



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



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Microbiologie

قسم: الميكروبيولوجيا

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie

Option : Mycologie et Biotechnologie Fongique

INTITULE

Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement de semence de blé, et lutte biologique vis-à-vis du *Fusarium in vitro*.

Présenté et soutenu par : MAHDJOUB Zaineb
MEGHERBI Asma

Le 26/06/2018

Jury d'évaluation :

Président du jury : Dr. ALMI Hiba (MCB – UFM Constantine).

Rapporteur : Dr. OUFFROUKH Amar (MRA – INRAA Constantine).

Examineur : Dr. HARRAT Wahiba (AR-INRAA Constantine).

Année universitaire 2017 - 2018

Remerciements

Nous remercions, avant tout " ALLAH " tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous voudrions aussi par ces lignes, exprimer nos vifs remerciements Monsieur Ouffroukh A. Directeur de l'Unité de Recherche de Constantine, pour son encadrement et ses orientations éclairées.

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

Nos vifs remerciements vont également à toute l'équipe technique de l'UR Constantine. , notamment Mme Sihem Bencedira.

Enfin nous adressons nos profonds remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, nous ont aidés dans la concrétisation de ce travail.

Nous tenons à exprimer notre très grande considération a madame ALMI Hiba docteur à UFM Constantine d'avoir accepté de juger ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A Mes très Chers parents :

je tiens à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Vous avez su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu le tout puissant vous préserve.

A Ma très chère sœur Esma :

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mon cher petit frère Mouhamed Pour toute l'ambiance dont tu m'as entouré, pour toute la spontanéité et ton élan chaleureux, Je te dédie ce travail. Puisse Dieu le tout puissant exhausser tous tes vœux.

A toutes ma famille, petits et grands

A mes très chers ami(e)s : ChahinezZouleikha, Zaki, Ramzi, Aya Aicha, Zakia, Hadjer, Mouhamed, Lili, Annie, Senda, Amani, Aya, Ray, Salah, Roumeissa. Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous. Vos prières, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse Dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

A Toute ma promotion « Mycologie et Biotechnologie Fongique ».

MahdjoubZaineb

Je dédie ce travail :

A mes chers et respectueux parents Abd'Esselam et zouhra qui ont fait des sacrifices et crue en moi tout au long de mon parcours scolaire. Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimes mon attachement, mon amour et mon affection, Puisse dieu tout puissant vous garder et vous procurer santé et bonheur.

A mes chers frères : Mouhamed, Okba et Adem, et mes chères sœurs : Nouzha, meriem el batoul et Alia pour leur affection, compréhension et patience.

A ma chère amie Anissa pour m'avoir donné la force de continuer dans les moments difficiles et permis de puises au plus profond de moi-même pour avancer.

A tous les gens m'aiment

A toute ma famille qui n'a jamais cessé de m'encourager.

MEGH'ERBI Asma

Table des matières

Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations.....	
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE. 1. LE BLE.....	3
1.1. Historique	3
1.2. L'importance du blé dans le monde et en Algérie	3
1.2.1. L'importance du blé dans le monde.....	3
1.2.2. L'importance du blé en Algérie.....	4
1.3. Caractéristiques de la plante	6
1.3.1. Classification botanique.....	6
1.3.2. Caractéristiques morphologiques	7
1.3.3. Composition histologique et biochimique du grain.....	8
1.4. Exigences agro-écologiques	9
1.4.1. Exigences en eau	9
1.4.2. Exigences en températures.....	9
1.4.3. Exigences en sols.....	9
1.4.4. Exigences en photopériode	9
1.5. Les principales maladies du blé.....	9
1.5.1. Les maladies bactériennes.....	10
1.5.2. Les maladies virales.....	10
1.5.3. Les principales maladies fongiques du blé.....	10
CHAPITRE 2. LES FUSARIOSES DU BLE	13
2.1. Généralités.....	13
2.2. Incidence économique de la maladie.....	13
2.3. Symptomatologie	14
2.3.1. Sur la partie basale.....	14
2.3.2. Sur épi et feuilles	14
2.4. Cycle biologique	15
2.5. Conditions de développement de la maladie	17

2.5.1. Les facteurs climatiques.....	17
2.5.2. Les facteurs agronomiques.....	17
2.5.3. Les facteurs physiologiques	17
2.6. Aspects morphologiques et microscopique	17
2.7. Méthodes de lutte.....	18
2.7.1. Lutte génétique.....	19
2.7.2. Lutte culturale	19
2.7.3. Lutte chimique.....	19
2.7.4. La lutte biologique	22
2.7.1. Le genre <i>Trichoderma</i>	23
2.7.2. Morphologie des espèces de <i>Trichoderma</i>	23
2.7.3. Mécanismes d'action des <i>Trichoderma</i>	24
CHAPITRE.3.MATERIEL ET METHODES.....	25
3.1. Matériel biologique	25
3.1.1. Matériel fongique pathogène.....	25
3.1.2. Isolement et purification de l'agent pathogène	25
3.1.2.1. Isolement du pathogène	26
3.1.2.2. Purification.....	27
3.2. Caractérisation et Identification des isolats de <i>Fusariumsp.</i>	27
3.2.1. Caractérisation macroscopique.....	27
3.2.2. Caractérisation microscopique	28
3.3. Essai de lutte chimique.....	28
3.3.1. Gamme de pathogènes testés.....	28
3.3.2. Formulations antifongiques testées.....	28
3.3.3. Test de l'évaluation de l'effet des fongicides sur la croissance mycélienne du <i>Fusarium sp.</i>	29
3.3.4. Essai de l'évaluation de l'effet des fongicides sur l'inhibition de <i>Fusarium sp.</i> sur la croissance du coléoptile.....	30
CHAPITRE.4.RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	33
4.1. Résultats	33
4.1.1. Isolement et identification de la flore fongique.....	33
4.1.2.Résultats de l'essai de lutte chimique.....	37
4.1.2.1. Comparaison entre les quatre isolats de <i>Fusarium</i> testés en fonction des formulations antifongiques.....	37

4.1.2.2. Comparaison entre les trois formulations antifongiques en fonction des isolats de <i>Fusarium</i>	39
4.1.2.3. Essai de l'évaluation de l'effet des fongicides sur l'inhibition de <i>Fusarium</i> sp. sur la croissance du coléoptile.....	42
4.1.3. Résultats de la lutte biologique	42
4.2. Discussions	44
CONCLUSION ET PERSPECTIVE	46
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	47
ANNEXES	
Résumé.....	
Abstract	
المخلص.....	

Liste des figures

Figure 1 : Pôles agricoles algériens de filière blé dur (MADRP, 2016).....	5
Figure 2: Production algérienne des céréales lors de la campagne (DSASI, 2015).....	5
Figure 3 : Représentatif des importations de blé dur, blé tendre, orge et maïs exprimées en USD (ONFAA, 2017).....	6
Figure 4: Pays fournisseurs de l'Algérie en blé dur (DSASI, 2017).....	6
Figure 5: Coupe longitudinale d'un grain de blé (Nedjah, 2014).	9
Figure 6: Symptômes de la fusariose.....	15
Figure 7: Cycle biologique de <i>Fusarium</i> sp. (Forme parfaite : <i>Gibberella</i>) sur céréales (Dorothee, 2013).	16
Figure 8: Terminologie pour décrire la morphologie du genre <i>Fusarium</i> (Ghorri, 2015).....	18
Figure 9: Modes d'action biochimiques des fongicides céréales (Couvreur, 2002).	22
Figure 10: Morphologie de <i>Trichoderma</i> sp. :	24
Figure 11: Diagnostic visuel de la fusariose sur blé dur.....	26
Figure 12: Echantillons pris de différentes parties d'une plante qui présente des symptômes de la maladie de la fusariose.....	26
Figure 13: Isolement du <i>Fusarium</i>	27
Figure 14: Purification du <i>Fusarium</i> sp. sur milieu PDA.....	27
Figure 15: Filtration (A) et mélange (B) des antifongiques au milieu PDA.....	29
Figure 16: Repiquage sur milieu PDA contenant l'antifongique.	30
Figure 17: Ensemencement du PDB avec des disques de F.C.1 (A) ; incubation et agitation des Erlenmeyers (B).	30
Figure 18: milieu recouvert de papier stérile (A) et imbibition du papier par la culture liquide du <i>Fusarium</i> (B).	31
Figure 19: Grains disposés sur papier buvard imbibé de culture.	31
Figure 20: Culture liquide de <i>Trichoderma</i> sp.	32
Figure 21: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d' <i>Alternaria aternata</i>	33
Figure 22: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d' <i>Aspergillus niger</i>	34
Figure 23: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Penicillium</i> sp. (G×40).	34
Figure 24: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Rhizopus</i> sp. (G×40).....	35

Figure 25 : Caractérisation des isolats du <i>Fusarium sp.</i> , aspect cultural recto (A1, 2, 3 et 4) ; verso (B1, 2, 3 et 4) et observation microscopique (C1, 2, 3 et 4) respectivement de :.....	36
Figure 26 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Trichoderma sp.</i>	37
Figure 27 : L'effet du Raxil (tébuconazole innovant) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du <i>Fusarium sp.</i>	38
Figure 28 : L'effet de l'Acil (tébuconazole générique) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du <i>Fusarium sp.</i>	38
Figure 29 : L'effet du Celest xtra (Difénoconazole+Fludioxonil) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du <i>Fusarium sp.</i>	39
Figure 30: Comparaison entre les trois formulations antifongiques en fonction des isolats de <i>Fusarium</i> . (A) F.G ; (B) F.R ; (C) F.C.1 ; (D) F.C.2. Témoin : bleu ; Raxil : gris ; Acil : vert ; Celes txtra : jaune.	40
Figure 31 : Evaluation de la longueur du coléoptile en fonction de la formulation antifongique.	42
Figure 33 : Evaluation de l'effet des métabolites secondaires de <i>Trichoderma sp.</i> sur l'isolat F.C.2 du <i>Fusarium</i>	43
Figure 34: Evaluation de l'effet des métabolites secondaires de <i>Trichoderma sp.</i> sur la croissance mycélienne de l'isolat F.C.2 du <i>Fusarium sp.</i>	43

Liste des tableaux

Tableau 1: Marché mondial du blé en 2017.....	4
Tableau 2 : Classification <i>Triticum durum</i> Desf.....	7
Tableau 3: Les principales maladies fongiques du blé.....	12
Tableau 4: Formulations antifongiques de traitement de semences.....	29

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

ARN : Acide ribonucléique

ATP : Adénosine triphosphate

CIC : Conseil International Des Céréales

CNIS : Conseil national de l'information statistique

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

HR : L'humidité relative

ONFAA : Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires

PDA: Potato dextrose agar

PDB: Potato dextrose broth

q : quintaux

rpm : Rotation per minute

t : tonnes

UE : Union Européenne

USD : Dollar Américain

INTRODUCTION GENERALE

Les céréales cultivées depuis des milliers d'années, constituent la base de l'alimentation humaine, elles représentent environ 30% des sources énergétiques alimentaires dans les pays développés, contre plus de 50% dans les pays en voie de développement, atteignant parfois 90 % dans certains pays d'Afrique (**Nedjah, 2014**).

Le blé est la principale production céréalière en Algérie. Dans le marché mondial, il représente avec le riz et le maïs 85,4% de la production céréalière mondiale (**Gustafson et al., 2009**). La culture de blé dur occupe une place prépondérante de la sole céréalière, algérienne. Durant la période 2010/2015 les superficies récoltées consacrées au blé dur ont été estimées à environ 1.200.000 hectares. Aussi, la production en blé dur a représenté 55% de la récolte nationale des céréales lors de la campagne 2014/2015 (**MADRP, 2015**).

Ainsi 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 (irrégularité dans les précipitations pluviales, techniques agricoles; etc.), que biotiques (potentiel génétique, maladies, ravageurs, etc.)(**Ouffroukh, 2014**), Il en résulte ainsi des pertes de rendement considérables dues notamment à la nuisibilité des mauvaises herbes, des déprédateurs et des maladies fongiques (**Harrat, 2009**). Plusieurs maladies peuvent attaquer le blé, parmi elles, les fusarioses qui sont des maladies fongiques compliquées, qui peuvent s'attaquer à tous les organes de la plante, depuis les racines jusqu'aux épis (**Caron, 1993**).

Dans le but de prévenir ces maladies fongiques, les céréaliers ont recours à l'application de fongicides systémiques, de manière régulière et systématique sur les semences avant la mise en culture (traitements préventifs). Leur utilisation, doit répondre à des impératifs agronomiques et économiques (**Schreck, 2008**). La protection des cultures peut être anticipée dès le semis par le choix de variétés moins sensibles (résistantes ou tolérantes) et parfois avant le semis en agissant sur le choix du type de rotation et des espèces convenantes pour une conduite de culture intensive où l'utilisation des traitements fongicides, la productivité et la qualité du grain sont, aux yeux des agriculteurs, des critères beaucoup plus importants que la résistance aux maladies fongiques puisque la lutte chimique permet souvent de compenser des défauts de résistance de la variété (**Meynard et Jeuffroy, 2002**).

Notre travail consistera ici, à évaluer l'effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement de semence de blé sur le *Fusarium* du blé « *in vitro* ». Dans ce contexte, notre travail comportera trois parties complémentaires.

- Une partie **Isolement des agents pathogènes** à partir du végétal infecté,
- Une deuxième partie **Evaluation de l'effet inhibiteur** de trois formulations antifongiques sur le développement des pathogènes isolés « *in vitro* »,
- Enfin, ne troisième partie **Evaluation *in vitro* de l'effet antagoniste** des métabolites secondaires d'une espèce de *Trichoderma sp.* (indigène) sur le développement du *Fusarium*.



Revue bibliographique

CHAPITRE. 1. LE BLE

1.1. Historique

Le blé est l'une des céréales avec le riz et le maïs, qui constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (**Henry et De Buyser, 2001**).

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. Le blé est l'une des céréales connue depuis l'antiquité (**Ruel, 2006**). Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ (**Anonyme1, 1981 ; Ruel, 2006**).

Par la suite, les techniques de panification s'améliorent grâce aux hébreux, Grecs, et enfin Romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe. A la fin du XVIIIe siècle, le blé est exporté en Amérique du Nord par les anglais et est rapidement adopté par les civilisations présentes comme matière première de base pour la fabrication du pain en raison de sa composition en gluten supérieure aux autres céréales (**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 (**Zeitoune, 2011**).

1.2. L'importance du blé dans le monde et en Algérie

1.2.1. L'importance du blé dans le monde

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans les systèmes agricoles, elles sont considérées comme l'une des principales sources de la nutrition humaine et animale (**Ghennai et al., 2017**).

Les prévisions de production mondiale toutes céréales confondues (blé et céréales secondaires) pour la campagne 2017/18 est de 2.100 millions de tonnes, quant aux prévisions de la production mondiale de blé pour la campagne 2018/2019, est estimée à 742 millions de tonnes. Les données du marché du blé sont mentionnées dans le tableau 1 (**CIC, 2018**).

Tableau 1. Marché mondial du blé en 2017(FAO, 2017).

Unité : Millions de tonnes

Blé	2014/2015	2015/2016	2016/2017	23/11/2017	18/01/2018
Production	730	737	755	749	757
Echanges	153	166	176	174	174
Consommation	714	721	738	742	744
Stocks de report	207	224	241	249	254
Var. année/à l'autre	16	17	17		14
Principaux. Exportat*	66	66	76	71	76

(*) Argentine, Australie, Canada, Etats-Unis, Kazakhstan, Russie, Ukraine, UE.

1.2.2. L'importance du blé en Algérie

De toutes les productions algériennes, la production des céréales est la plus importante. Elles constituent la base même de l'alimentation des populations. À ce titre, les céréales ont joué un grand rôle dans le développement de la prospérité économique du pays. Leur aire de culture s'étend depuis le littoral jusqu'à la limite des Hauts-Plateaux. Jachère comprise, elle occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU). Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures (**MADRP 1, 2015**).

La culture de blé dur occupe une place prépondérante de la surface agricole algérienne (**Fig.1**). Durant la période 2010/2015 les superficies récoltées consacrées au blé dur ont été estimées à environ de 1.200.000 hectares. La production en blé dur a représenté 55 % de la récolte nationale des céréales lors de la campagne 2014/2015(**MADRP 1, 2015**) (**Fig.2**).

En relations avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires, en occupant le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%). De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4 244 903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur (**Chehat, 2007**).

