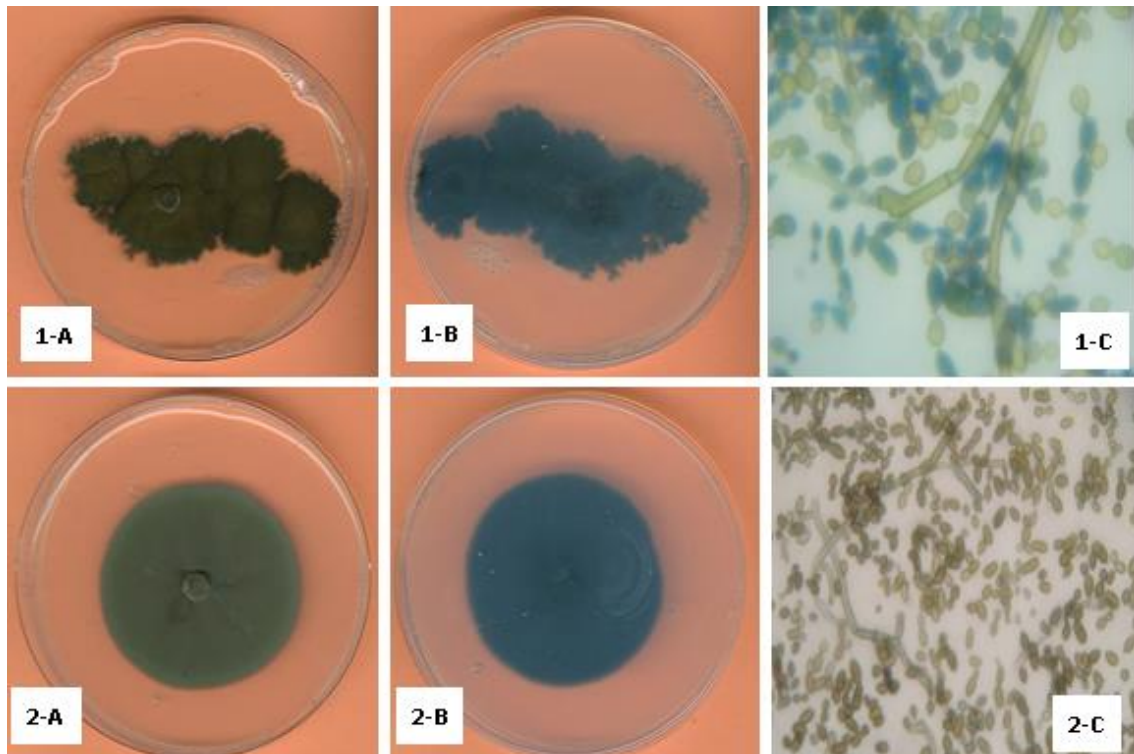


Figure 22. Aspect des deux espèces de *Cladosporium* isolées. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.

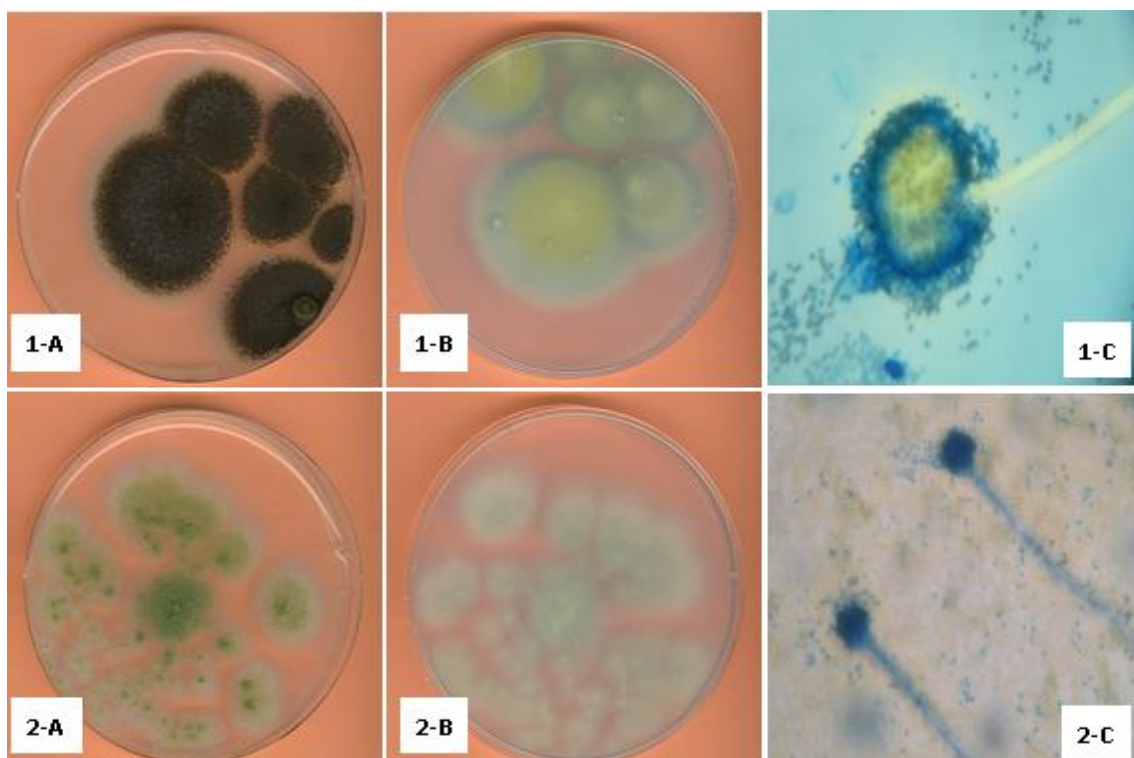


Figure 23. Aspect des deux espèces d'*Aspergillus* isolées. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.

