



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Ben Tirech Hanane & Chettouh Fatna

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA
POURRITURE RACINAIRE DU BLE

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Ben Chettouh Ahmed	MAA	Rapporteur
Omrani Warda	MCB	Président
TOUATI-Hattab Sihem		
BELMADANI B. Kh	Ingénieur d'état en Protection Végétaux DTC chez TIMAG Agro Algérie exper	Co- Promoteur

Promotion : Juillet- 2023

Titre du mémoire : Contribution à l'étude de la pourriture racinaire du blé dans la région Sud de l'Algérie

Noms : Ben Tirech , chettouh **Prénoms :** Hanane, Fatna

Encadreur : TOUATI-HATTAB Sihem

Résumé

Le blé est l'une des plus importantes cultures céréalières dans le monde. Cette culture a pris de l'ampleur En Algérie ces dernières années surtout dans les régions du Sud. La pourriture des racines constitue une sérieuse menace pour cette culture. Ce travail a été effectué dans le but d'identifier et de caractériser les agents pathogènes responsable de cette maladie. L'analyse des échantillons de plants de blé malades a abouti à l'identification des genres fongiques suivants : *L'helminthosporium*(13.04%), *curvularia*(6.52%), *Fusarium* (15.21%) et *Microdochium*(13.04%). L'identification morphologique des isolats d'a permis de différencier 11 espèces dont *Helminthosporium sativum* (*Bipolaris sorokiniana* Teleomorphe *cochliobolus sativus*), *C.pécifiera*, *C. lunata*, *F. Sambucinum*, *F. sporotrichioides* , et *F.acuminatum*, et *M. nivale* *F. subglutinans*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. semitectum* sont prédominantes. L'évaluation de la pathogénicité des isolats de *Fusarium* spp. et *Helminthosporium sativum* ainsi que les deux espèces de *curvularia* par trois méthodes d'inoculation au niveau de la tige, les racines et les feuilles de blé a montré que ces isolats sont pathogènes et ont présentait des symptômes de la maladie avec des variations dans l'intensité.

Mots de clé : **Mots clés :** Pourriture racinaire, blé, caractérisation, pathogénicité

ملخص : يعتبر القمح من أهم محاصيل الحبوب في العالم. نمت هذه الثقافة في الجزائر في السنوات الأخيرة، وخاصة في المناطق الجنوبية. يشكل تعفن الجذور تهديداً خطيراً لهذا المحصول. تم تنفيذ هذا العمل بهدف تحديد وتوصيف العوامل الممرضة المسؤولة عن هذا المرض. أدى تحليل عينات نباتات القمح المريضة إلى التعرف على الأجناس الفطرية التالية: *Helminthosporium* (13.04%)، *curvularia* (6.52%)، *Fusarium* (15.21%)، و *Microdochium* (13.04%). أتاح التحديد المورفولوجي للعزلات التفريق بين 11 نوعاً بما في ذلك *Helminthosporium sativum* (*Bipolaris sorokiniana* Teleomorphe *cochliobolus sativus*)، *C.pécifiera*، *C. lunata*، *F. Sambucinum*، *F. sporotrichioides* و *F.acuminatum*، و *M. nivale*، *F. subglutinans*، *F. verticillioides*، *F. proliferatum*، و *F. semitectum* هي السائدة. تقييم إمرضية عزلات *Fusarium* spp. شدة.

الكلمات المفتاحية :

تعفن الجذور القمح خصائص الممرضة

Summary : Wheat is one of the largest cereal crops in the world. It has grown from the scale In Algeria in recent years especially in the southern regions. The decay of roots pose a serious threat to this crop. This work has been done to identify and characterize the pathogens responsible for this disease. Analysis samples of diseased wheat plants resulted in the identification of fungal genera *Helminthosporium* (13.04%), *curvularia* (6.52%), *Fusarium* (15.21%), and *Microdochium*(13.04%). Morphological identification of isolates of differentiate 11 species including *Helminthosporium sativum* (*Bipolaris sorokiniana* Teleomorphe *cochliobolus sativus*), *C.pécifiera*, *C. lunata*, *F. Sambucinum*, *F. sporotrichioides*, and *F.acuminatum*, and *M. nivale* *F. subglutinans*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. semitectum* are predominant. The pathogenicity assessment of *Fusarium* spp. and *Helminthosporium sativum* and the two *curvularia* species by three methods inoculation at the stem, roots and leaves of wheat showed that these isolates are pathogenic and have had symptoms of the disease with variations in the intensity.

Keywords: Root rot, wheat, characterization, pathogenicit

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné le courage d'aller au bout de nos objectifs.