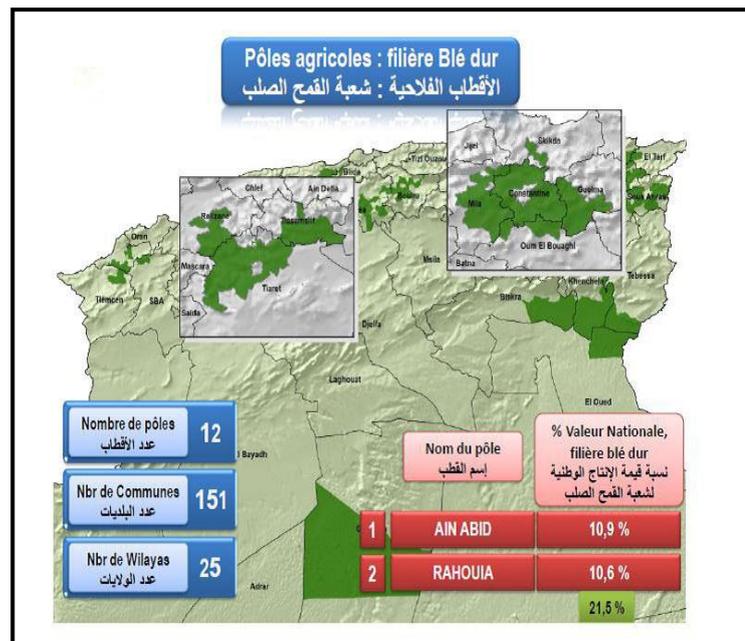


Figure 1 : Pôles agricoles algériens de filière blé dur (MADRP, 2016).

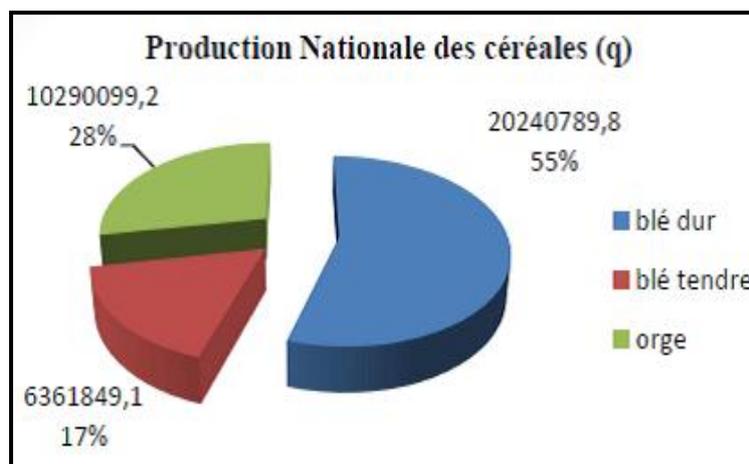


Figure 2: Production algérienne des céréales lors de la campagne (DSASI, 2015).

Par ailleurs, Selon les données du Centre National de l'Information et des Statistiques des Douanes(Fig.3), les quantités importées des céréales (blés, orge et maïs) par l'Algérie ont enregistré une baisse de 3,3% pour l'année 2016 (soit 13,22 million de tonnes) par rapport à l'année 2015 (soit 13,67 millions de tonnes) (ONFAA, 2017).

Le principal fournisseur de l'Algérie du blé dur ces deux dernières années est le Canada(Fig.4), avec 1 082 687 tonnes en 2016 contre 770 230 t en 2015. Suivi par le Mexique soit 556 538 t en 2016 contre 598 443 t en 2015, soit une diminution de 7% (ONFAA, 2017).

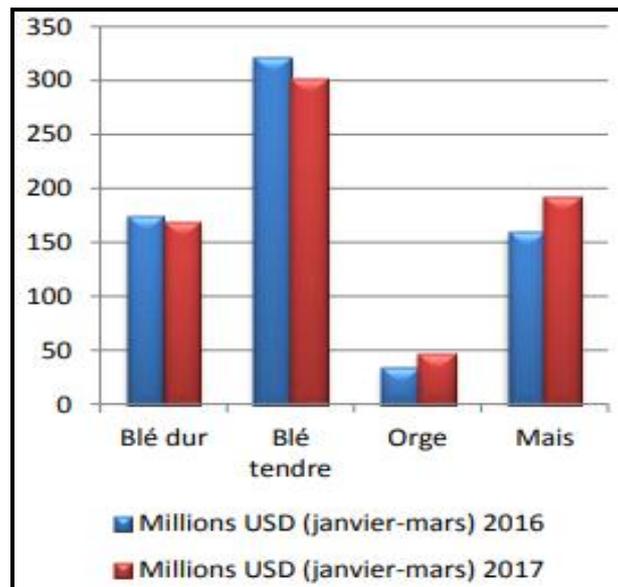


Figure 3 : Représentatif des importations de blé dur, blé tendre, orge et maïs exprimées en USD (ONFAA, 2017).

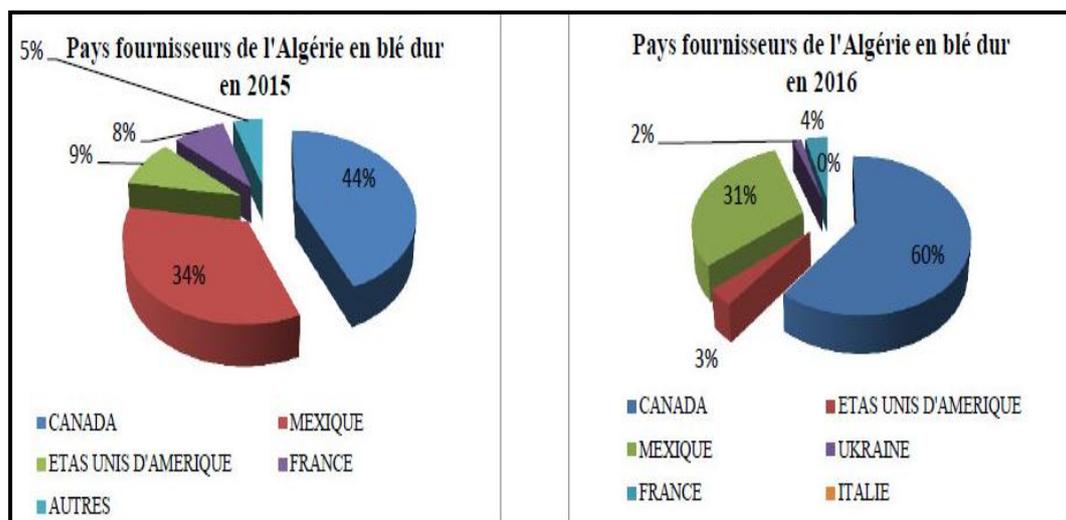


Figure 4: Pays fournisseurs de l'Algérie en blé dur (DSASI, 2017).

1.3. Caractéristiques de la plante

1.3.1. 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* ($2n = 42$). Le blé dur obéit à la classification suivante (Feillet, 2000) :

Tableau 2 .Classification *Triticum durum* Desf. Selon 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>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

1.3.2. Caractéristiques morphologiques

1.3.2.1. Le système racinaire

Selon (**Belaid, 1996**), toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes radiculaires successifs :

- Le système **radiculaire primaire**, fonctionnel de la germination au début tallage, ce système est constitué d'une racine principale ne restant pas longtemps fonctionnelle il est remplacé par un système de racines adventices (prenant naissance sur la tige) qui assureront la nutrition et le développement de la plante.
- Le système **radiculaire secondaire ou tallage** (ou système coronaire) apparaît au moment où la plante émet des talles ; il est de type fasciculé et assez développé.

1.3.2.2. Le système aérien

Le système aérien est composé de plusieurs organes :

➤ **La tige et les feuilles :**

La tige creuse ou chaume, dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (**Belaid, 1996 ; Soltner, 2005**).

➤ **L'inflorescence :**

Le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. Le blé est une plante autogame ou à autofécondation. De ce fait, la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre (**Soltner, 2005**).

1.3.3. Composition histologique et biochimique du grain

Les graines de blé sont des fruits appelées caryopses. Elles ont une forme ovoïde, possèdent sur l'une de leur faces une cavité longitudinale « le sillon » et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils (la brosse).

Le grain de blé se compose de trois parties principales :

➤ **Les enveloppes :**

Les enveloppes sont de nature cellulosique, elles servent à protéger le grain et représentent 14-16% de la masse du grain (**Fig.5**) (**Godon, et William, 1991**).

➤ **L'endosperme (amande ou albumen) :**

Constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten) (**Nedjah, 2014**).

➤ **Le germe (embryon) :**

Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé. Le germe comprend deux parties : **la plantule** (future plante) et **le cotylédon** (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. Enfin, le germe est riche en vitamine B1, B6 (**Surget, et Barron, 2005**).

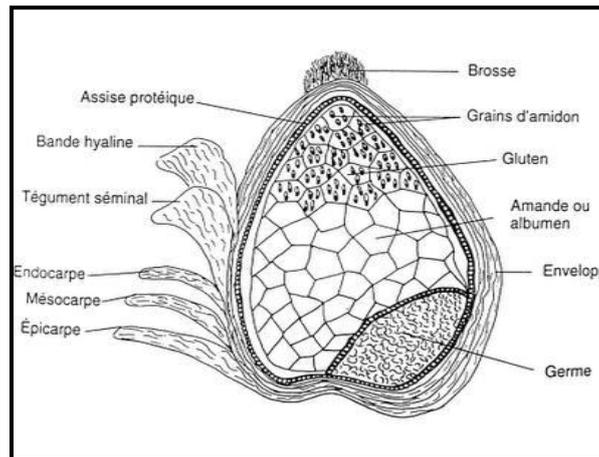


Figure 5: Coupe longitudinale d'un grain de blé (Nedjah, 2014).

1.4. Exigences agro-écologiques

1.4.1. Exigences en eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (Laib, 2011).

1.4.2. Exigences en températures

La température optimale est la température à partir de laquelle la croissance est considérée comme maximale pour le blé, elle est généralement de 20°C (Belahcene, *et al.*, 2008).

1.4.3. Exigences en sols

Le blé est une plante herbacée qui se développe dans les meilleures conditions dans des sols à texture limono-argileuse fine stable constituée d'une richesse suffisante en colloïdes et nécessite une bonne profondeur (Chellali, 2007).

1.4.4. Exigences en photopériode

Le blé nécessite une durée d'éclairement d'environ 12 heures/jours pour que les épis commencent à monter dans les tiges (Simon, *et al.*, 1989).

1.5. Les principales maladies du blé

Dans tous les stades de développement et dans tous les environnements naturels, les plants de blé sont sujets à des stress variés (biotiques et abiotiques) qui interfèrent avec le développement et la croissance normale (Ouffroukh, 2014).

Les principaux agents biologiques causant les maladies du blé sont : les champignons, les virus, les bactéries et les nématodes ; ces agents sont des parasites provoquant des maladies infectieuses transmissibles d'une plante à une autre (**Ouffroukh, 2014**).

1.5.1. Les maladies bactériennes

Les bactéries phytopathogènes sont le plus souvent disséminées par le vent, l'eau et les insectes. Elles se conservent dans la semence, les débris végétaux et dans le sol (**Zillinsky, 1983**).

Le blé peut être également sujet à l'attaque de certaines maladies bactériennes, parmi lesquelles, nous citerons principalement : la rayure bactérienne « *Xanthomonas translucens* » ; Bactériose des glumes « *Pseudomonas atrofaciens* » ; Brûlure bactérienne des feuilles « *Pseudomonas syringae* » et Brûlure bactérienne de l'épi « *Clavibacter tritici* » (**Zillinsky, 1983**).

1.5.2. Les maladies virales

Les maladies à virus des plantes sont la cause des pertes considérables de la production agricole mondiale. Les virus occasionnent chez les plantes des maladies persistantes et incurables. Elles sont généralement à manifestation insidieuse ; leurs attaques se manifestent dans la plupart des cas par une décoloration du feuillage, un nanisme, parfois dessèchement et mort des plants (**Ouffroukh, 2014**). Les maladies virales les plus importantes qui touchent le blé sont la mosaïque nanisante (BYDV/VJNO) ; Mosaïque du blé (WSBMV) et Mosaïque striée du blé (WSMV) (**Zillinsky, 1983**).

1.5.3. Les principales maladies fongiques du blé

Les maladies fongiques qui attaquant le blé peuvent être classées en trois groupes : les maladies telluriques habitant le sol qui sont responsables : particulièrement des fontes de semis, des pourritures racinaires, du piétin échaudage etc., les maladies transmises par les semences notamment les caries, les charbons et les maladies de l'épi et les maladies foliaires qui détruisent les tissus des feuilles en réduisant le rendement photosynthétique (**Tab.3**), (**Boulif, 2011**).

Tableau 3. Les principales maladies fongiques du blé (Ezzahiri, 2001 ; Jlibene, 2011 ; Belaid, 1996 ; El hadj Hammiche, 2013).

Nom des maladies	Agent causal	Symptômes
Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>	Formation de pustules de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains.
Rouille brune	<i>Puccinia recondita</i>	Présence de petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure des feuilles et par fois sur la face inférieure. En fin de saison, ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores).
Oïdium	<i>Erysiphe graminis f.sp.tritici</i>	Les premiers symptômes apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs.
Tache bronzée	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Taches nécrotiques ovales sur les feuilles. la présence d'une nécrose brune foncée au centre de la lésion chlorotique.
Caries	<i>Tilletia caries et Tilletia foetida</i>	Au stade de remplissage des grains, Un épi contaminé s'identifie à l'ouverture des grains par la présence de spores noires très volatiles à odeur de poisson pourri. Cette poudre altère l'aspect et la saveur de la farine qui devient immangeable.
Charbon foliaire	<i>Cochliobolus sativus</i>	L'apparition de longues stries pulvérulentes noires sur les limbes. Les plantes attaquées restent naines ou déformées.
Pourriture racinaire	<i>Cochliobolus sativus</i>	le symptôme le plus fréquemment observé est la coloration brune foncée des nœuds inférieurs ; sur les plantes âgées. Une infection par la fusariose peut produire une vraie pourriture du pied, ou la base de la tige devient brune et pourrie, ce qui entraîne l'émergence d'épis blancs, ce symptôme est très observé dans les saisons très sèches.
	<i>Fusarium culmorum</i>	
	<i>Fusarium graminearum</i>	
	<i>Fusarium avenaceum</i>	
Septoriose	<i>Zymoseptoria tritici</i>	Apparition de petites taches grises qui vont disparaître et présentent des colorations brunes ou des symptômes d'échaudage.

CHAPITRE 2. LES FUSARIOSES DU BLE

2.1. Généralités

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 sont 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)**.

2.2. Incidence économique de la maladie

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 milles grains. La présence des diverses espèces de *Fusarium* sur les grains peut réduire leurs qualités boulangères **(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 public et animale, liés à la présence de substances toxiques **(Symons et al., 2002)**.

La pourriture racinaire est répandue dans tous 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)**.

2.3. Symptomatologie

Les fusarioses sont des maladies qui peuvent attaquer les céréales du semis à la récolte, des racines aux épis (Caron, 2000) (Fig.6).

2.3.1. 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).

2.3.2. Sur épi et feuilles

- **Sur épi** : échaudage d'une partie ou de tout l'épi ; le champignon pouvant attaquer les glumes, 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 6: Symptômes de la fusariose

- A**-Symptômes de mycotoxines sur grains (Site 1);
- B**- Fusariose de l'épi chez le blé (site 2);
- C** - Fusariose sur collets (site 3);
- D**- Fusariose qui s'étend jusqu'au 1er nœud (site 4) ;
- E** –Fusariose racinaire (site4) ;
- F**-Jeunes symptômes de la bigarrure fusarienne provoquée par *F. nivale* sur feuille de blé (Zillinsky, 1983).

2.4. Cycle biologique

L'infection d'une plante par *Fusarium* peut avoir plusieurs origines :

- **Une origine biotique** dans le cas d'un oiseau ou d'un insecte qui transporterait des spores et les dissémineraient dans la nature.
- **Une origine abiotique** lorsque c'est le vent ou la pluie qui permet la dissémination des spores dans la nature (**Dorothee, 2013**).

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.

Les périthèces permettent au champignon de passer l'hiver sous cette forme de conservation. Lorsque des conditions favorables à l'ouverture du périthèce sont réunies, c'est-à-dire obscurité et humidité suffisante, les ascospores se diffusent dans l'air ce qui permet la colonisation des fleurs, de la tige voire des grains par ces ascospores (**Fig.7**). Le champignon

est alors sous sa forme sexuée *Gibberella*. Par la suite, les ascospores vont germer si l'humidité relative (HR) est supérieure à 85% et la température avoisine les 25-30°C. L'infection peut intervenir à différents stades de développement de la plante-hôte puisque la pénétration du champignon se fait par les zones dites sensibles, c'est-à-dire des ouvertures de tissus dues à la sénescence, par les anthères après la floraison, ou encore par le péricarpe, le champignon progressant entre lemme et palea (**Dorothee, 2013**).