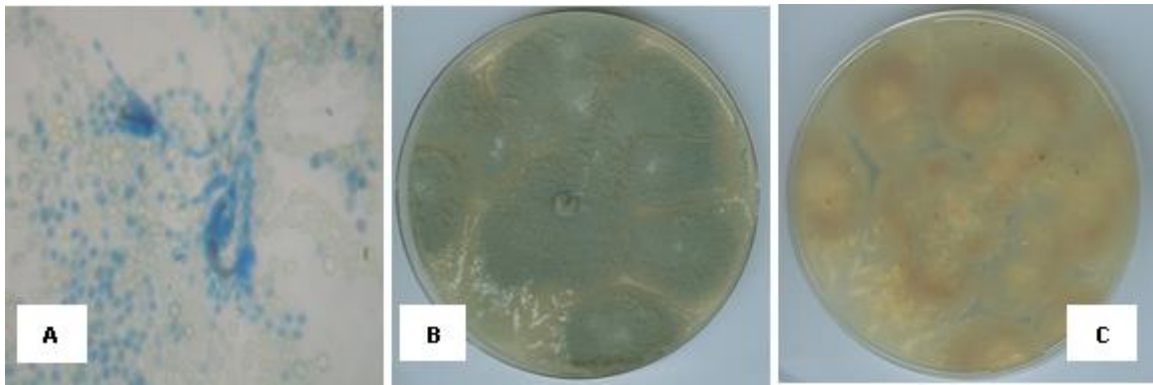


Figure 24. Aspect du *Penicillium* isolé. Observation macroscopique: A- Observation microscopique; B- recto de la boîte; C-verso de la boîte.

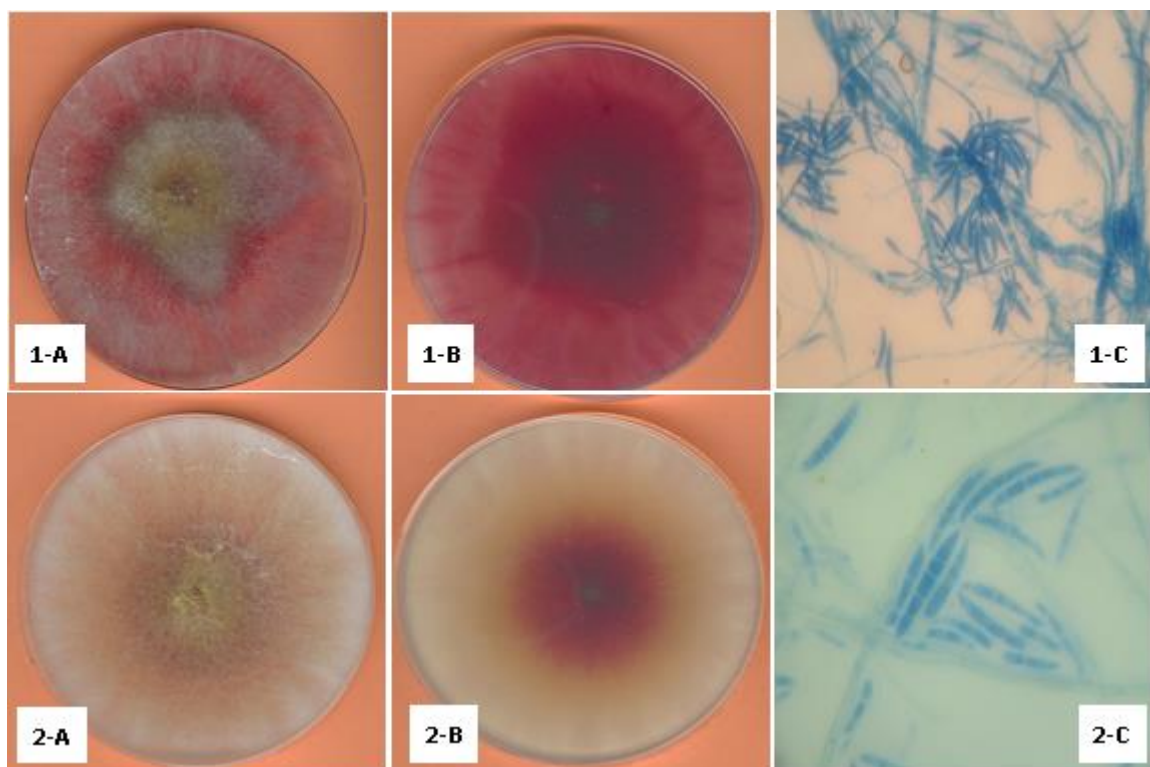


Figure 25. Aspect des deux espèces de *Fusarium* isolées (1-Fus1 ; 2- Fus2). Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.

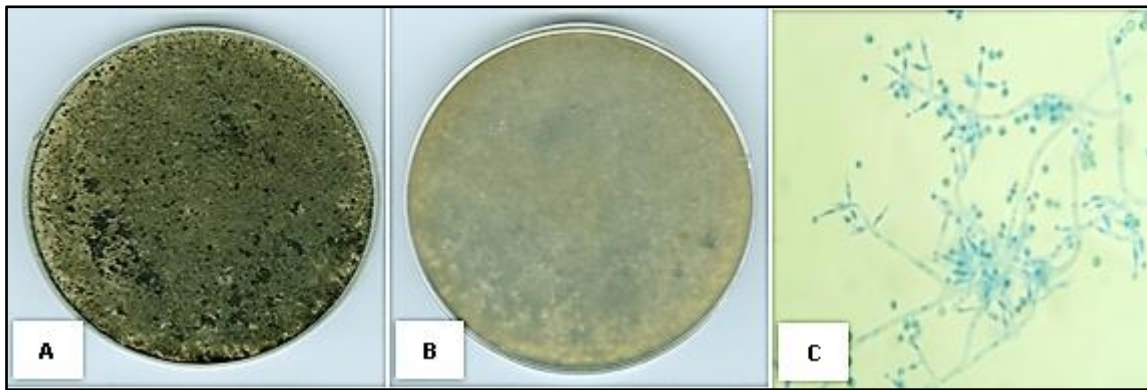


Figure 26. Aspect de l'espèce de *Trichoderma* utilisé. Observation macroscopique: A-recto de la boîte; B-verso de la boîte; C-Observation microscopique.