Au terme de la réalisation de ce mémoire, nous tenons à présenter nos remerciements les plus sincères à notre promotrice Mme TOUATI Sihem pour dirigé ce modeste travail, ainsi que pour sa patience avec nous, son aide, ses conseils précieux et sa disponibilité entière toute au long de la période de l'expérimentation.

Nous remercions également à M. Ben Chettouh Ahmad de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous exprimons aussi nos reconnaissances à Mme. Omrani Warda pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous n'oublions pas de remercier Mme HOUYOU.Z et M. Belmadani pour leurs aides

Précieuses

Un grand merci à Mem Ameer Djamilia pour ces conseils, sa confiance, son encouragement.

Nous n'oublions pas aussi tout le personnel de labo.

Tous mes remerciements à tous mes enseignants du Département d'agronomie d'Université Amar THELDJI de Laghouat pour leurs collaborations et leur accueil chaleureux, et ami (e) s de la section 2eme année Master « Protection des végétaux et environnement » pour leur soutien et leur aide et pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

Nous témoignons notre reconnaissance à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

CHettouh fatna

Ben Tirech Hanane

Dédicace

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté et de terminer ce mémoire ,

Je tiens à remercier mon encadreur Mme TOUATI Sihem pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il m'a prodiguées avec intérêt et

compréhension

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents ,

à mon très chère père tout ce qu'il a fait pour moi , par leur soutien moral et matériel

, leur encouragement , pour ça patience

A ma très chère mère celle qui m'a transmis l'a vie , le courage , et l'amour pour leur soutien moral et matériel , pour ça tendresse , et pour l'encouragement qu'elle a me donnée pendant

mon parcours

A ma famille :Taher,Islam,Samah,Malak,Ritadj

A toutes mes amies, Et surtout Chaima, Zineb,

A ma Coupine : Hanane en particulière, à qui je souhaite beaucoup de réussite et De bonheur

inchallah

A tous les gens qui me connaissent et en particul Kawther ,Sara,Heyam ;Merci pour tout

Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne pas devant les obstacles de la

vie

CHettouh Fatma nana

Dédicace

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, le respect et l'estime que j'ai toujours eu pour Vous papa. Merci pour vos efforts fournis jours et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A maman, le symbole de la tendresse, qui toujours me donne l'amour, le courage et la

Confidence a mon soi.

A ma chère sœurs : Aicha, Khadîdja, Yasmine

A mes chers frères :Moussa, Aissa, Mesoude

A ma chère amies : Dalila, Zineb

A ma chère amie et binôme : Fatna en particulière, à qui je souhaite beaucoup de réussite et

De bonheur

inchallah.

A mes toutes familles : Ben Tirech et Kamri

A tous nos professeurs qui nous ont enseigné.

A tout promo d'agronomie spatialité protection des végétaux 2023.

Ben tirech Hanane

Table des matières

Résumé.

Remerciements

Dédicace

LISTE DE SFIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Liste des abréviations

Introduction Générale..... 1

CHAPITERE I

Analyse bibliographique

1	Analyse bibliographique	3
1.1	Historique et origine du blé dur	3
1.2	Classification et origine génétique.....	3
1.3	Cycle de la culture du blé dur (<i>Triticum durum Desf.</i>).....	4
1.4	Physiologie et le cycle de developpement du Blé.....	5
1.5	Importance économique de blé.....	7
1.5.1	Dans le monde	8
1.5.2	En Algérie	9
1.6.	Les principales contraintes biotiques et abiotiques de la culture du blé	13
1.6.1	Contraintes abiotiques.....	13
1.6.2	Les contraintes Pédo-édaphiques :	13
2.	Les principales maladies du blé	14
2.1	Maladies parasitaires	14
2.2	Maladies foliaires	14
2.2.1	Septoriose des feuilles :	14
2.2.2	Rouille jaune (<i>Puccinia striiformis</i>)	14

2.2.3 Ro+uille brune :.....	15
3 Maladies des racines et de l'épie	17
3.1 piétin échaudage	17
3.2 La fusariose	17
3.3 Les pourritures racinaires communes :.....	18
3.4 Le genre de Fusarium.....	19
3.5 Helminthosporiose	19
4. Relation entre la fusariose de l'épi et la pourriture racinaire du blé	20
5. Moyenne du lutte :.....	20
5.1. Les pratiques culturales	20
5.2 La lutte chimique :.....	21
5.3 La lutte intégrée :.....	21