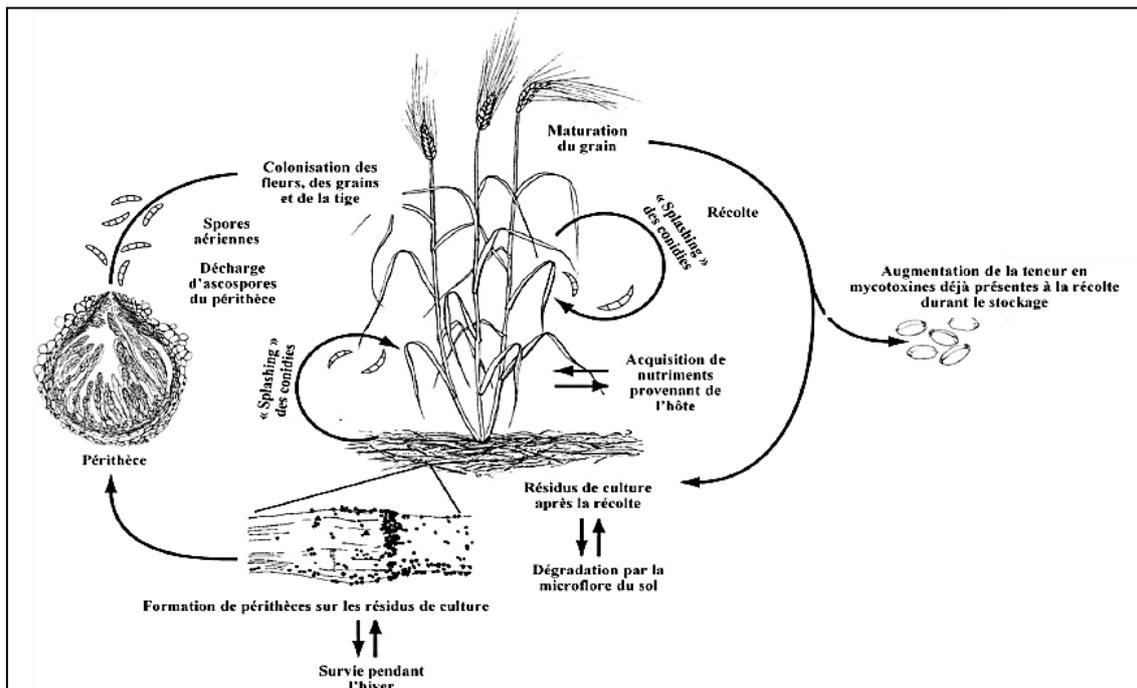


Figure 7: Cycle biologique de *Fusarium sp.* (Forme parfaite : *Gibberella*) sur céréales (Dorothee, 2013).

2.5. L'Infection

La période critique pour l'infection, qui correspond à la pénétration du champignon dans les tissus de l'épi, débute à l'épiaison et s'étend sur les quelques jours suivants. Pendant cette période, la pluie et l'humidité auront le plus d'impact sur le niveau d'infection. L'infection chez le blé a lieu principalement pendant la sortie des étamines (floraison, pollinisation ou anthèse) qui dure à peine quelques jours. Lorsque les conditions sont suffisamment humides, les spores présentes sur les étamines germent et produisent du mycélium qui se développe jusque dans la fleur où le grain en formation. De plus, à ce stade de développement, la fleur du blé est plus ouverte et sujette à l'invasion par le champignon. C'est à ce stade de développement du blé qu'une infection a le plus d'impact sur le rendement en grains (**Anonyme 3, 2017**).

2.5. Conditions de développement de la maladie

La sévérité de la fusariose est conditionnée par trois facteurs indépendants des champignons : Les facteurs climatiques, agronomiques et physiologiques de la plante hôte (**Bai et Shaner, 1994 In Siou, 2014**).

2.5.1. Les facteurs climatiques

La température et l'humidité sont responsables de 48 % de la variation dans la maladie. Le climat joue donc le rôle principal dans le développement de la maladie. Puisque nous n'avons pas d'influence sur la météo, l'emphase doit être mise sur les deux autres facteurs (**Mathieu et al., 2012**).

2.5.2. Les facteurs agronomiques

Ils jouent un rôle principalement dans la conservation de l'inoculum primaire. Ainsi, un précédent cultural sensible à la fusariose (maïs, blé, orge), infecté lors de son cycle, est une source potentielle d'inoculum pour la culture suivante via ses résidus. Egalement, le travail du sol augmenterait la dégradation des résidus en favorisant l'activité microbienne et donc limiterait la colonisation des résidus par *F. graminearum* (**Pereyra et al., 2004**).

2.5.3. Les facteurs physiologiques

La maladie dépend de la quantité d'inoculum présent dans le précédent cultural, qui détermine en partie l'inoculum présent, et dépend aussi de la sensibilité des plantes, de l'état de stress, du stade de développement, de la date et la durée de la floraison et du niveau de résistance de la variété (**Champeil et al., 2004**).

2.6. Aspects morphologiques et microscopique

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.8**). Les macroconidies falciformes, avec plusieurs septa transverses, une extrémité apicale crochue et une base pédicellée sont produites en basipétale (croissance à partir de la base) par les monophialides ou les sporodochia (agrégats de conidiophores) et sont accumulées en masse. Les

microconidies sont ellipsoïdes, ovoïdes, subsphériques, pyriformes, claviformes ou allantoïdiennes, généralement unicellulaires et présentent une base arrondie ou tronquée. Elles sont produites en séries basipétales sur des mono ou polyphialides et accumulées en petites têtes ou en chaînes. Les blastoconidies sont produites séparément sur des cellules polyblastiques et présentent de 0 à 3 septa. Des chlamydospores, souvent présentes, sont hyalines ou pâles, intercalaires ou terminales et possèdent une paroi épaisse (Ghorri, 2015).

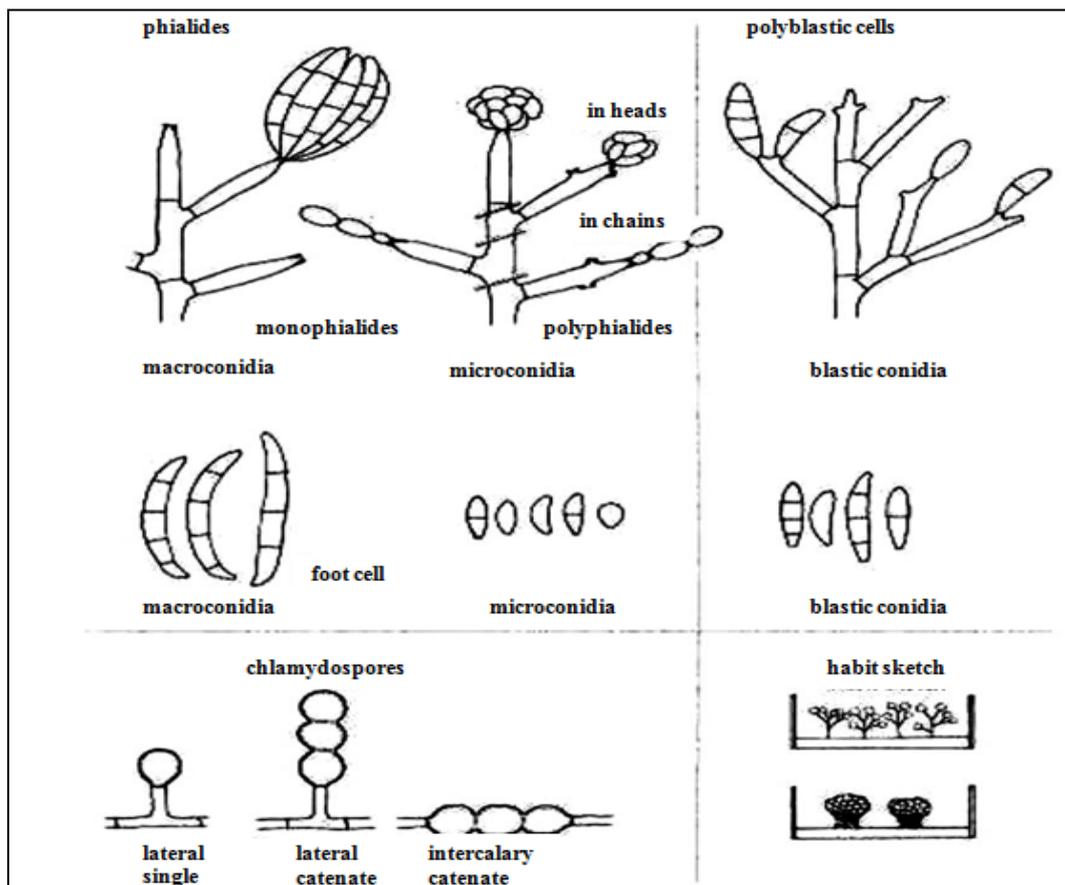


Figure 8: Terminologie pour décrire la morphologie du genre *Fusarium* (Ghorri, 2015).

2.7. 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. Les méthodes de lutte varient considérablement d'une maladie à une autre en fonction du pathogène, de la plante hôte, de leur interaction et des conditions de l'environnement. En plus de la quarantaine, ces méthodes peuvent être culturales, biologiques, génétiques, physiques et chimiques. L'intégration de toutes ces méthodes aboutit à la lutte intégrée (Nasraoui, 2006).

2.7.1. 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 concernée (**Ezzahiri, 2001**).

2.7.2. 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**).

2.7.3. Lutte chimique

La lutte chimique a pour but d'éviter l'apparition de la maladie (traitement préventif) ou de stopper la prolifération de la maladie (traitement curatif). La lutte doit être raisonnée en tenant compte de la période de traitement, du produit utilisé, de la dose à appliquer, du spectre d'action de la matière active et de la période de couverture (rémanence).

En agriculture, les fongicides sont utilisés pour détruire les champignons pathogènes qui s'attaquent aux cultures, aux semences et aux produits récoltés. Les molécules et les préparations fongicides utilisées dans la pratique agricole sont extrêmement nombreuses et appartiennent à des familles chimiques variées (**Bermond, 2002**).

a). Définition des fongicides

Les fongicides représentent l'ensemble des substances actives contre les champignons, certains chercheurs classent également dans cette catégorie, les produits ayant une action contre les bactéries, virus ou mycoplasme, c'est le groupe de pesticide le moins utilisé de part par le monde (**Simon et al., 1994 ; Rocher, 2004**).

Les fongicides sont des substances chimiques ou biologiques qui tuent ou neutralisent les champignons pathogènes, sont appelés aussi mycocides ou produits antifongiques, qui peuvent être de nature abiotique (produits chimiques) ou biotique (bactérie, champignon), les fongicides chimiques sont de loin les plus utilisés et sont le plus souvent de nature synthétique.

b). Principales familles chimiques utilisées en traitement des semences :

Plusieurs fongicides peuvent être appliqués pour le traitement de semences, à dose homologuée ou recommandée (dose maximale répondant aux exigences de la loi) qui est exprimée par quintal ou par kilogramme de semences et selon le type de traitement, en gramme de poudre ou en volume de bouillie par quintal (Couvreur, 2002).

➤ **Les dithiocarbamates (ex: mancozèbe, manèbe, thirame):**

Ils agissent comme agent multi-sites par blocage de plusieurs enzymes et coenzyme lors de la respiration (Couvreur, 2002 ; Regnault-Roger, 2005). Appliqués comme inhibiteur de la germination des spores (Regnault-Roger, 2005), du fait de leur faible persistance et s'utilisent à des doses élevées (Leroux, 2005).

➤ **Les benzimidazoles et les thiophanates (ex: le bénomyl, le thiophanateméthyle et le thiabendazole):**

Ils ont été les premiers fongicides systémiques polyvalents utilisés en céréaliculture. Ils inhibent la mitose du parasite. Les produits de dégradation de ces fongicides sont très stables et sont retrouvés intacts après des mois dans un végétal mort (Corbaz, 1990).

➤ **Les triazoles (ex : Tébuconazole et Difénoconazole):**

Ils ont été développés dans les années 1980, et agissent comme des IDM (demethylationinhibitors) de la biosynthèse des stérols des champignons (Görtz, *et al.*, 2008). Ils sont polyvalents, systémiques ou pénétrants et doués de propriétés curatives (Couvreur, 2002). Utilisés en traitement des semences, ils présentent un large spectre d'efficacité depuis les maladies conventionnelles des semences (fusariose, septoriose, carie) en passant par les maladies foliaires (oïdium, rouilles).

➤ **Fongicides agissant sur la transduction de signaux osmotiques**

Les phénylpyrroles sont dérivés d'une molécule naturelle, la pyrrolnitrine, qui est synthétisée par des bactéries du sol, notamment *Pseudomonas pyrocinia* (Rocher, 2004).

Pour des raisons économiques, seul le fludioxonil reste commercialisé à l'heure actuelle. Il est efficace contre un grand nombre de champignons parasites des plantes cultivées.

Sa principale utilisation concerne le traitement des semences où il est employé en association avec d'autres fongicides (tébuconazole, cyprodinil, difénoconazole, méfénoxam) pour lutter contre diverses maladies des céréales telles que la carie, les fusarioses, la septoriose ou encore l'helminthosporiose (**Rocher, 2004**).

c).Mode d'action des fongicides

Pour croître et se développer, un champignon a besoin de réaliser un certain nombre de fonction, en particulier il doit produire de l'énergie (la fonction de respiration fournit des molécules riches en énergie), avoir des échanges avec l'extérieur (le phénomène de perméabilité contrôle l'entrée et la sortie de l'eau et des substances nutritives à travers les membranes cellulaires). Il doit également produire certaines molécules indispensables à sa survie (**Simon *et al.*, 1994 ; Couvreur, 2002**). Selon (**Simon *et al.*, 1994**), les principaux modes d'actions vont avoir des conséquences sur ces différents processus. Ils relèvent de la manière dont ils affectent et contrôlent les champignons pathogènes.

Les fongicides ont pour rôle :

- De perturber la respiration (activer la respiration sans production d'ATP) ;
- D'empêcher la synthèse des parois et plus particulièrement les stérols qui sont des composés lipidiques essentiels aux membranes cellulaires du champignon ;
- D'empêcher la réalisation de la mitose chez certains champignons ;
- D'agir sur les précurseurs des acides nucléiques prenant la place des bases hétérocycles de l'ADN et de l'ARN (**Fig.9**).

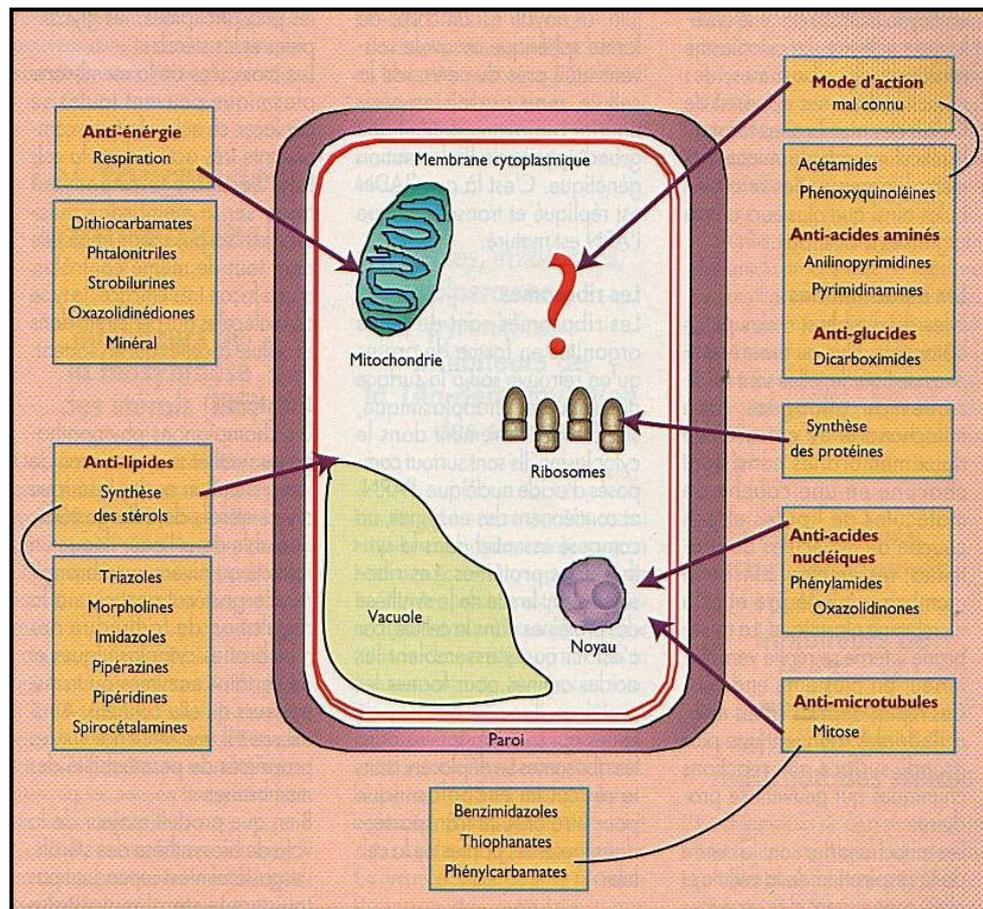


Figure 9: Modes d'action biochimiques des fongicides céréales (Couvreur, 2002).