1.4. Résultats de l'essai de lutte chimique et biologique

Les mesures de la croissance mycélienne du pathogène nous ont permis d'évaluer les taux d'inhibition du développement, des deux isolats de *Fusarium*, exercé par les deux formulations fongicides formulation 1(fludioxonil + difenoconazole) et formulation 2 (tébuconazole), ainsi que celle des métabolites secondaires de *Trichoderma*.

Les trois produits testés (chimiques et biologiques) ont eu un effet inhibiteur important sur les deux espèces de *Fusarium* testées.

En effet, la formulation 1 est très efficace contre le développement mycélien des deux *Fusarium* testés, soit une inhibition de plus de 96% sur le Fus1 et de 98% sur le Fus2 avec une croissance mycélienne de 1,5 mm et 0,5 mm respectivement par rapport à 44 mm pour le témoin. La deuxième formulation chimique montre un effet inhibiteur de 93% sur le développement du Fus1 et de 95% sur le Fus2 (**Fig.27 ; 28**).

La formulation 1 composée de fludioxonil+ difenoconazole est légèrement plus efficace que la formulation 2 qui contient du tébuconazole. L'espèce Fus2 est plus sensible que le Fus1 concernant les deux formulations chimiques testées.

Les métabolites secondaires introduits dans le milieu de culture PDA à 25% ont révélé un effet inhibiteur similaire à celui des formulations chimiques. En effet, l'inhibition a atteint 97% pour le Fus1 et 96% pour le Fus2 avec une croissance mycélienne de 1 mm et 1,5 mm respectivement par rapport à 44 mm pour le témoin (**Fig. 27 ; 28**).

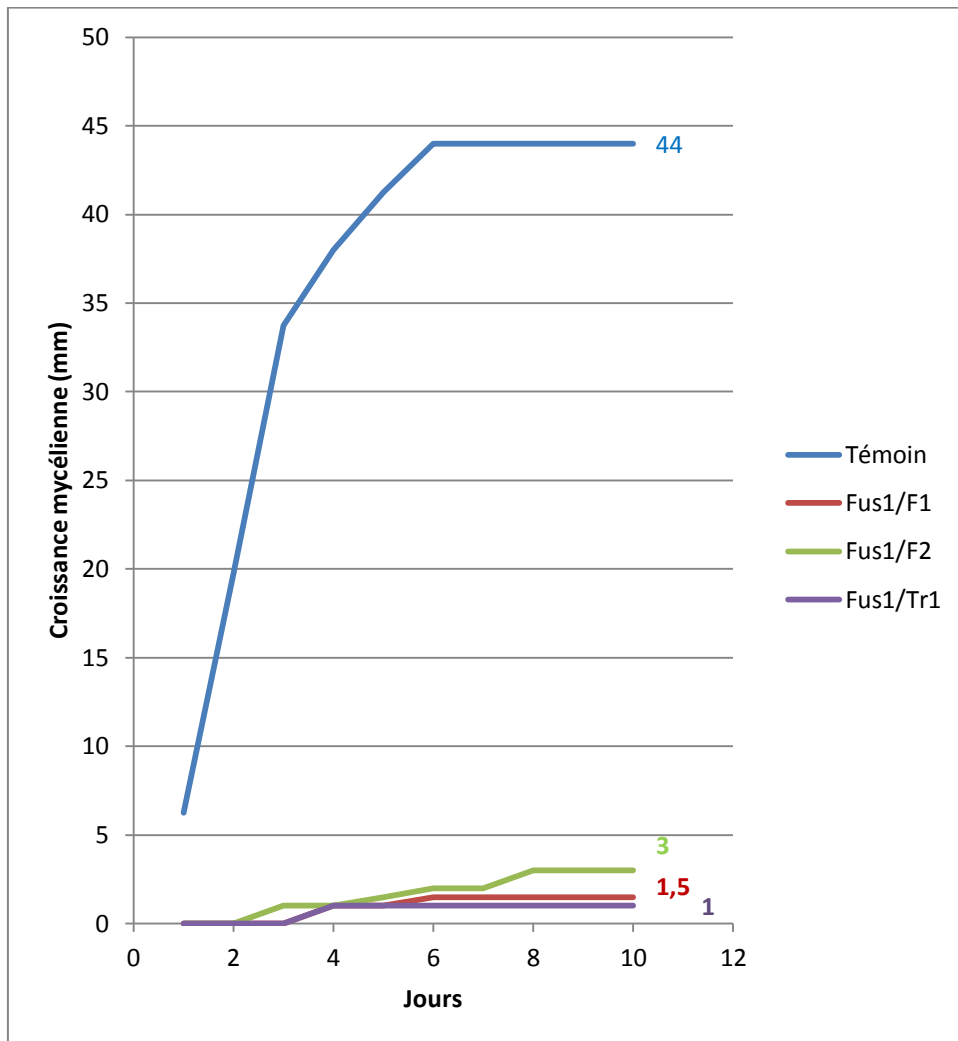


Figure 27. Evolution de la croissance mycélienne de Fus 1 durant 10 jours en fonction des traitements (chimiques et biologique)