2.7.4. La 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 levures des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* et *Cryptococcus* et de champignons du genre *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 ; Palazzini *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 *Gibberellazeae* (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.

D'autres chercheurs (**Bonanomi et al., 2010**) mènent des expériences sur différents types d'amendements organiques dans le but d'identifier les caractéristiques d'un amendement pouvant réduire le taux d'inoculum dans le sol, les communautés microbiennes sont parmi ces caractéristiques recherchées.

2.7.1. Le genre *Trichoderma*

Le terme « *Trichoderma* » a été introduit dans la mycologie en 1794 par Persoon. Il désigne des champignons microscopiques considérés durant 200 ans comme étant des «Gastéromycètes». Ces organismes cosmopolites appartiennent à un grand ensemble de champignons sans reproduction sexuée connue (**Ghorri, 2015**).

Les propriétés antagonistes des *Trichoderma* sont connues depuis longtemps puisque la première publication qui en fait mention date de 1887. Cependant, l'étude approfondie du phénomène d'antagonisme et de son application comme moyen de lutte à l'égard des parasites des plantes cultivées n'a débuté qu'entre les deux guerres mondiales. Les modèles étudiés s'intéressaient essentiellement aux parasites du sol mais déjà, en 1952, Wood signalait l'efficacité de *Trichoderma viride* pour contrôler *Botrytis cinerea* sur la laitue (**Caron, 2002**).

2.7.2. Morphologie des espèces de *Trichoderma*

Selon le CRCC, les colonies de *Trichoderma* sont laineuses, à croissance rapide, de couleur blanche, jaune-verte ou verte et les conidiophores sont hyalins, en touffes plus ou moins compactes. Ces cellules conidiogènes, qui sont solitaires ou groupées en verticille, peuvent être des chlamydospores (spores de résistance) souvent à paroi épaisse, terminales ou intercalaires (**Tabuc, 2007**). *Trichoderma* est un champignon qui porte un mycélium cloisonné bien ramifié et des conidies à forme conique ou pyramidale (**Fig. 10**) (**Bissett, 1998** *In Shahzad et al., 2013*).

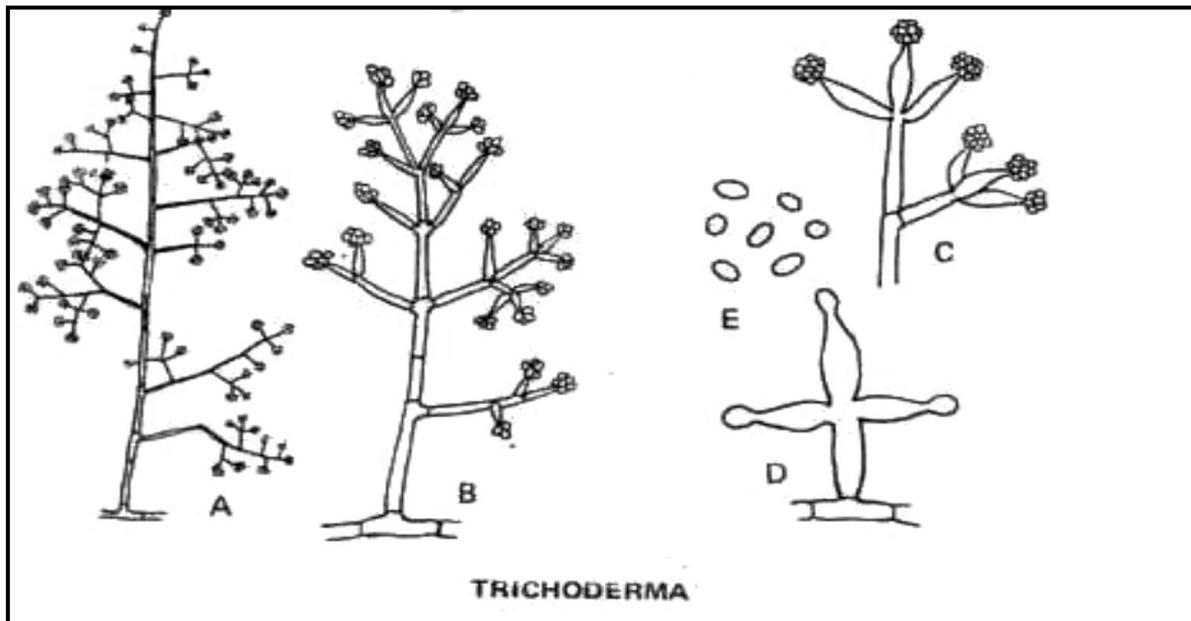


Figure 10: Morphologie de *Trichoderma* sp. :

A et B -Conidiophores grandes montrant une ramification vaste.

C et D -Phialides montrant la production de conidies.

E-Conidies(Barnett et Hunter, 1977).

2.7.3. Mécanismes d'action des *Trichoderma*

Trichoderma est sans conteste l'agent de lutte biologique fongique le plus étudié au niveau des mécanismes d'action. Plusieurs mécanismes ont été mis en évidence : la compétition, le mycoparasitisme, l'antibiose, l'induction de la résistance chez la plante et la stimulation de sa croissance. Ces mécanismes peuvent intervenir seuls, en association ou séquentiellement (Jijakli, 2003).

Matériels

Et

Méthodes

CHAPITRE 3. MATERIEL ET METHODES

Afin d'évaluer l'efficacité de trois formulations de fongicide de traitement de semences de blé et des métabolites secondaires d'une espèce *Trichoderma* indigène sur le développement de 4 isolats de *Fusarium sp.* notre travail s'étalera sur trois parties différentes complémentaires.

- Isolement des agents pathogène à partir du végétal infecté ;
- Evaluation de l'effet inhibiteur de 3 formulations antifongiques sur le développement des pathogènes isolés *in vitro*.
- Evaluation *in vitro* de l'effet antagoniste des métabolites secondaires du *Trichoderma sp.* Sur le développement d'un *Fusarium sp.* Isolé à partir de la graine.

3.1. Matériel biologique

3.1.1. Matériel fongique pathogène

Le matériel fongique pathogène a été obtenu par isolement à partir d'échantillon de plantes infectées présentant des symptômes types caractéristiques de la maladie issus des prospections réalisées dans la wilaya de Skikda par le personnel de l'INRAA – URC. Il s'agit d'échantillons de racines, du collet, et de grains.

3.1.2. Isolement et purification de l'agent pathogène

Les méthodes utilisées sont des techniques conventionnelles adoptées par l'INRAA Constantine.

La détection des symptômes caractéristiques de la maladie est réalisée visuellement sur des plants supposés infectés par l'agent pathogène : épis blanchâtre et stérile, brunissement du collet, l'apparition, sur la gaine de taches elliptiques).

L'isolement a été réalisé à partir de fragments de collet, de racines ainsi que de grains de blé présentant des symptômes caractéristiques de la maladie (**Fig.11 ; 12**).



Figure 11: Diagnostic visuel de la fusariose sur blé dur.



Figure 12: Echantillons pris de différentes parties d'une plante qui présente des symptômes de la maladie de la fusariose.

A : Epi renferme les grains présentant un jaunissement ;

B : Fragments de collet présentant un brunissement,

C : Racines.

3.1.2.1. Isolement du pathogène

Des petits fragments (1 cm) sont coupés et désinfectés à l'eau de Javel à 2% pendant 2 minutes (**Fig.13**) puis rincés trois fois à l'eau distillée stérile pendant 2 minutes à chaque fois.

Les fragments séchés en conditions d'asepsie sont par la suite mis dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA (Potato Dextrose Agar- annexe n° 1). Les boîtes sont par la suite incubées pendant 2 à 4 jours à 24 °C.

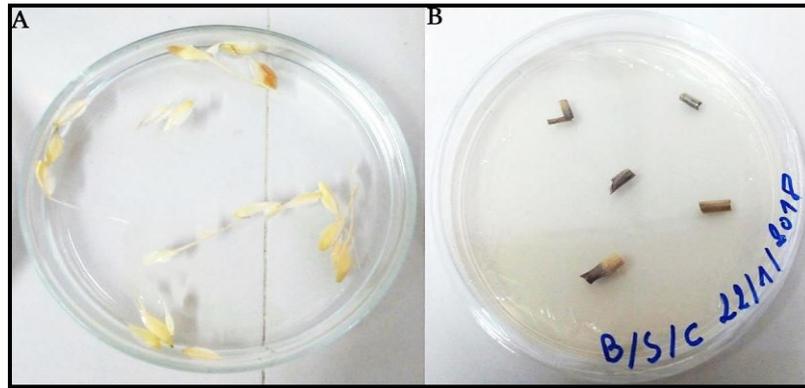


Figure 13: Isolement du *Fusarium*

A-Désinfection des échantillons ;

B-ensemencement sur PDA.

3.1.2.2. Purification

La purification est focalisée principalement sur les colonies dont l'aspect culturel est similaire à celui du *Fusarium sp.* Il s'agit donc de prélever un petit disque de mycélium, et de l'ensemencer aseptiquement au centre d'une boîte de Pétri contenant du PDA (**Fig.14**).



Figure 14: Purification du *Fusarium sp.* sur milieu PDA.

3.2. Caractérisation et identification des isolats de *Fusarium sp.*

3.2.1. Caractérisation macroscopique

La caractérisation macroscopique est réalisée à l'œil nu sur la base de certains caractères morphologiques tels, l'aspect aspect de la colonie fongique, son développement (cotonneuse, rasante, aérienne...) dans la boîte, la couleur des colonies, la couleur du verso de la boîte etc...

3.2.2. 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).

3.3. Essai de lutte chimique

L'objectif de cet essai est l'évaluation de l'effet inhibiteur de 3 formulations antifongiques sur le développement des pathogènes isolés *in vitro*. 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.

3.3.1. Gamme de pathogènes testés

Les isolats du pathogène utilisés « *Fusarium sp.* » dans cet essai sont au nombre de quatre isolés à partir de différentes parties du blé.

- F1 : Isolé à partir des grains (FG)
- F2 : Isolé à partir du collet (F.C.1)
- F3 : Isolé à partir du collet (F.C.2)
- F4 : Isolé à partir des racines (F.R)

3.3.2. Formulations antifongiques testées

Les formulations de traitement de semence présentes sur le marché testées sur la croissance mycélienne des 4 isolats de *Fusarium sp.* se présentent comme suit(**Tab.4**).

Tableau 4. Formulations antifongiques de traitement de semences (MADR 2, 2015).

Nom commercial	Matière active	Doses d'utilisation
ACIL 060 FS	TEBUCONAZOLE (produit générique)	50 ml/q
RAXIL 060 FS	TEBUCONAZOLE (Produit innovant)	50 ml/q
CELEST XTRA 050 FS	FLUDIOXONIL+ DIFENOCONAZOLE	200ml/q

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

La technique du test est réalisée suivant les étapes suivantes :

Un milieu PDA est préparé et maintenu à une température d'environ 60°C. Par la suite Les formulations sont filtrées à l'aide de microfiltres de 0,45 µm, afin d'éliminer des éventuelles contaminations (**Fig.15-A**) ; 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 Pétri (**Fig.15-B**); Les boîtes sont ensemencées avec les isolats de *Fusarium* et incubées par la suite à une température de 24°C sous lumière alternée (**Fig.16**). Les mesures de la croissance mycélienne sont réalisées sur une période de 10 jours.

L'essai est réalisé selon un dispositif à trois répétitions.

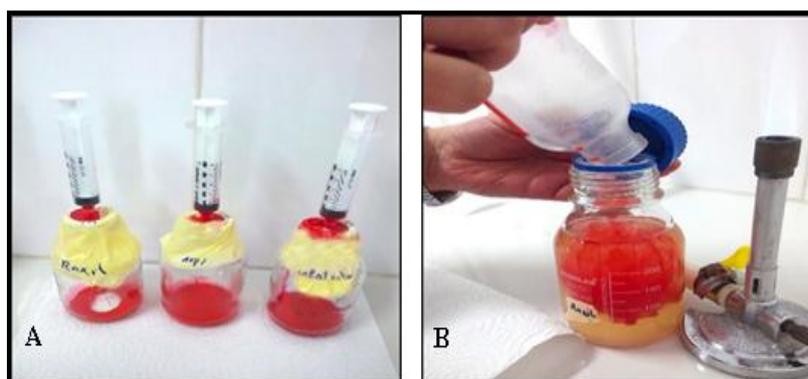


Figure 15: Filtration (A) et mélange (B) des antifongiques au milieu PDA.



Figure 16: Repiquage sur milieu PDA contenant l'antifongique.

3.3.4. Essai de l'évaluation de l'effet des fongicides sur l'inhibition de *Fusarium sp.* sur la croissance du coléoptile

Dans des Erlenmeyers contenant 100ml de bouillon de pomme de terre PDB (potato dextrose broth), 7 disques de 6mm de diamètre d'une culture de *Fusarium* (F.C.1) âgée de 7 jours sont ensemencés (**Fig.17-A**).

Le contenu de l'Erlenmeyer est ensuite incubé à 20°C sous agitation continue à 200rpm pendant 10 jours (**Fig.17-B**).

Au bout du 10^{ème} jours, le mycélium obtenu en culture liquide est récupéré pour être utilisé dans notre essai selon la démarche suivante :

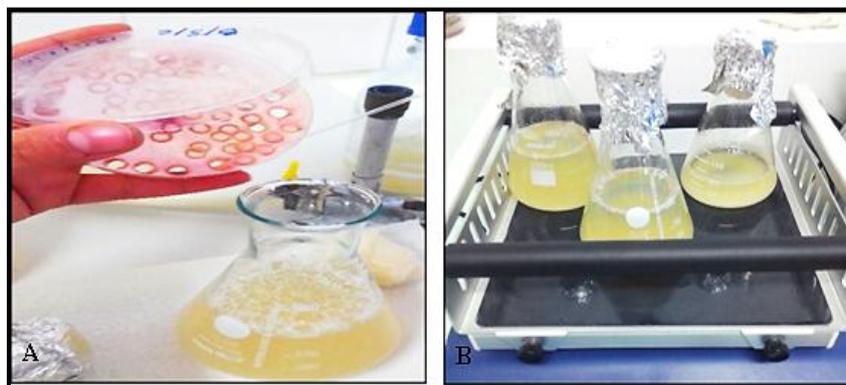


Figure 17: Ensemencement du PDB avec des disques de F.C.1 (A) ; incubation et agitation des Erlenmeyers (B).

Dans des boîtes de Pétri contenant les différents milieux avec les fongicides, le milieu est couvert d'un papier buvard préalablement stérilisé, ce dernier est imbibé par la culture liquide du *Fusarium* (**Fig.18**). Les témoins sont imbibés avec de l'eau distillée stérile.

Les grains (05) de blé dur désinfecté à l'eau de Javel à 2% pendant 2 minutes, puis rincés trois fois à l'eau distillée stériles pendant 2 minutes à chaque fois, sont par la suite disposés aseptiquement à la surface de la culture (**Fig.19**).

Au bout de 4 jours d'incubation à 24°C, les mesures de la longueur du coléoptile sont réalisées.

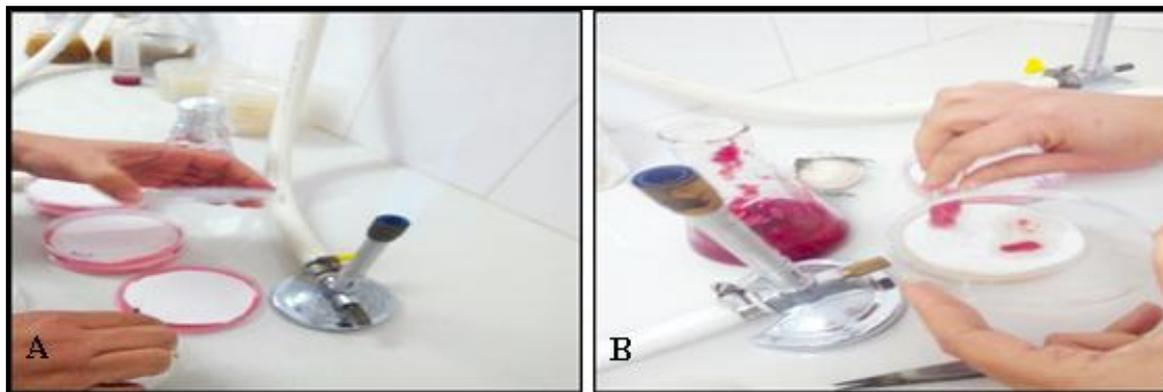


Figure 18: milieu recouvert de papier stérile (A) et imbibition du papier par la culture liquide du *Fusarium* (B).



Figure 19: Grains disposés sur papier buvard imbibé de culture.

3.4. Essai de lutte biologique

L'isolat de *Trichoderma sp.* est fourni par l'INRAA-URC.

Dans des Erlenmeyers contenantant 200ml de bouillon de pomme de terre PDB (potato dextrose broth), 10 disques de 6mm de diamètre de *Trichoderma sp.*, issus d'une culture de 7 jours sont ensemencés (**Fig.20**).

Le contenu de l'Erlenmeyer est incubé à 20°C sous agitation continue à 200 rpm pendant 10 jours(**Fig.20**), 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 $0,2\mu\text{m}$ 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 aux concentrations de l'ordre de 50%, 25% et 12, 5%. Par la suite le milieu est coulé dans les boites de Pétri puisensemencé avec les isolats (F.C.2). La mesure de la croissance mycélienne est effectuée pendant à l'aide d'une règle 10 jours.

L'essai est réalisé selon un dispositif en randomisation à 3 répétitions.



Figure 20: Culture liquide de *Trichoderma sp.*

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

CHAPITRE 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Résultats

4.1.1. Isolement et identification de la flore fongique

Au cours des différents isolements effectués sur les différentes parties de la plante (grains, collet, et racines du blé dur (var : Cirta) plusieurs genres 05 de champignons dont des *Fusarium* sont été obtenues.

4.1.1.1. Aspect macroscopique et microscopique des genres obtenus

➤ *Alternaria alternata*

Au point de vue macroscopique les colonies de cette souche identifiée, montrent une croissance rapide sur le milieu PDA. Elles sont de couleur verdâtre au départ puis deviennent rapidement plus foncée (**Fig.21-A**). L'étude microscopique montre la présence d'hyphes septés, certains filaments sont pigmentés en brun. Les conidies sont cloisonnés, bruns, pluricellulaires, d'aspect piriformes ou ovoïdes avec une partie basale arrondie et une extrémité apicale allongée en bec plus ou moins important (**Fig.21-B**).

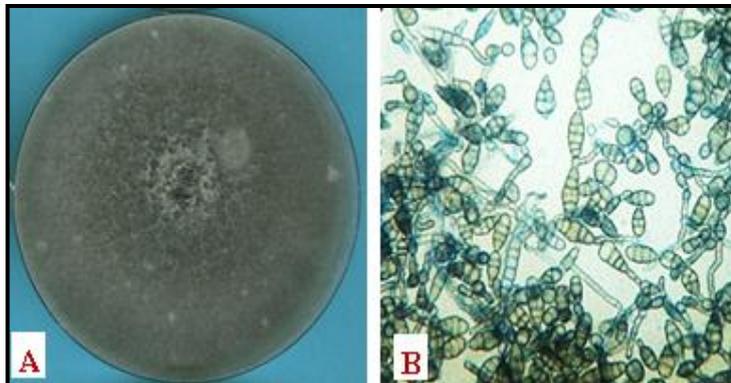


Figure 21: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'*Alternaria alternata*

➤ *Aspergillus niger*

Les colonies de cette espèce ont une couleur noirâtre et les conidies sont globuleuses et brunes (**Fig.22-A**), parfois légèrement aplaties. Les phialides sont plus ou moins allongées, présentant plusieurs sites de bourgeonnement (polyphialides) (**Fig.22-B**).

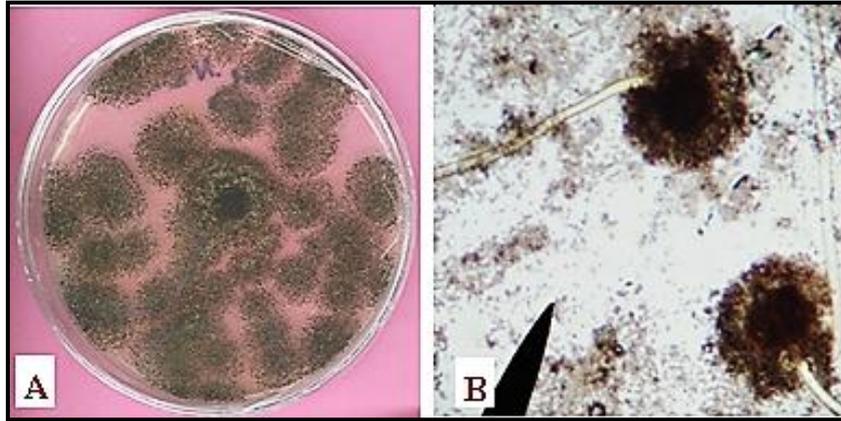


Figure 22: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) d'*Aspergillus niger* (G : 10×40).

➤ *Penicillium sp.*

Les colonies de ce genre apparaissent de couleur vert bleuâtre et d'aspect velouté (Fig.23-A), Les phialides sont ampulliformes et les conidies sont de formes ovoïdes ou sphériques (Fig.23-B).

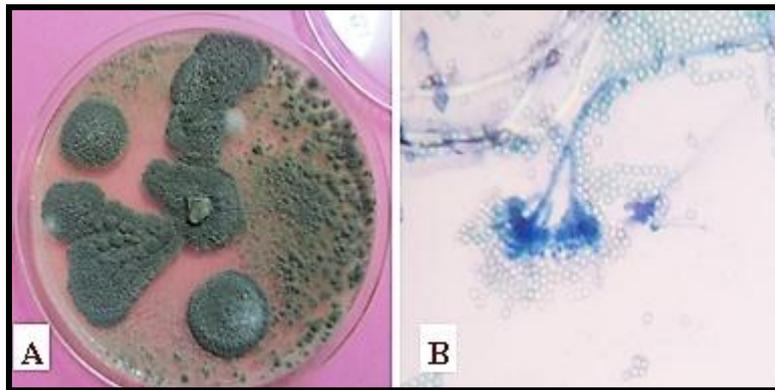


Figure 23: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Penicillium sp.* (G×40).

➤ *Rhizopus sp.*

Les colonies du *Rhizopus sp.* sont à croissance très rapide et extensive, ont une texture cotonneuse. Les colonies, blanches au départ, deviennent grises et foncées en vieillissant (Fig.24-A). Les sporocystophores bruns sont isolés ou disposés en bouquets (Fig.24-B).

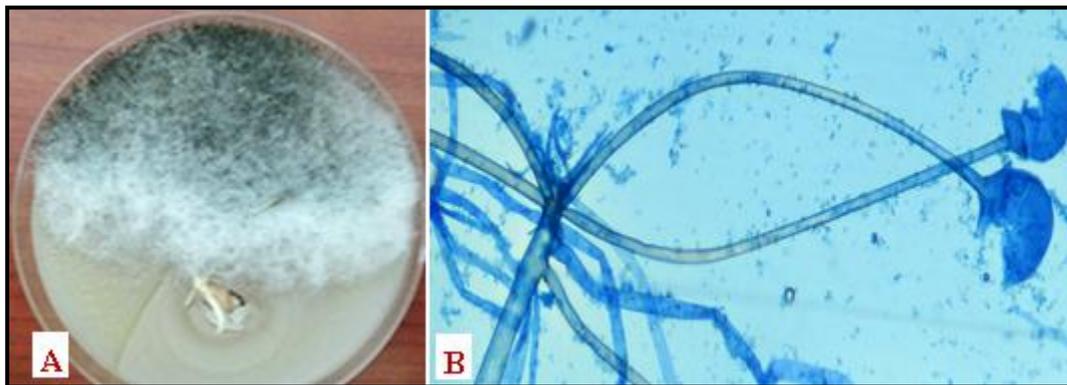


Figure 24: Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Rhizopus sp.* (Gx40).

➤ *Fusarium sp.*

Quatre isolats de *Fusarium sp.* ont été isolés, l'un issu de la graine, deux du collet, et un dernier d'origine racinaire. La description culturale des quatre isolats a révélé des colonies à croissance rapide. Une variabilité culturale est essentiellement basée sur la pigmentation des colonies et leurs aspects (Fig.25).

➤ *Fusarium* isolé à partir des grains

Cet isolat (*Fusarium*) forme des colonies duveteuses de couleur blanche (A1), avec un revers légèrement jaunâtre (B1), les macro-conidies fusiformes et cloisonnées sont abondantes en revanche les micro-conidies sont absentes (C1).

➤ *Fusarium* isolés à partir du collet

Deux isolats ont été identifiés l'un (F.C.1) de couleur rosâtre à blanchâtre, le mycélium est cotonneux (A2), observé au revers la boîte est de couleur rougeâtre (B2). Les macro-conidies sont fusiformes, cloisonnées, et légèrement arrondies (C2). Le second (F.C.2) forme des colonies blanchâtres duveteuses (A3) avec un revers incolore (B3).

➤ *Fusarium* isolé à partir de la racine

La culture est duveteuse ou cotonneuse de couleur rosâtre à blanchâtre (A4) et un revers rouge (B4).

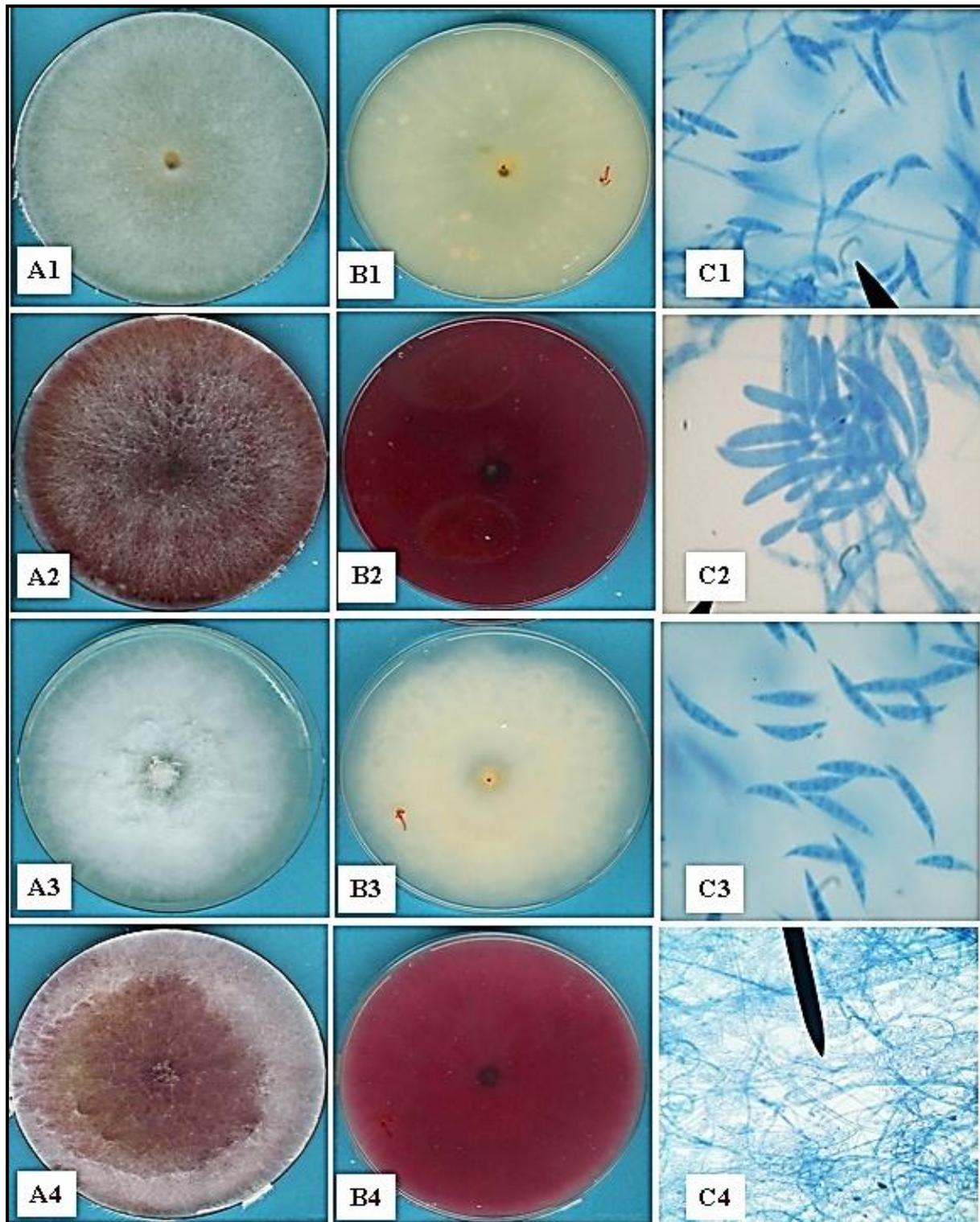


Figure 25 : Caractérisation des isolats du *Fusarium sp.*, aspect cultural recto (A1, 2, 3 et 4) ; verso (B1, 2, 3 et 4) et observation microscopique (C1, 2, 3 et 4) respectivement de :

- FG :** Isolé à partir des grains
- F.C.1 :** Isolé à partir du collet
- F.C.2 :** Isolé à partir du collet
- F.R :** Isolé à partir des racines

➤ *Trichoderma sp.*

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**). Le verso reste incolore.

Sur les hyphes septés hyalins apparaissent des petits conidiophores bien différenciés simples ou ramifiés. Ils portent des phialides, également de petite taille, en forme de quilles renflées à leur base, solitaire ou groupées par 3, les phialides sont fixées à angle droit sur les conidiophores (**Fig.26- B**).

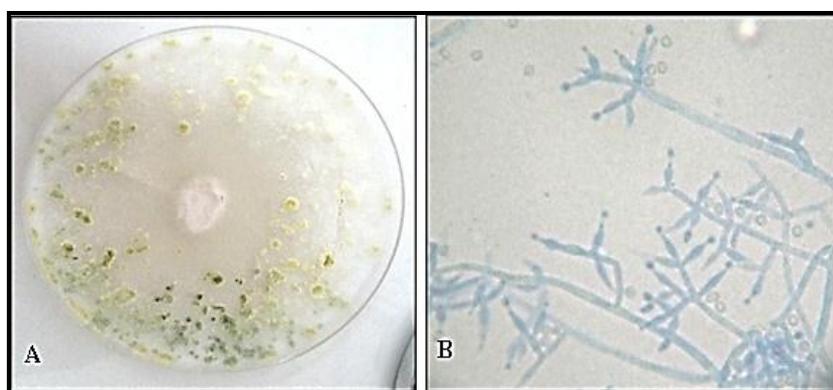


Figure 26 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Trichoderma sp.*

4.1.2. Résultats de l'essai de lutte chimique

Les mesures de la croissance mycélienne du pathogène (*Fusariums*) nous a permis d'évaluer l'inhibition du développement des quatre isolats de *Fusarium sp.* Exercée par les trois formulations fongicides utilisées, Raxil (tébuconazole - innovant), Acil (tébuconazole-générique), et Celest (fludioxonil+ difenoconazole).

4.1.2.1. Comparaison entre les quatre isolats de *Fusarium* testés en fonction des formulations antifongiques

➤ **Effet du Raxile sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp.***

Les résultats révèlent l'effet inhibiteur du Raxil sur la croissance mycélienne des quatre isolats de *Fusarium* au bout du 10^{ème} jour. L'isolat *Fusarium* (grains/F.G) révèle une certaine résistance à cette formulation (32 mm) suivie de *Fusarium* (collet/F.C.2) (24 mm). En revanche les isolats *Fusarium* (collet/F.C.1) (13,66 mm) et *Fusarium* (racinaire/F.R) (10,66 mm) apparaissent les plus sensibles à la formulation (**Fig.27**).