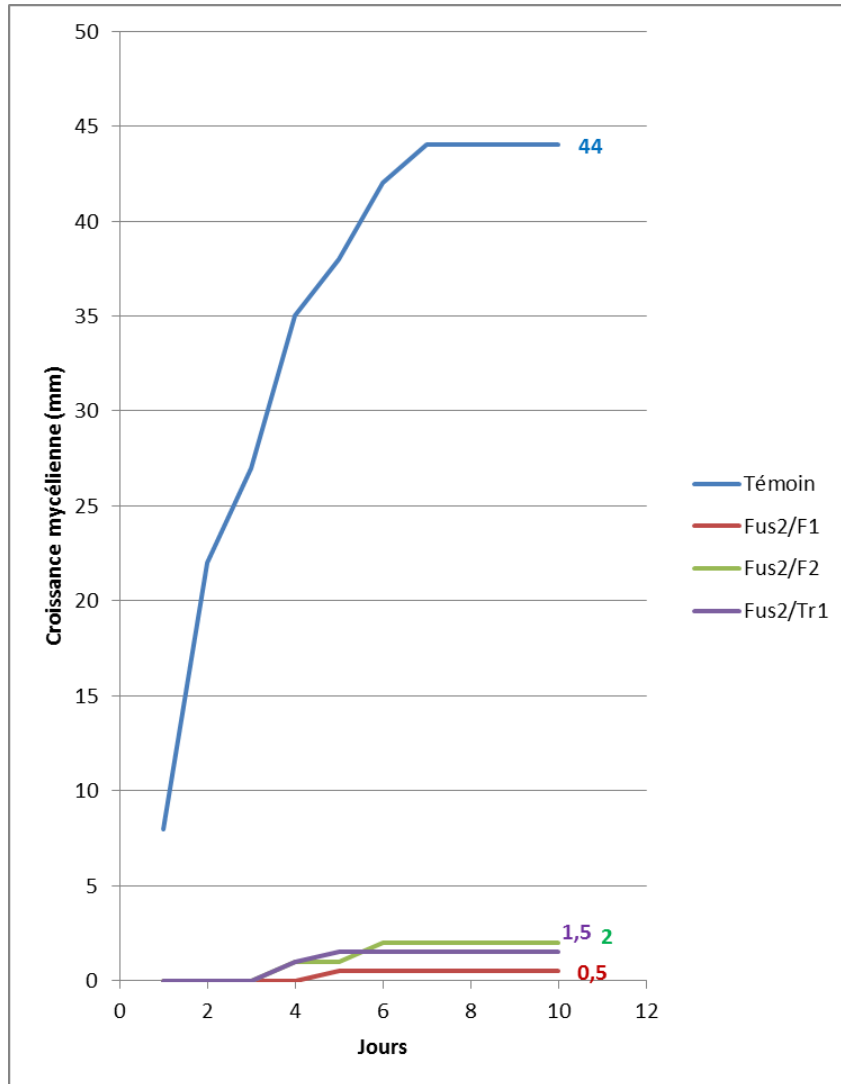


Figure 28. Evolution de la croissance mycélienne de Fus2 durant 10 jours en fonction des traitements (chimiques et biologique)

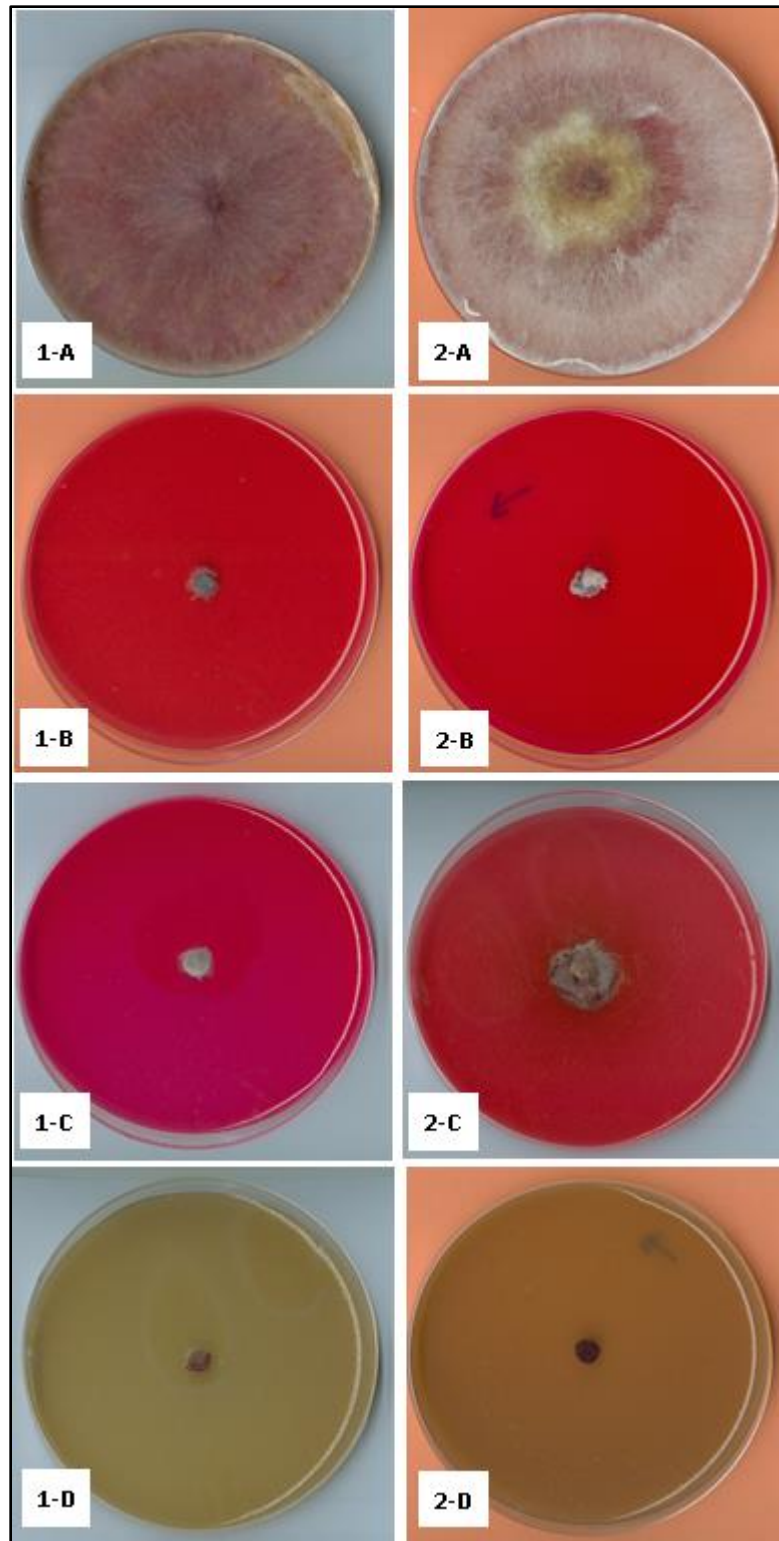


Figure 29. Croissance mycélienne au 10^{ème} jour du *Fusarium* (1-Fus1; 2-Fus2) en fonction des traitements (Chimique et biologique). A-Témoin; B-F1; C-F2; D-Tr1

2. Discussion

Les différentes analyses effectuées sur les semences nous ont permis de mettre en évidence la flore fongique existante au niveau des trois variétés de blé prélevées de deux zones de production de semences de la wilaya de Constantine.