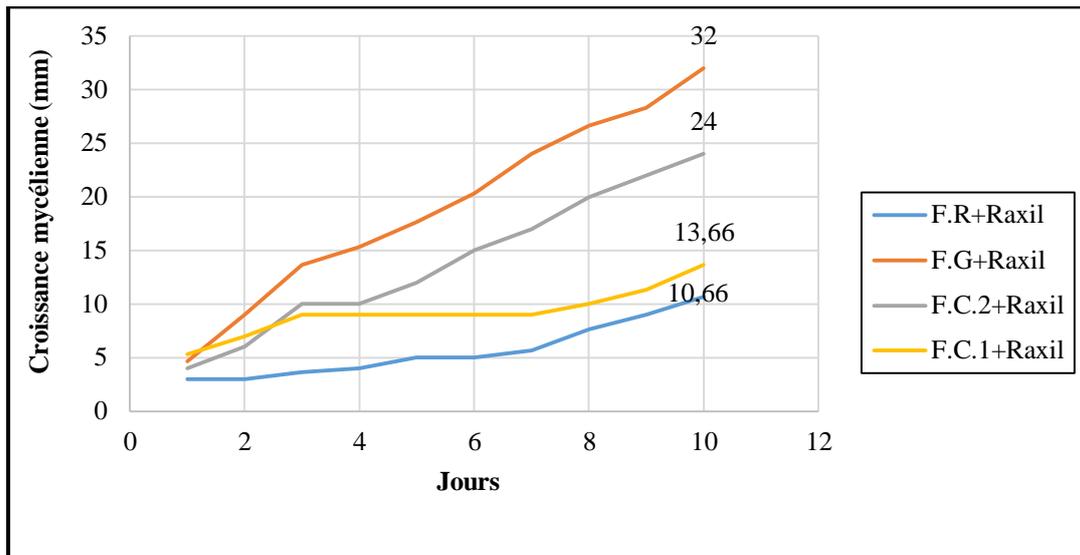


Figure 27 : L'effet du Raxil (tébuconazole innovant) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du *Fusarium sp.*

➤ Effet de l'Acil sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp.*

Les résultats révèlent l'effet inhibiteur de l'Acil sur la croissance mycélienne des quatre isolats de *Fusarium* au bout du 10^{ème} jour. L'isolat F.G révèle une résistance à cette formulation (38 cm), en revanche F.C.2 est le plus sensible à la formulation (21mm). Les isolats F.C.1 (29,66 mm) et F.R (34mm) ont une croissance modérée (Fig.28).

En comparaison avec les résultats du Raxil, bien que les deux formulations soient composées de la même matière active (Tébuconazole), le Raxil a un effet inhibiteur supérieur à celui de l'Acil sur la majorité des isolats testés.

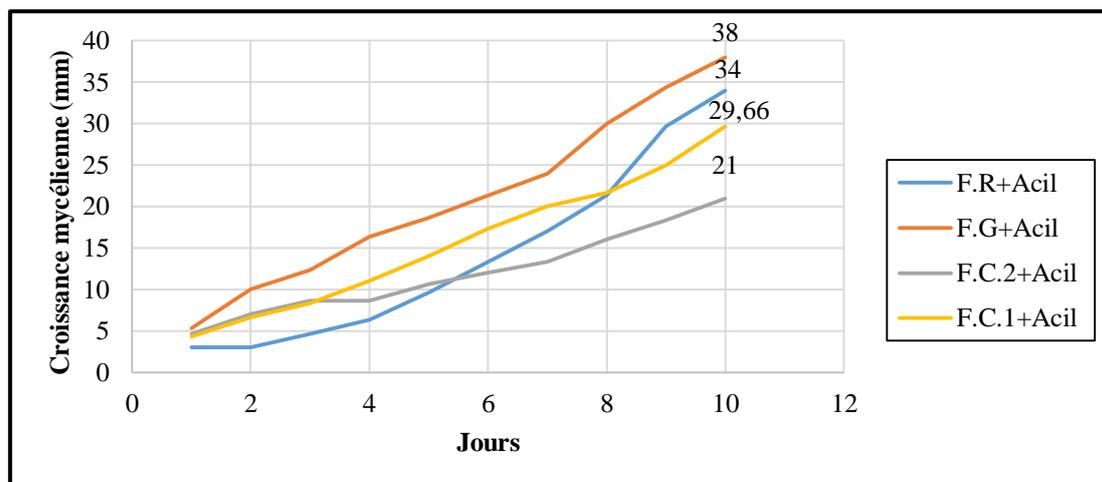


Figure 28 : L'effet de l'Acil (tébuconazole générique) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du *Fusarium sp.*

➤ **Effet de Celestxtra sur la croissance mycélienne du *Fusarium sp.***

Les résultats révèlent l'effet inhibiteur du Celest xtra sur la croissance mycélienne des quatre isolats de *Fusarium* au bout du 10^{ème} jour. L'isolat F.R (4 mm) et F.C.1 (5,66 mm) révèlent une sensibilité accentuée à cette formulation. Les isolats F.C.2 et F.G sont les moins inhibés de la gamme avec 9 et 10 mm de croissance respectivement (**Fig.29**).

Le Celest xtra est la formulation la plus inhibitrice des trois formulations testées.

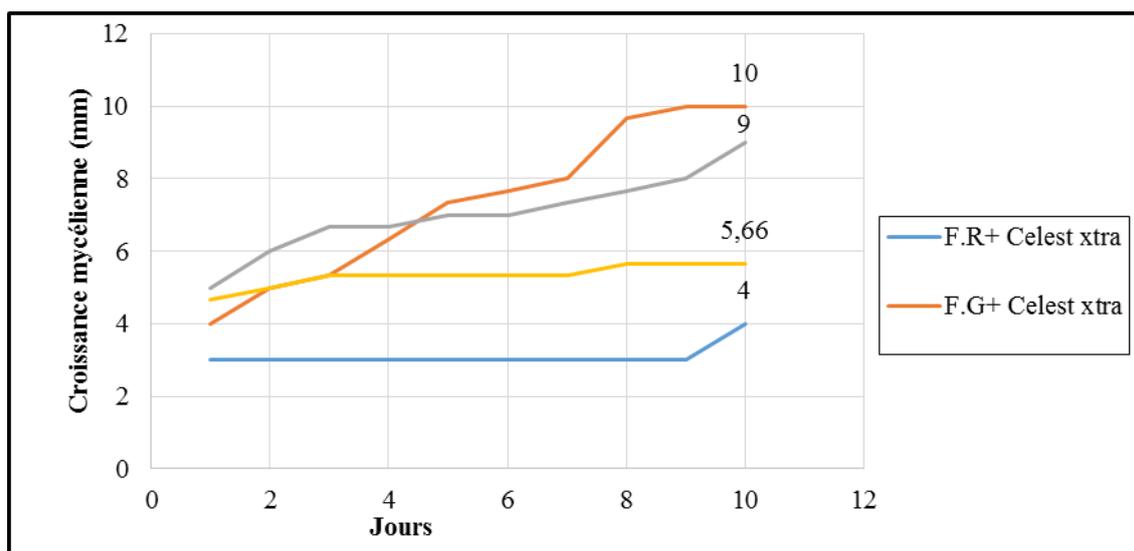


Figure 29 : L'effet du Celest xtra (Difénoconazole+Fludioxonil) sur la croissance mycélienne des quatre isolats du *Fusarium sp.*

4.1.2.2. Comparaison entre les trois formulations antifongiques en fonction des isolats de *Fusarium*

Les trois formulations ont un effet inhibiteur sur la totalité des isolats de *Fusarium sp.* la formulation la plus efficace est constituée de difénoconazole et fludioxonil. L'efficacité des deux formulations contenant du tébuconazole est rapprochée, néanmoins le Raxil présente de meilleurs résultats que l'Acil (**Fig.30 et 31**).

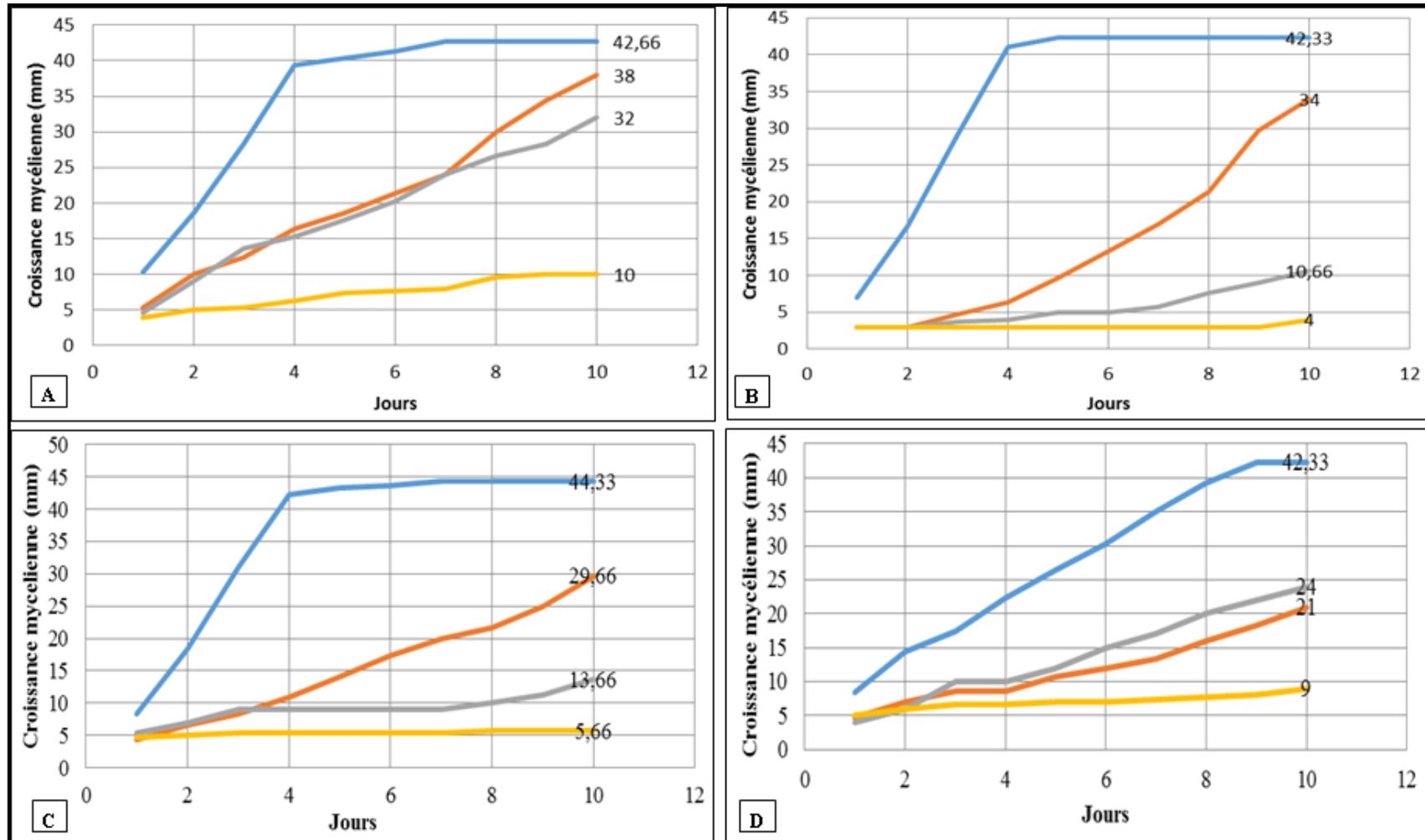


Figure 30: Comparaison entre les trois formulations antifongiques en fonction des isolats de *Fusarium*. (A) F.G ; (B) F.R ; (C) F.C.1 ; (D) F.C.2. Témoin : bleu ; Raxil : gris ; Acil : orange ; Celes txtra : jaune.

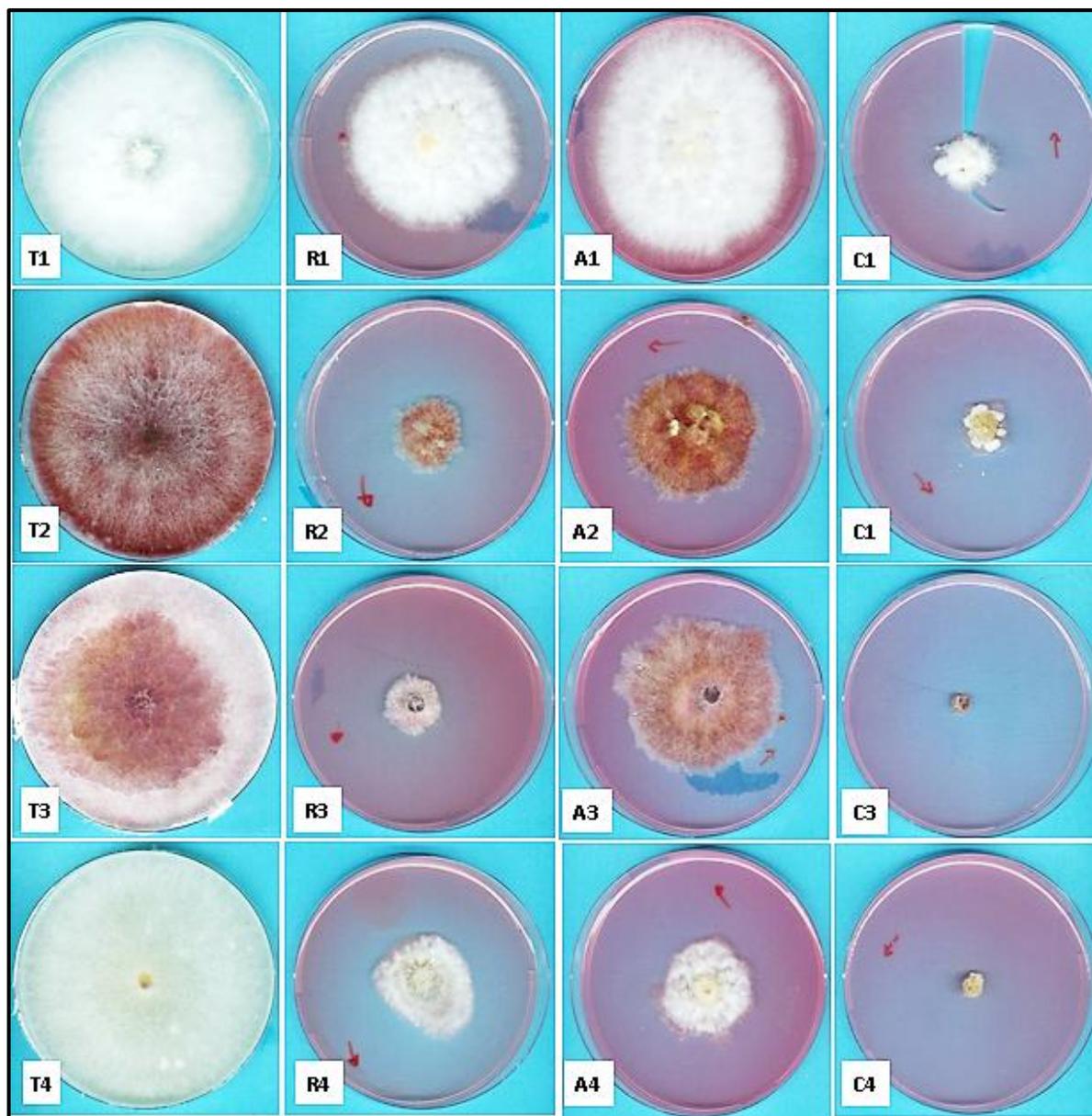


Figure 31: Comparaison entre les trois formulations antifongiques en fonction des isolats de *Fusarium*.

(T) Témoin ; (R) Raxil ; (A) Acil ; (C) Celest -xtra.

(1)F.C.2 ; (2) F.C.1 ; (3) F.R ; (4) F.G

4.1.2.3. Essai de l'évaluation de l'effet des fongicides sur l'inhibition de *Fusarium sp.* sur la croissance du coléoptile

Les résultats obtenus dans cet essai confirment les résultats de l'essai « évaluation de la croissance mycélienne ». En effet au bout du 4^{ème} jour d'incubation les boîtes témoins inoculés par F.C.1 montrent des grains totalement envahies par le mycélium du pathogène ce qui a empêché la germination et l'apparition du coléoptile. Le témoins sans inoculation du pathogène révèle le meilleur développement du coléoptile.

Les moyennes les plus élevées de croissance du coléoptile est celle de Celest xtra suivie par Raxil, l'Acil se trouve en dernière position (Fig.32).