La faculté germinative des six échantillons est à 100%. La germination ou l'embryogénèse tardive, est la première phase du développement d'une plante, dans laquelle la graine retourne à la vie active après une période de dormance. Dans cette phase la graine a besoin de conditions externes et internes favorables pour un développement normal (**Théron, 1964 ; Meyer et al., 2004**).

L'analyse phytosanitaire révèle l'existence de 4 genres de champignons contaminant les semences testées dont le plus dominant est le *Cladosporium*. Le *Fusarium* occupe la troisième place avec 21% de l'ensemble des champignons isolés. Les céréales, notamment le blé, sont des denrées alimentaires fréquemment contaminées par les moisissures. La contamination peut avoir lieu avant la récolte, au champ, au cours du séchage, ou au cours du stockage des grains. L'altération des céréales stockées a fait l'objet de nombreuses études ayant mis en évidence que la contamination fongique compte parmi les principales causes de détérioration des grains de céréales expliquées par des variations dans les paramètres technologiques du grain et par les pertes considérables (**Atalla et al., 2003 ; Molinie et al., 2005**).

Le genre *Cladosporium* isolé sur les grains de blé appartient à la flore du champ et la flore intermédiaire (**Gacem, 2011**).

La différence de contamination fongique entre les trois variétés de blé s'explique par la composition biochimique différente variétés du blé testé. Cette différence est influencée parfois par les conditions climatiques, le stockage (humidité, température et système de ventilation) et l'installation d'une charge fongique importante, ce qui peut entraîner une modification qualitative et quantitative de la mycoflore (**Wilson et al., 2002**).

Notre étude a démontré que les deux formulations sont efficaces. En effet, la croissance mycélienne du *Fusarium* est inhibée des degrés différents. Il a été observé dans notre essai que la formule composée de fludioxonile et difenoconazole est plus efficace que celle contenant du tébuconazole, ces résultats concordent avec ceux des essais menés par l'équipe **Arvalis (2017)**, qui conseillent cette formulation pour lutter contre les fusarioses du blé.

L'utilisation de la même matière active pendant plusieurs campagnes induit un phénomène de résistance chez les souches locales du pathogène (**Site web 3, 2017**).

Le test de lutte biologique de *Trichoderma* contre le *Fusarium* montre une inhibition de la croissance mycélienne similaire à celle des formulations chimiques, ce qui confirme son pouvoir antagoniste. En fait, le phénomène d'antagonisme est mis en jeu par différents mécanismes dans notre cas c'est la sécrétion de métabolites diffusibles qui provoquent la lyse du mycélium et des spores du phytopathogène. (**Berber *et al.*, 2009 ; Moayed et Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, 2010; Elad *et al.*, 1979**).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les maladies cryptogamiques du blé dur, et particulièrement la fusariose qui touche différentes parties de la plante, constitue l'une des principales causes de pertes de rendement en Algérie.

Cette étude a permis de faire ressortir la diversité de la mycoflore contenue dans la semence de blé de trois variétés échantillonnées à partir de deux zones de production de blé dans la wilaya de Constantine (Nord-Didouche et Sud-El Khroub). Les taux de germination des différents échantillons sont de 100%, ce qui révèle que la semence est saine. L'analyse phytosanitaire révèle quatre genres de champignons « *Cladosporium* 46%, *Penicillium* 25%, *Fusarium* 21% et *Aspergillus* 8% », qui ont contaminé la semence au niveau du champ ou au moment du stockage.

Les formulations chimiques, formulation 1 (fludioxonil et difenoconazole) et formulation 2 (tébuconazole) ont un effet inhibiteur presque total sur la croissance mycélienne des deux isolats de *Fusarium* testés (jusqu'à 98% d'inhibition).

Les résultats de la lutte biologique, à l'aide de métabolites secondaires de *Trichoderma*, révèlent un effet inhibiteur similaire à celui des formulations chimiques. Néanmoins, l'application de cette formule en plein champ est difficile et coûteuse. Une étude pour le développement d'un produit biocide à base de métabolites secondaires de ce champignon est à considérer.

Ce travail contribue à la connaissance de la protection du blé contre les maladies cryptogamiques. Il serait intéressant de poursuivre ce travail afin de connaître les formulations les plus efficaces contre la fusariose « *in situ* », et évaluer la résistance aux champs des souches locale du pathogène.

Afin de lutter efficacement contre les maladies cryptogamiques en générale, il serait intéressant d'établir un programme de lutte intégrée des cultures en combinant les différentes méthodes de lutte afin de réduire l'utilisation des produits chimiques nocifs pour la santé et l'environnement.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Atalla M.M., Mohamed-Hassanein N., Atef-Elbeih A. et Yoyssef A., 2003.** Mycotoxin production in wheat grains by different *Aspergillus* in relation to different relative humidity and storage periods. Food Nahrung. Pp: 6-10.
2. **Battais F., Richard C. et Leduc V., 2007.** Les allergènes du grain de blé. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 47. Pp : 171–174.
3. **Battais F., Richard C. et Leduc V., 2007.** Les allergènes du grain de blé. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 47. Pp : 171–174.
4. **Ben Mbarek K., 2017.** Manuel de Grandes cultures Les céréales. Ed : universitaires européennes. Pp : 30-147.
5. **Ben Mbarek K., 2017.** Manuel de Grandes cultures Les céréales. Ed : universitaires européennes. Pp : 30-147.
6. **Berber F., Ouazzani-touhami A., Badoc A. et Douira A., 2009.** Antagonisme *in vitro* et *in vivo* de deux *Trichoderma* à l'égard de quatre espèces *debipolaris* pathogènes sur le sorgho. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 93-114 pages.
7. **Berhaut P., Le Bras A., Niquet G. et Griaud P., 2003.** Stockage et conservation des grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale. Ed : Technique et Documentation, Paris. P : 108.
8. **Berhaut P., Le Bras A., Niquet G. et Griaud P., 2003.** Stockage et conservation des grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale. Ed : Technique et Documentation, Paris. P : 108.
9. **Besri M., 1989.** Etat sanitaire des semences de blé et d'orge utilisées au Maroc, Céréales en régions chaudes AUPELF-UREF. Ed : John Lebbey Eurotext, Paris 1989. Pp : 85-94.
10. **Booth C., 1985.** The genus *Fusarium*. Ed. Commonwheat Mycological Institute. 237 pages.
11. **Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpen J.P., Raymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y et Veau P., 1990.** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. 2^{ème} Ed : Masson. Collection Biotechnologies. Pp : 34-428.
12. **Boudreau A. et Ménard G., 1992.** Le blé: éléments fondamentaux et transformation. Ed : Presses Université Laval, Paris. Pp 25 - 439.
13. **Boulif., 2012.** Gestion intégrée des maladies du blé, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès B.P. S/40 – Meknès. P : 12.

14. **Bourgeois C., Mescmle J. et Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire. Tome 1 « Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ». Ed : Technique et Documentation Lavoisier, Paris. Pp : 393-414.
15. **Brink M. et Belay G., 2006.** Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Fondation PROTA/ Backhuys Publishers/CTA. Pays-Bas. P: 327.
16. **Burgess LW., Summerell BA., Bullock S., Gott KP. et Backhouse D., 1994.** Laboratory manual for *Fusarium* research, 3rd ed. University of Sydney, Sydney, Australia.
17. **Butt M., Nasir M., Akhtar S. et Sharif K., 2004.** *Internet journal of food safety*, Vol 4. Pp: 1-6.
18. **Cahagnier B., 2001.** Céréales et mycotoxines. Généralités, présences, dosage. *Industrie des céréales* 122 : 22-29 pages.
19. **Calvel R., 1984.** La boulangerie moderne. Ed: EYROLLE nS, Paris. Pp: 19-20.
20. **Caron D., 1993.** Les fusarioses. *ITCF*. Paris. 30- 39 pages.
21. **Caron D., 2000.** Fusarioses des épis, Sait-on prévoir leur développement. *Perspectives Agricoles* Janvier 2000, 56-62 pages.
22. **Champion R., (1997).** Identifier les champignons transmis par les semences. Ed : Editions Quae, France, P : 398 .
23. **Chene C., 2006.** La maîtrise du risque moisissures : application aux aliments à humidité intermédiaire, Rôle Technologique. *Agro-alimentaire- Newsletter* n°9. Pp : 1-5.
24. **Clavel A. J., 2006.** Diagnostic des accidents du blé dur. *ARVALIS Institut du végétal*. Paris. 105 pages.
25. **Clerget Y., 2011.** Biodiversité des céréales Origine et évolution. In *La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme*. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la Ville de Montbéliard « La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme » publié dans le bulletin 2011 de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Pp : 1-16.
26. **Couvreur F., 2002.** Fongicides des céréales et protéagineux. Ed ITCF avec la participation de l'ANDA .France .216 pages.
27. **Deàk T., 2008.** Handbook of food spoilage yeasts. CRC Press. Ed: Second Edition. P: 325.
28. **Dorothee S., 2013.** Développement épidémique de la Fusariose des épis de blé et conséquences des interactions Entre espèces du complexe fusariae Thèse école doctorale : sciences du végétal : Du gène a l'écosystème.

29. **El hadj Hammiche F., 2013.** Problématique. 1er workshop international sur La fusariose des céréales en Algérie. *INPV* Institut National de la Protection des végétaux *SYNGENTA*.
30. **Elad Y. Chet I. et Katan J., 1979.** *Trichoderma harzianum*: A Biocontrol Agent Effective Against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. 70 (2):119-121 pages.
31. **Ezzahiri B., 2001.** Les maladies du blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du *PNTTA*. 77, 4 pages.
32. **FAO, 2006.** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. 68p
33. **Feillet P., 2000.** Le grain de blé : Composition et utilisation. Ed : INRA. Paris. Pp : 154-308.
34. **Fredot E., 2012.** Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3^{ème} édition. Ed : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. P : 613.
35. **Gacem M., 2011.** Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanolique et aqueux des graines de *Citrullus*.
36. **Ghorri, S. (2015).** Isolement des microorganismes possédant une activité antiFusarium. Thèse de Doctorat En Bioprocédés et Biotechnologies, Applications Mycologiques, Université frères Mentouri, CONSTANTINE. P24
37. **Gibson A., Baranyi J., Pitt J., Eyles M. et Roberts T., 1994.** Predicting fungal growth: the effect of water activity on *Aspergillus flavus* and related species. *Food Microbiology* 23 (1994). Pp:419-431.
38. **Guiraud J. et Rosec J., 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire, Ed : AFNOR, Saint-Denis-la-plaine, France. P : 300.
39. **Guiraud J., 2003.** Microbiologie alimentaire. Ed : Duond, Paris. Pp : 8-101.
40. **Guiraud J., Rosec J., 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire, Ed : AFNOR, Saint-Denis-la-plaine, France. P : 300.
41. **Gwimer J., Harnisach R. et Mück O., 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte. Ed : Eschborn. P: 368.
42. **Hamel L., 2010.** Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Thèse de Magister en génomique et techniques avancées des végétaux. Université Constantine 1. 83 pages.