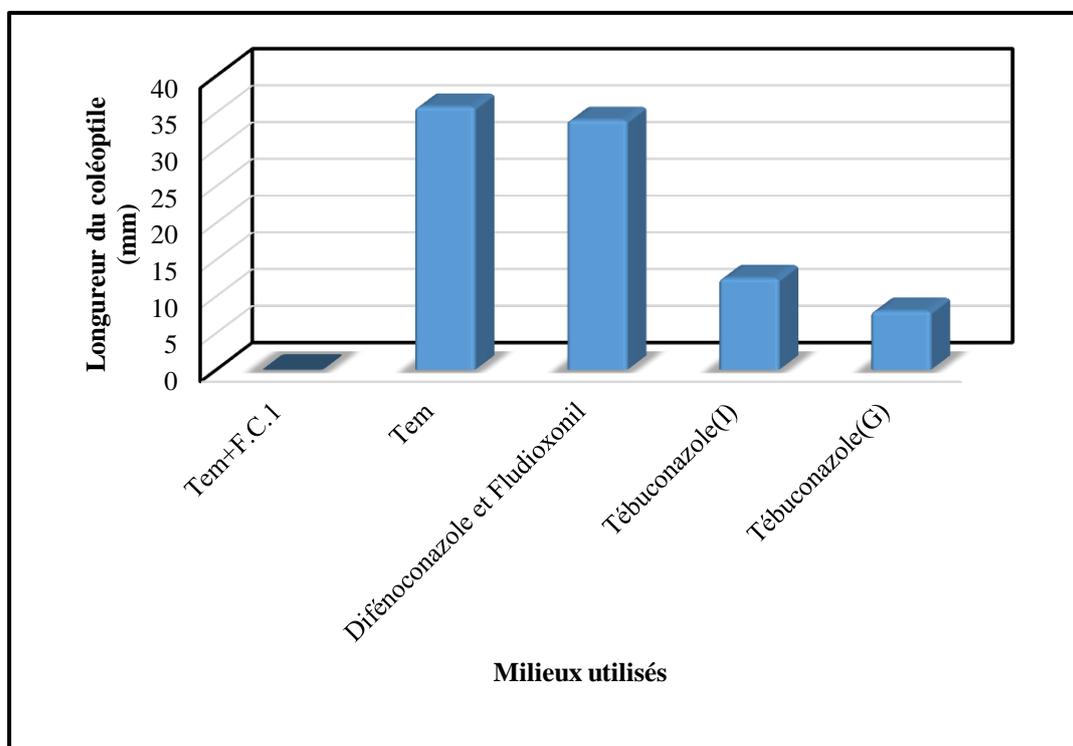


Figure 32 : Evaluation de la longueur du coléoptile en fonction de la formulation antifongique.

4.1.3. Résultats de la lutte biologique

Cet essai révèle l'effet inhibiteur des métabolites secondaires de l'isolat de *Trichoderma*. En effet et selon les concentrations la croissance mycélienne est remarquablement inhibée. La concentration la plus efficace est 50% de métabolites secondaires dans le milieu. Néanmoins la concentration 25% a permis une inhibition d'environ 25,5 mm de croissance et celle de la concentration 12,5% est d'environ 10,5 mm de croissance (Fig.33 et 34).

La dose 50% révèle des résultats similaires à ceux du Celest xtra en lutte chimique.

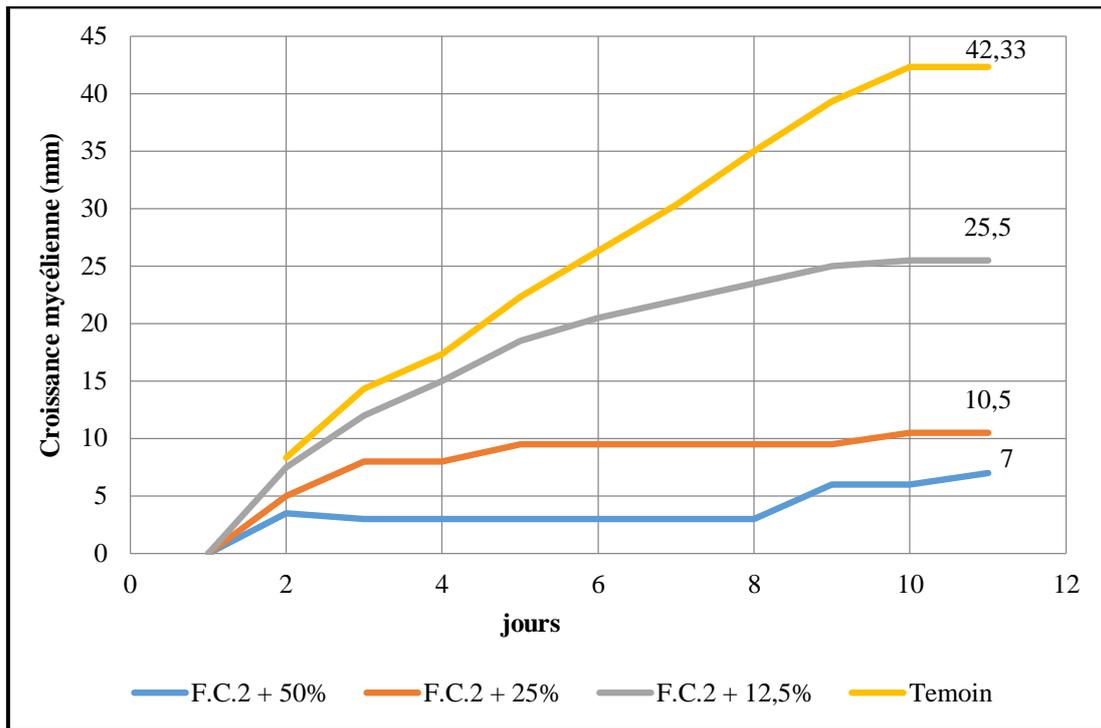


Figure 33 : Evaluation de l'effet des métabolites secondaires de *Trichoderma sp.* sur l'isolat F.C.2 du *Fusarium*



Figure 34: Evaluation de l'effet des métabolites secondaires de *Trichoderma sp.* sur la croissance mycélienne de l'isolat F.C.2 du *Fusarium sp.*

4.2. Discussions

Les résultats de l'isolement et l'identification de la flore fongique issue des grains, montrent que la mycoflore est diversifiée, des genres de champignons majeurs peuvent être issus du champ comme « *Alternaria*, *Fusarium* et *Rhizopus* » ou de stockage tel que « *Aspergillus* et *Penicillium* ». L'apparition de ces genres de champignons dans les céréales a été signalé dans plusieurs études à travers de nombreux pays, en Europe en Afrique du Sud, dans les pays voisins et en Algérie (Aoues *et al.*, 2017).

Les différents isollements de *Fusarium* effectués à partir des plantes de blé dur, a permis l'obtention des 4 isolats fongiques de différentes étages végétatifs (grain, entre nœud, collet, et racine). En effet, (Bayaa et Erskine, 1998) et (Summiaya, 2010) ont prouvé dans leurs recherches que les champignons phytopathogènes peuvent infecter n'importe quelle partie de la plante.

Notre étude a démontré que les différentes formulations ont été efficaces, En effet, la vitesse de la croissance mycélienne des isolats de *Fusarium* a été ralentie mais avec des degrés différents. Il a été observé dans notre essai que la formule Celest xtra contenant (fludioxonil et difenoconazole) a été nettement plus efficace, ce qui concorde avec le programme (Arvalis, 2017), qui conseille cette formulation contre les fusarioses. Tandis que les formulations Raxil et Acil composés de la même matière active (tébuconazole) a montré une efficacité modérée *in vitro* et cela peut s'étendre aux champs par le phénomène de résistance aux fongicides que les souches pathogènes ont pu développer au bout de plusieurs années de traitement de la même matière active (Arvalis, 2014).

Les résultats obtenus au cours de l'étude qui implique l'effet *Fusarium* sur le coléoptile montre que ce dernier entrave le développement du coléoptile d'une façon remarquable, et rejoignent les travaux de Abdallah (2013).

Les résultats sur l'effet des fongicides *in vitro*, ont montrés un effet inhibiteur sur développement du *Fusarium* et par le même occasion un effet bénéfique sur la croissance du coléoptile, avec une amélioration de la germination des grains, ce qui a était semblable au premier test, avec l'efficacité du Celest xtra suivie du Raxil et l'Acil.

Le test d'antagoniste de *Trichoderma* contre le *Fusarium* montre une inhibition de la croissance du mycélium ce qui confirme son pouvoir antifongique. En fait, le phénomène d'antagonisme est mis en jeu par différents mécanismes tel que le mycoparasitisme qui est largement exploité en lutte biologique (De la cruz *et al.*, 1995 ; Benhammou et Chet, 1996 ;

El-Gali, 2015). Ce phénomène se passe lorsque les hyphes de *Trichoderma* s'enroulent autour du champignon phytopathogène (**Ezziyani et al., 2004**), Un autre mécanisme est assuré par la sécrétion de métabolites volatiles et diffusibles (**Berber et al., 2009**) qui provoquent la lyse du mycélium et des spores du phytopathogène. (**Moayedi et Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, 2010; Elad et al., 1979**). Dans notre cas c'est le dernier mécanisme qui est impliqué.

Conclusion

Et

Perspective

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Les maladies cryptogamiques du blé dur, et particulièrement la fusariose, constituent l'une des principales causes de pertes de rendement en Algérie.

Cette étude a permis d'identifier et d'étudier la croissance *in vitro* de quelques isolats de *Fusarium* obtenus à partir des plants de blé dur (var : Cirta), issus de prospections de l'URC, présentant les symptômes typiques de la fusariose.

Le blé dur est exposé aux attaques de plusieurs bioagresseurs qui peuvent diminuer la qualité et le rendement de cette culture. Les champignons constituent les principaux agents parmi ceux-ci. *Alternaria*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Aspergillus* et *Penicillium* sont fréquemment rencontrés.

Les formulations chimiques antifongiques testées, Celest xtra a eu un effet inhibiteur total sur le développement de la croissance mycélienne. Néanmoins, les matières actives Raxil (tébuconazole - innovant), et Acil (tébuconazole - générique) ont eu un effet modérément inhibiteur par rapport à autre formulation composée au niveau du test *in vitro*. Cela peut être expliqué par une résistance vis-à-vis aux fongicides.

Dans cette étude, l'isolat du *Fusarium* issu du blé dur a montré une nette sensibilité à la souche antagoniste *Trichoderma*. Les résultats obtenus à la dose 50% de métabolites secondaires dans le milieu ont été semblables aux résultats du Celest xtra en lutte chimique.

Ce travail contribue à la connaissance de la protection du blé contre les maladies. Il serait intéressant de poursuivre ce travail afin de connaître les formulations les plus efficaces contre la fusariose « *in situ* », afin de connaître les souches qui présentent des résistances vis-à-vis des formulations antifongiques.

Afin de valoriser au maximum les résultats de la lutte biologique. Il serait intéressant aussi d'avoir la possibilité de les introduire dans un programme de lutte intégrée des cultures dans le but de diminuer l'utilisation des produits chimiques.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

1. **Abdallah N., 2013.** Complexe fongique pourriture racinaire et fusariose de l'épi : Etude pathologique et lutte biologique avec *Trichoderma atroviride* P. Karsten. Mém. Maj. Agr. El-Harrach. 169 pages.
2. **Alain A., Françoise D., Jean-Michel F., Gillot Christophe L., Paul L., Thierry P., et l'ensemble des adhérents de l'ABDD., 2004.** *Les bases de la culture.* Fiche technique blé dur. Arvalis. 3pages.
3. **Anonyme 1, 1981.** *Larousse agricole.* Edition Larousse. Publié sous la direction de Jean M Clément. 171-253 pages.
4. **Anonyme 2, 2017.** Les mosaïques du blé dur. *ARVALIS Institut du Végétal.* Paris.
5. **Anonyme 3, 2017.** La fusariose chez les céréales. RAP Grandes cultures 2017 *Bulletin d'information* 6, 2 pages.
6. **Aoues K., Boutoumi H., et Benrima A., 2017.** Etat phytosanitaire du blé dur local stocké en Algérie. *Agrobiologia.* 292 Pages.
7. **Bai G. et Shaner G., 1994.** Scab of wheat: Prospects for control. *Plant Disease* 78, 760–766 pages.
8. **Bayaa B. et Erskine W., 1998.** Diseases of lentil. In : Allen DJ, Lenné JM, eds. *The pathology of food and pasture legume.* CAB International. 423-71 pages.
9. **Belaid Dj., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publications Universitaires. 203 pages.
10. **Benhammou N. et Chet I. ; 1996.** Parasitism of Sclerotia of *sclerotiumrolfsii* by *Trichoderma harzianum*: Ultrastructural and Cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology*, 86: 405-416 pages.
11. **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 de *bipolaris* pathogènes sur le sorgho. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 93-114 pages.

12. **Bermond A., 2002.** *Larousse agricole*. Edi Mathilde Majorel. Edition Larousse. 767 pages.
13. **Bissett J. et Lilliana H.C., 2011.** Biodiversity of *Trichoderma* in Neotropics. The Dynamical Processes of Biodiversity - Case Studies of Evolution and Spatial Distribution, PhD Oscar Grillo, 303-320 pages.
14. **Bonanomi G., Antignani, V., Capodilupo M. et Scala F., 2010.** Identifying the characteristics of organic soil amendements that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology and Biochemistry* 42 : 136-144 pages.
15. **Booth C., 1985.** The genus *Fusarium*. Ed. Commonwealth Mycological Institute. 237 pages.
16. **Boulif M., 2011.** Gestion intégrée des maladies du blé. Documentation d'appui. ENA de Meknès. 12 pages.
17. **Burgess LW., Summerell BA., Bullock S., Gott KP., Backhouse D., 1994.** Laboratory manual for *Fusarium* research, 3rd ed. University of Sydney, Sydney, Australia.
18. **Cahagnier B., 2001.** Céréales et mycotoxines. Généralités, présences, dosage. *Industrie des céréales* 122 : 22-29 pages.
19. **Caron D., 1993.** Les fusarioses. *ITCF*. Paris. 30- 39 pages.
20. **Caron D., 2000.** Fusarioses des épis, Sait-on prévoir leur développement. *Perspectives Agricoles* Janvier 2000, 56-62 pages.
21. **Caron J., 2002.** Le pouvoir antagoniste de *Trichoderma*. Conférence présentée lors des journées horticoles régionales à St-Rémi.
22. **Champeil A., Doré T. et Fourbet J.F., 2004.** *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science* 166, 1389- 415 pages.
23. **Chehat F., 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM
24. **Chellali B., 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.

25. **CIC., 2018.**Conseil international des céréales. Rapport marché des céréales.GMR 484. 1 page.
26. **Clavel A. J., 2006.** Diagnostic des accidents du blé dur. *ARVALIS Institut du végétal*. Paris. 105 pages.
27. **Corbaz R., 1990.** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Presses Polytechniques et universitaire Romands, 1ere Edition.283 pages.
28. **Görtz A., Oerke E.C.,Puhl T. et Steiner U. , 2008.** Effect of environmental conditions on plant growth regulator activity of fungicidal seed treatment of barley.Journal of Applied Botany and food quality. 82: 60-68 pages.
29. **Couvreur F., 2002.**Fongicides des céréales et protéagineux. Ed ITCF avec la participation de l'ANDA .France .216 pages.
30. **De Buyser et Henry Y. J., 2001.** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris. 69-72 pages.
31. **De la cruzJ.J., Pintor-toroA., Benitez T. et Llobell A., 1995.** Purification and characterisation of an endo- β -1,6-glucanase from *Trichoderma harzianum* that is related to its mycoparasitism. J. Bacteriol. 177: 1864-1871 Pages.
32. **Djermoun A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie.
33. **Dorothée S., 2013.** Développement épidémique de la Fusariose des épis de blé et conséquences des interactions Entre espèces du complexe fusarien Thèse école doctorale : sciences du végétal : Du gène a l'écosystème.
34. **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.
35. **El-gali Z.I., 2015.***Trichoderma harzianum* as a root treatment to control *Alternaria alternate* ceratonileaf spot on *Ceratonia siliqua*L. Sky Journal of Agricultural Research.4 (8), 161-166 pages.