43. **Hervieu B., Capone R. et 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. P : 13.
44. **Leyral G. et Vierling É., 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires. 4ème Ed :Doin. Pp : 20-36.
45. **Maciejawski J., 2013.** Semences et plants (2° Éd.),Agriculture d'Aujourd'hui Ed : Lavoisier. Pp : 5-6.
46. **MADRP., 2015.** *Index des Produits Phytosanitaires à Usage Agricole.* 75-98 pages.
47. **MADRP., 2015.** Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA). Bilan de la campagne céréalière 2014/2015.5.
48. **Manay Shakuntala N. et Shadaksharaswamy M., 2001.** Foods: Facts and principles. Ed: Second Edition. New Age International Publishers.
49. **Mason A., Lee R., Abrigo M. et Lee S. H., 2017.** Support Ratios and Demographic Dividends: Estimates for the World United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division Technical Paper No. 2017. P: 47.
50. **Mathew S., Thomas G. et Tufail A., 2011.** An Evaluation of the fungi isolated from sub-epidermal region of post-harvested stored wheat grains. *Nepal Journal of Biotechnology*, Vol 1. pp: 9-13.
51. **Mathew S., Thomas G., Tufail A., 2011.** An Evaluation of the fungi isolated from sub-epidermal region of post-harvested stored wheat grains. *Nepal Journal of Biotechnology*, Vol 1, pp: 9-13.
52. **Meyer S., Reed C. et Bosdeveix R., 2004.** Botanique (Biologie et physiologie végétales). Ed : Maloine. Pp : 56-461.
53. **Moayedi G. et Mostowfizadeh-ghalamfarsa R., 2010.** Antagonistic Activities of *Trichoderma* spp. on Phytophthora Root Rot of Sugar Beet.29 (1-2), 2010.
54. **Molinie A., Faucet V., Castegnaro M. et Pfohl-Leszkowicz A., 2005.** Analysis of some breakfast cereals collected on the French market for their content in OTA, Citrinin and Fumonisin B1. Development of a new method for simultaneous extraction of OTA and Citrinin. *F. Chem.* Pp : 391-400.
55. **Moreau C., 1996.** les mycotoxines. In : Bourgeois C. M., Mescle J.-F., Zucca J. (coord.). Microbiologie alimentaire : Aspects microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed : Technique et Documentation Lavoisier, Paris. Pp.176-185.

- 56. Multon, J., 1982.** Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés ; Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Ed : Technique et Documentation Lavoisier, Paris. P : 576.
- 57. Nasraoui B., 2006.** Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 4 : Maladies. 363-427 pages. Centre de Publication Universitaire, Tunis.
- 58. Ndiaye D., 1999.** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux, Coopérative Autrichienne pour le développement. P : 61.
- 59. Nedjah I., 2015.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb).Thèse en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat 3eme cycle spécialité : biologie végétale et environnement option : écophysiologie végétale.
- 60. Nelson PE., Toussoun TA. et Marasas WFO., 1983.***Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, PA.
- 61. Ouffroukh A., 2014.** Contribution à la connaissance des stress biotiques affectant les céréales d'hiver : Identification et approche à l'étude épidémiologique du virus de la jaunisse nanisante de l'Orge (VJNO) ou (BYDV) sévissant dans les cultures des céréales dans les zones Est de l'Algérie. Thèse Présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences option : phytopathologie et amélioration des plantes.
- 62. Pomeranz Y., 1988.** Chemical composition of kernel structures. Wheat: chemistry and technology. Volume I. Pp: 97-158.
- 63. Proctor D., 1995.** Techniques d'emmagasinage des grains : évolutions et tendances dans les pays en développement, *Bulletin des services agricoles de la FAO* n°109, FAO, Rome.
- 64. Reboux G., Bellanger A., Roussel S., Grenouillet F. et Million L., 2010.** Pollution atmosphérique, Moisissures et habitat : risques pour la santé et espèces impliquées, *Revue française d'allergologie* 50. Pp :611–620.
- 65. Roudaut H. et Lefrancq E., 2005.** Alimentation théorique: Sciences des aliments. Ed : Doin éditeurs. France. P: 303.
- 66. Sauer D., Storey C., Ecker O. et Fulk D., 1982.** Fungi in U.S. Export wheat and corn. *Postharvest Pathology and Mycotoxins*. Vol.72, 11.P : 1449.
- 67. Sayoud R., Ezzahiri B. et Bouznad Z., 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. Eds. I.T.G.C., Alger. 64 p

- 68. Schilling A.G., Moller E.M., et Geiger H.H., 1996.** Polymerase chains reaction based assays for species specific detection of *Fusariumculmorum*, *F.graminearum*, and *F.avenaceum*. *Phytopathology*.86: 515-522 pages.
- 69. Schreck E., 2008.** Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration, impact sur les lombriciens. Thèse de doctorat en Ecotoxicologie. Université de Toulouse.299 pages.
- 70. Selselet-Attou G., 1991.** Technologie des céréales et produits dérivés. Institut de Technologie Agricole-Mostaganem. Document à l'usage des étudiants, Ed:Technologie Agro-Alimentaire. P : 147.
- 71. Symons S.J., Clear R.M., Bell K. et Butler C., 2002.**Identification des grains de blé et d'orge endommagés par la fusariose de l'épi. 3^{em} édition, Canada.
- 72. Théron A., 1964.** Botanique (classe de 2^{em}) Ed: Bordas. Pp : 121-287.
- 73. Vierling E., 2008.** Aliments et Boissons: Filière et Produits. Doin éditeurs. 3^{ème} Ed : P : 277.
- 74. Wilson D., Mubatanhema W. et Jurjevic Z., 2002.**Biology and ecology of mycotoxigenic *Aspergillus* species as related to economic and health concerns. *Adv. Exp. Med. Biol* 504. Pp:3-17.
- 75. Yuen G.Y. et Schoneweis S.D., 2007.** Strategies for managing *Fusarium*head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *International journal of Food Microbiology*.119: 126 – 130 pages.
- 76. Yves H. et De Buyser J., 2001.** De la graine à la plante, l'origine des blés. Belin pour la science. Pp : 69-72.
- 77. Zeitoun R., 2011.** Procédés de fractionnement de la matière végétale Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse en science des agro-ressources. L'université de Toulouse.291 pages.
- 78. Zillinsky F., 1983.** Common diseases of small grain cereals. A guide to identification. CIMMYT. P: 141.

Site web :

Site web 1. [www. Algérie part.com](http://www.Algérie part.com). Le dessous de l'actualité, 12 juin 2019

Site web 2. www.Agroline.com

Site web 3. www.Arvalis-info.fr, 2017.Blé dur. Variétés et interventions d'automne.

Site web 4. FAOSTAT- www.FAOSTAT.org.

Résumé

Le blé est la principale production céréalière en Algérie. Les fusarioses sont les maladies fongiques les plus compliquées. Elles attaquent tous les organes de la plante. Ce travail consiste à évaluer l'effet de différentes formulations de produits phytosanitaires (chimique ou biologique) de traitement de semence de blé sur le *Fusarium* in vitro.

Ce travail est réalisé en trois parties : Analyse phytosanitaire de semences récoltées au niveau des deux principales zones céréalières de la wilaya de Constantine (Nord – Didouche Mourad et Sud – El Khroub) ; évaluation de l'effet inhibiteur de croissance de deux formulations antifongiques sur le développement des *Fusarium* choisis pour le test in vitro et l'évaluation in vitro de l'effet antagoniste des métabolites secondaires du *Trichoderma* sur le développement du *Fusarium*.

L'analyse phytosanitaire révèle quatre genres de champignons « *Cladosporium*, *pénicillium*, *Fusarium* et *Aspergillus* ». Les formulations chimiques, formulation 1 (fludioxonil et difenoconazole) et formulation 2 (tébuconazole) ont un effet inhibiteur presque total sur la croissance mycélienne des deux isolats de *Fusarium* testés. Les résultats de la lutte biologique, à l'aide de métabolites secondaires de *Trichoderma*, révèlent un effet inhibiteur similaire à celui des formulations chimiques

Mots clés : Blé, *Fusarium*, Mycoflore du blé, lutte chimique, lutte biologique, *Trichoderma*

Summary

Wheat is the main cereal crop in Algeria. Fusarium wilt is the most complicated fungal disease. It attacks all the organs of the plant. This work consists on evaluating the effect of different formulations of phytosanitary products (chemical or biological) of treatment of wheat seeds on *Fusarium* in vitro.

This work is carried out in three parts: Phytosanitary analysis of harvested seeds at the two main cereal zones of wilaya of Constantine (North - Didouche Mourad and South - El Khroub); Evaluation of the growth inhibitory effect of two antifungal formulations on the development of *Fusarium* selected for in vitro testing and in vitro evaluation of the antagonistic effect of *Trichoderma* secondary metabolites on the development of *Fusarium*.

Phytosanitary analysis reveals four genres of fungi "*Cladosporium*, *Penicillium*, *Fusarium* and *Aspergillus*". The chemical formulations, Formulation 1 (Fludioxonil and Difenoconazole) and Formulation 2 (Tebuconazole) have almost a total inhibitory effect on mycelial growth of the two tested *Fusarium* isolates. The results of biological control, using secondary metabolites of *Trichoderma*, reveal a similar inhibitory effect to that of chemical formulations.

Key words: Wheat, *Fusarium*, Wheat mycoflora, chemical control, biological control, *Trichoderma*

الملخص

يعتبر القمح محصول الحبوب الرئيسي في الجزائر. مرض الذبول الفيوزاريومي هو أكثر الأمراض الفطرية تعقيداً إذ يهاجم جميع أعضاء النبات. يهدف هذا العمل الى تقييم تأثير تركيبات مختلفة من المبيدات النباتية (كيميائية أو بيولوجية) لمعالجة بذور القمح من الفيوزاريوم مخبرياً.

و قد تم هذا العمل في ثلاثة أجزاء: تحليل المعالجة النباتية للبذور المجمعة من المنطقتين الرئيسيتين للحبوب لولاية قسنطينة (شمالاً - ديدوش مراد وجنوباً - الخروب) ؛ تقييم التأثير التثبيطي للنمو للصيغتين لمضاد الفطريات الكيميائي على تطور الفيوزاريوم مخبرياً و تقييم التأثير المضاد لمركبات الايض الثانوية لفطر الترايكوديرما على تطور الفيوزاريوم.

كشفت تحليل المعالجة النباتية أربعة أنواع من الفطريات " *Cladosporium, Penicillium, Fusarium* , *Aspergillus* ". الصيغة الكيميائية للمبيد، صيغة 1 (difenconazole و fludioxonil) ،وصياغة 2 (tebuconazole) لها تأثير مثبط بشكل شبه كامل على نمو العزلتين لفطر الفيوزاريوم التي تم اختبارها. نتائج المكافحة البيولوجية باستخدام مركبات الايض الثانوية من الترايكوديرما ، تكشف عن تأثير مثبط مماثل لتأثيرات المبيدات الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: القمح ، الفوزاريوم ، فطريات القمح ، المكافحة الكيميائية ، المكافحة البيولوجية ، الترايكوديرما

Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement de semence de blé sur le *Fusarium in vitro*.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en science biologique,
Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

Résumé

Le blé est la principale production céréalière en Algérie. Les fusarioses sont les maladies fongiques les plus compliquées. Elles attaquent tous les organes de la plante. Ce travail consiste à évaluer l'effet de différentes formulations de produits phytosanitaires (chimique ou biologique) de traitement de semence de blé sur le *Fusarium in vitro*.

Ce travail est réalisé en trois parties : Analyse phytosanitaire de semences récoltées au niveau des deux principales zones céréalières de la wilaya de Constantine (Nord – Didouche Mourad et Sud – El Khroub) ; évaluation de l'effet inhibiteur de croissance de deux formulations antifongiques sur le développement des *Fusarium* choisis pour le test *in vitro* et l'évaluation *in vitro* de l'effet antagoniste des métabolites secondaires du *Trichoderma* sur le développement du *Fusarium*.

L'analyse phytosanitaire révèle quatre genres de champignons « *Cladosporium*, *pénicillium*, *Fusarium* et *Aspergillus* ». Les formulations chimiques, formulation 1 (fludioxonil et difenoconazole) et formulation 2 (tébuconazole) ont un effet inhibiteur presque total sur la croissance mycélienne des deux isolats de *Fusarium* testés. Les résultats de la lutte biologique, à l'aide de métabolites secondaires de *Trichoderma*, révèlent un effet inhibiteur similaire à celui des formulations chimiques

Mots clés : Blé, *Fusarium*, Mycoflore du blé, lutte chimique, lutte biologique, *Trichoderma*

Laboratoire de recherche : INRAA – Unité de Recherche Constantine

Jury d'évaluation :

Président du jury : Pr. Chougui Saida (Professeur-Université UFMCI)

Rapporteur : Dr. Bouchibi Baaziz Nacera (MCB-Université UFMCI)

Examineur : Dr. Zoghmar Merieum (MCB-Université UFMCI)

Date de soutenance : 26/06/2019