- 36. 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.*
- 37. 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.
- 38. Ezziyyani M., Sánchez C.P., Sid ahmed A., Requena M.E., et Candela M.E., 2004.** *Trichoderma harzianum* comobiofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum nnuum*L.).*Anales de Biología*.26: 35-45 pages.
- 40. Feillet P., 2000.**Le grain de blé : composition et utilisation. INRA.18 pages.
- 41. Feldman M., 2001.** Origin of cultivated wheat. Dans Bonjean A.P. et Angus W.J. Edition. The world wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept limited, Andover, Angle Terre.3-58 pages.
- 42. Ghennai A., Zérafa C.et Benlaribi M., 2017.** Journal of Applied Biosciences Étude de la diversité génétique de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et de blé dur (*Triticum durum*Desf.) selon la base des caractères de *l'U.P.O.V*. 1 pages.
- 43. Gustafson P., Raskina O., Ma X.-F., Nevo E., 2009.**Wheat evolution, domestication and improvement. In: *Wheat science and Trade*. 5-29 pages.
- 44. 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.
- 45. Harrat W., 2009.** Effet in vivo et in vitro des éléments fertilisants N et K sur la résistance du blé à la *septoriose* et à la tache bronzée (Tan spot) Algérie. Ecole National Supérieure Agronomique. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Biotechnologies végétales - El Harrach -Alger. 10 pages.
- 47. Henry Y. et De Buyser J., 2001.** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science Edition. De la graine à la plante. Edition. Belin, Paris. 69-72 pages.
- 48. Jijakli H., 2003.** La lutte biologique en phytopathologie. 289-311 pages. In : Le poivre, P. phytopathologie. Ed.les presses agronomiques des Gembloux.

- 49. Jlibene M., 2011.** Options génétiques d'adaptation du blé tendre au changement climatique. Variétés à résistance multiple : Sécheresse, Cécidomyie, Septoriose, Rouilles brune et jaune. Institut National de la recherche Agronomique. Edition. DIC.63 pages.
- 50. Kubicek C.P., Harman G.E. et Ondik K.L., CRC Press., 1998..3-34, 300 Page.**
- 51. Laffont J., 1985a.** les maladies des céréales et du maïs. AGRI- NATHAN. 4-51 pages.
- 52. Laib S., 2011.** Contribution à l'étude de l'influence des types et doses d'engrais phosphatés sur le prélèvement du potassium par une culture de blé dur dans la région d'El Goléa. Thèse de Diplôme D'ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne. Université kasdimerbah. Ouargla. 104 pages.
- 53. Leroux P., 2003.** Fungicide resistance in plant pathogens: A phenomenon difficult to manage *Phytoma*. 566: 36-40 pages.
- 54. Leroux P., 2005.** Mode d'action et sélectivité des fongicides à usage agricole. Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement. Edition Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 467 pages.
- 55. Leroux P., Chapeland, F., Arnold, A., et Gredt, M., 2000.**New cases of cross-negative resistance between fungicides, including sterol biosynthesis inhibitors. *J. General Plant Path.* 66: 75-81 pages.
- 56. MADRP2., 2015.**Index des Produits Phytosanitaires à Usage Agricole. 75-98 pages.
- 57. MADRP 1., 2015.**Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA). Bilan de la campagne céréalière 2014/2015.5.
- 58. Mara., 1992.** Le secteur agricole et les perspectives de sa promotion et de son développement. Rapport général de la commission nationale consultative sur l'agriculture.292.
- 59. Mathieu CB., Nathalie S., Denis Pageau M Sc. et Sylvie R., 2012.** Pour en savoir plus sur la Fusariose. 7 pages.
- 60. Meynard J. M. et Jeuffroy M. H., 2002.** Progrès génétique et agriculture durable. Le Sélectionneur Français 53 : 69 – 82 pages.

- 61. Moayedi G. et Mostowfizadeh-ghalamfarsa R., 2010.** Antagonistic Activities of *Trichoderma* sp. on Phytophthora Root Rot of Sugar Beet.29 (1-2), 2010.
- 62. Nasraoui B., 2006.** Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 4 : Maladies. 363-427 pages. Centre de Publication Universitaire, Tunis.
- 63. 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.
- 64. Nelson PE., Toussoun TA. Et Marasas WFO., 1983.***Fusariums* pecies.An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, PA.
- 65. 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.
- 66. Palazzini, J. M., Ramirez M. L., Torres, A. M. et Chulze, S. 2007.** Potentiel biocontrol for *Fusarium* head blight and deoxynevalenol production in wheat. *Crop Protection* 26: 1702-1710 pages.
- 67. Pereyra S.A., Dill-Macky R. et Sims A.L., 2004.** Survival and inoculum production of *Gibberellazeae*in Wheat Residue.*Plant Disease*88 :724-730 pages.
- 68. Rastoin J. et Benabderrazik E., 2014.** Céréales et oléoprotéagineux au Maghreb Pour un co-développement de filières territorialisées. *IPEMED*.
- 69. Regnault-Roger C., 2005.** Produit de protection des plantes innovation et sécurité pour une agriculture durable. Edition Lavoisier, Tec et Doc.341 pages.
- 70. Rocher F.,** Lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : Evaluation de la systémiophloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de réaction de défense. Thèse de Doctorat de l'Université de Poitiers. 163 pages.

- 71. Roquebert M.F., 1996.** Intéractions antagonistes des *Trichoderma sp.* Dans les systèmes telluriques : systématique biologie et écologie des organismes. Compte-rendu des 4^{em} rencontres en toxicologie, paris.13-15 pages.
- 72. Ruel T., 2006.** Document sur la culture du blé, Edition : *Educagri*. 18 pages.
- 73. Schilling A.G., Moller E.M. et Geiger H.H., 1996.** Polymerase chains reaction based assays for speices specific detection of *Fusarium culmorum*, *F.graminearum*, and *F.avenaceum*. *Phytopathology*.86: 515-522 pages.
- 74. Schisler D. A., Khan N. I., Boehm M. J., Lipps P. E., Slininger,P. J. et Zhang S. 2006.** Selection and evaluation of the potentiel of choline-metabolizing microbial strains to reduce *Fusarium* head blight. *Biological Control*. 39: 497-50 pages.
- 75. 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 lombridiens. Thèse de doctorat en Ecotoxicologie. Université de Toulouse.299 pages.
- 76. Shahzad M., Qaiser J., Kalsoom B., Sikandar K.S., Tasveer Z.B., KHAN T.A., Khan R.A., Jabbar A. et Anees M., 2013.** Biocontrol ability of *Trichoderma*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*.6 (18): 1246-1252 pages.
- 77. Simon H., Codaccion P. et Lecoœur X., 1989.** Produire des céréales à paille. *Agriculture d'aujourd'hui*. Edition .Lavoisier, Paris. 346 pages.
- 78. Simon D., Richard F., Bellanger M., Denimal, D., Goubert C. et Jeuffrault, E., 1994.** La protection des cultures. Les pratiques d'aujourd'hui et de demain en protection des cultures.
- 79. Soltner P., 2005.** Les bases de la production végétales : La plante et son amélioration. 4^{em} édition. *Collection et Techniques Agricoles*. 248 pages.
- 80. Summiaya R., Shahnaz D. et Marium T., 2010.** Mycoflora associated with lentil (*lens culinaris l.*) Seeds of pakistan. *Pak. J. Bot.* 42(6) : 4345-4352 pages.
- 81. Surget A., Surget A. et Barron C., 2005.** Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales*.145, 4-7 pages.

82. 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.

83. Tabuc C., 2007. Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse et de l'université. De Bucarest. 190 Pages.

84. Yuen G.Y.,0. 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.

85. 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.

86. Zillinsky FJ., 1983. Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification. Mexico, CIMMYT. 141 pages.

Site web :

Arvalis. , 2017. Blé dur. Variétés et interventions d'automne 2017 – 2018.

www.arvalisinfos.fr/file/galleryelement/pj/87/46/de/f1/choisir2_guidepreconisations_bledur_centre_idf_auvergne_limousin_2017_2018_v9154859933125850494.pdf

ONFAA., 2017. Note de conjoncture, le commerce international des céréales. 5 pages.

onfaa.inraa.dz/images/doconfaa/Note%20de%20Conjoncture%20mai%202017.pdf

Site 1 : <https://www.bayer-agri.fr/adventices-maladies-ravageurs/fusariose-du-ble-dur-et-du-ble-tendre/>

Site 2 : http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/ccg-cgc/A93-41-2002-fra.pdf

Site3 : https://www.google.dz/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=-nsQW_OkHsetU46agrgC&q=reddish-

pink+discoloration+on+basal+nodes+fusarium+&oq=reddish-

pink+discoloration+on+basal+nodes+fusarium+&gs_l=img.3...4147.10960.0.11291.10.10.0.0

.0.0.123.1158.0j10.10.0....0...1c.1.64.img..0.0.0....0.GcbHDVA9nOw#imgrc=ibVokIbQ_dabI

M:

Site4 :http://www.fiches.arvalisinfos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_

[cul=1&type_acc=4&id_acc=4](http://www.fiches.arvalisinfos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=1&type_acc=4&id_acc=4)

ANNEXES

ANNEXES

Annexes 1

Milieu PDA (potato dextrose agar)

La composition de ce milieu en g/l

Pomme de terre 200g

Glucose 20g

Agar 20g

Milieu PDB (potato dextrose broth)

La composition de ce milieu en g/l

Pomme de terre 200g

Glucose 20g

ANNEXE 2

Listes des matériels

Bicher.

Boîtes de pétri.

Autoclave.

Balance.

Etuve.

Flacons.

Pipettes pasteur.

Lames et lamelles.

Eau distillée.

Pince.

Agitateur.

Filtre 0.45µm.

Papier filtre.

Seringues.

Spatule.

Microscope.

Annexe 3

I- Comparaison de la vitesse de croissance mycélienne moyenne de quatre souches de *Fusarium* durant 10 jours :

1- Témoins :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F.R	7	16,66	29	41	42,33	42,33	42,33	42,33	42,33	42,33
F.G	10,33	18,66	28,33	39,33	40,33	41,33	42,66	42,66	42,66	42,66
F.C.2	8,33	14,33	17,33	22,33	26,33	30,33	35	39,33	42,33	42,33
F.C.1	8,33	18,33	31	42,33	43,33	43,66	44,33	44,33	44,33	44,33

2- Raxil :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F.R	3	3	3,66	4	5	5	5,66	7,66	9	10,66
F.G	4,66	9	13,66	15,33	17,66	20,33	24	26,66	28,33	32
F.C.2	4	6	10	10	12	15	17	20	22	24
F.C.1	5,33	7	9	9	9	9	9	10	11,33	13,66

3- Acil :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F.R	3	3	4,66	6,33	9,66	13,33	17	21,33	29,66	34
F.G	5,33	10	12,33	16,33	18,66	21,33	24	30	34,33	38
F.C.2	4,66	7	8,66	8,66	10,66	12	13,33	16	18,33	21
F.C.1	4,33	6,66	8,33	11	14	17,33	20	21,66	25	29,66

4- Celest xtra :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F.R	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
F.G	4	5	5,33	6,33	7,33	7,66	8	9,66	10	10
F.C.2	5	6	6,66	6,66	7	7	7,33	7,66	8	9
F.C.1	4,66	5	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,66	5,66	5,66

II- L'effet des fongicides sur la croissance mycélienne de *Fusarium sp.* durant 10 jours :1- *Fusarium* de la racine F.R :

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	F.R	7	16,66	29	41	42,33	42,33	42,33	42,33	42,33	42,33
Acil	F.R	3	3	4,66	6,33	9,66	13,33	17	21,33	29,66	34
Raxil	F.R	3	3	3,66	4	5	5	5,66	7,66	9	10,66
Celest xtra	F.R	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4

2- *Fusarium* de la graine F.G :

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	F.G	10,33	18,66	28,33	39,33	40,33	41,33	42,66	42,66	42,66	42,66
Acil	F.G	5,33	10	12,33	16,33	18,66	21,33	24	30	34,33	38
Raxil	F.G	4,66	9	13,66	15,33	17,66	20,33	24	26,66	28,33	32
Celest xtra	F.G	4	5	5,33	6,33	7,33	7,66	8	9,66	10	10

3- *Fusarium* du collet F.C.2 :

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	F.C.2	8,33	14,33	17,33	22,33	26,33	30,33	35	39,33	42,33	42,33
Acil	F.C.2	4,66	7	8,66	8,66	10,66	12	13,33	16	18,33	21
Raxil	F.C.2	4	6	10	10	12	15	17	20	22	24
Celest xtra	F.C.2	5	6	6,66	6,66	7	7	7,33	7,66	8	9

4- *Fusarium* du collet F.C.1 :

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	F.C.1	8,33	18,33	31	42,33	43,33	43,66	44,33	44,33	44,33	44,33
Acil	F.C.1	4,33	6,66	8,33	11	14	17,33	20	21,66	25	29,66
Raxil	F.C.1	5,33	7	9	9	9	9	9	10	11,33	13,66
Celest xtra	F.C.1	4,66	5	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,66	5,66	5,66

III- Traitement biologique par *Trichoderma* contre la fusariose :

	Jours/Dose	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F.C.2 + Tricho	Dose 50	3,5	3	3	3	3	3	3	6	6	7
	Dose 25	5	8	8	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	10,5	10,5
	Dose 12,5	7,5	12	15	18,5	20,5	22	23,5	25	25,5	25,5

Résumé

Les fusarioses sont parmi les maladies les plus importantes qui attaquent le blé, elles causent des fontes de semis, des pourritures racinaires ou du collet et la fusariose de l'épi. Une attention particulière doit être prêtée pour lutter contre cette maladie avec les différentes méthodes qui existent.

Les formulations chimiques antifongiques testées ont eu un impact intéressant (effet inhibiteur). La matière active tébuconazole utilisée a eu un effet modérément inhibiteur par rapport aux autres formulations composées de plusieurs matières actives au niveau du test *in vitro*.

Le test de *Trichoderma* a eu un effet inhibiteur sévère sur le *Fusarium*. Le résultat a été équivalent avec le test antifongique le plus efficace « Celest xtra » (fludioxonil et difenoconazole) utilisé dans notre étude.

Abstract

Fusariose are among the most important diseases that attack wheat; it cause seeds rot diseases, root rots, and *Fusarium* head blight. Special attention must be paid to combat this disease with the different methods that exist.

The tested chemical formulations of antifungal have been an inhibitory effect. The active ingredient tébuconazol had a moderately inhibition effect compared to other formulations composed of several active ingredients in the *in vitro* test.

The *Trichoderma* test had a severe inhibitory effect on *Fusarium*. The result was consistent with the most effective antifungal test Celest xtra (fludioxonil and difenoconazole).

الملخص

fusarium من بين الأمراض الأكثر انتشارا التي تصيب القمح، ويسبب اضمحلال البذور، تعفن الجذور أو قاعدة الساق و ابيضاض السنابل. وقد وجه اهتمام خاص لمكافحة هذا المرض بشتى الطرق

الصيغ الكيميائية للمضادات الفطرية التي تم تجربتها في المختبر لها تأثير مثبط، تم تجربتها في المختبر لها تأثير مثبط، كان ونذكر أن *tèbuconazole* كان لها تأثير مثبط ضعيف بالمقارنة مع المواد الفعالة الأخرى المكونة من عدة صيغ نشطة

حيث كانت نتائجها مماثلة لنتائج تجربة مضاد الفطريات الأكثر. *trichoderma* تأثيرا مثبطا قويا على *fusarium*

وكان *Celestextra (fludioxonil and difenoconazole)* فعالية

Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement de semence de blé, et lutte biologique vis-à-vis du « *Fusarium* » *in vitro*.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en science biologique, Spécialité : Microbiologie, Option: Mycologie et Biotechnologie Fongique.

Résumé

Les fusarioses sont parmi les maladies les plus importantes qui attaquent le blé, elles causent des fontes de semis, des pourritures racinaires ou du collet et la fusariose de l'épi. Une attention particulière doit être prêtée pour lutter contre cette maladie avec les différentes méthodes qui existent.

Les formulations chimiques antifongiques testées ont eu un impact intéressant (effet inhibiteur). La matière active tébuconazole utilisée a eu un effet modérément inhibiteur par rapport aux autres formulations composées de plusieurs matières actives au niveau du test *in vitro*.

Le test de *Trichoderma* a eu un effet inhibiteur sévère sur le *Fusarium*. Le résultat a été équivalent avec le test antifongique le plus efficace « Celest xtra » (fludioxonil et difenoconazole) utilisé dans notre étude.

Mots clés : Blé dur, *Fusarium sp.*, Lutte chimique, lutte biologique, *In vitro*.

Laboratoire de recherche : Laboratoire microbiologie / INRAA-Constantine

Jury d'évaluation:

Président du jury: Dr. ALMI Hiba (MCB – UFM Constantine).

Rapporteur : Dr. OUFFROUKH Amar (MRA – INRAA Constantine)

Examineur : Dr. Dr. HARRAT Wahiba (AR-INRAA Constantine)

Date de soutenance : 26/06/2018