CHAPITRE :II

Materiel et methodes

1. Matériel végétal	20
.2. Prospections	20
3 Bio stimulant foliaire utilisé	20
2. Méthodes	22
2. 1. Isolement et identification morphologique des champignons associés à la pourriture racinaire.	22
2.1.1 Isolement	22
2.1.2 Repiquage successif et purification par culture monospore	22
2.1.3. Identification morphologique des isolats obtenus	22
2.1.4 Les critères cultureux	23
2.1.5 Étude microscopique	23
2.1.6 Calcul de la fréquence des espèces fongiques	23
2.1.7 Mesure de la vitesse de croissance	24

2.1.8 Pathogénie et agressivité des espèces associées à la pourriture racinaire.....	24
3. La préparation du sol.....	24
4. Inoculation par la méthode de la couche d'inoculum	24
4.1.La préparation de l'inoculum.....	24
4.2. L'inoculation «Essai 1»	25
4.3 La notation des symptômes « Essai 1».....	26
4.4 L'inoculation «essai 2 »	27
4.5 Notations des symptômes « Essai 2 »	27
5. Inoculation par pulvérisation sporale au stade début tallage	27
6. Dispositif expérimentale :	28

CHAPITRE III

Résultats Et Discussion

1. Recherche des espèces responsables de la pourriture racinaire du blé dans la région Sud d'Algérie	30
2. Identification des espèces associées à la pourriture racinaire du blé	30
3 Description et identification biologique des isolats obtenus.	32
3.1 Le genre <i>Fusarium</i>	32
3.2 <i>Curvularia Spicifera</i>	32
3.3 <i>Microdochium spp.</i>	32
3.4 <i>L'helminthosporium</i> :.....	33
3.5 <i>Alternaria sp.</i>	33
4 Évaluation de l'agressivité des isolats de <i>Fusarium spp</i> et <i>Helmentospore</i>	41
4.1 Inoculation par la méthode de la couche d'inoculum.....	41
4.2 Inoculation par pulvérisation sporale au stade début	44
Discussion	46
Conclusion.....	49
Références Bibliographiques	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Phylogénie du blé. (Shewry, 2009) .	5
Figure 2. Cycle de développement du blé (ry et al.,2000)	7
Figure 3. Production en volume de blé au niveau mondiale entre 2015/2016 et 2021 /2022	8
Figure 4. Classe ment des principaux producteurs de blé mondiaux de 2018 à 2023	9
Figure 5. La production de blé (Tonnes) en algérie	10
Figure 6. : Séptériorse de feuille de blé	12
Figure 7 : La rouille jeune sur les feuille	13
Figure 8. : La rouillr jeune sur l'épié	13
Figure 9 : La rouille brune de blé	14
Figure 10. : : modèles de développement de différentes maladies durant tout le Cycle végétatif du blé. (Anonyme, 2011)	14
Figure 11 : Types de fusariose (Parry et al., 1995)	15
Figure 12 : La pourriture racinaire de blé	17
Figure 13. Schéma de la technique d'inoculation par couche d'inoculum (Okello et al.,2019)	26
Figure 14 : . Schéma de la technique d'inoculation par couche d'inoculum (Okello et al.,2019).	27
Figure 15. : Schéma de dispositif expérimental de l'essai de l'évaluation de la pathogénicité de <i>Fusarium Spet helminthosporium</i> . Adopté a (1er et 2 éme étape) d'inoculation par pulvérisation d'une suspension de spores.	29
Figure 16 : Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des graines ,racine ,et feuille de blé	34
Figure 17 : : Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des graines et racine de bl	35
Figure 18 : Aspect microscopique des espèces fongiques (Gx 100) (Gx40).	40
Figure 19 : Les différents degrés d'agressivité de <i>Fusarium spp.</i> Observés sur les racines du blé après 15 jours d'inoculation par couche d'inoculum .	41

Figure 20 : Le pourcentage de l'indice de sévérité (PIS) des isolats de <i>Fusarium</i> Au niveau du collet .	42
Figure 21 : Le pourcentage de l'indice de sévérité (PIS) des isolats de <i>Fusarium</i> Au niveau du racine.	43
Figure 22 : . Evolution des symptômes de la pourriture racinaire sur le collet	44
Figure23 : . les différents degrés d'agressivité de <i>Fusarium spp.</i> Observés sur les racines du blé après 15 jours d'inoculation par couche d'inoculum.	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des échantillons plant et semence de blé utilisés.	20
Tableau 2 : les dix isolats utilisé dans l'essai de l'inoculum par le riz.	25
Tableau 3 : pourcentage(%) des geures fongiques dans les échantillon de blé	31
Tableau 4 : List des isolats obtunue .	31

Liste des abréviations

PDA	Potato dextrose agar
F	Fusarium
MA	Matière active
G	Gramme
C	centration
V	volume
cm	centimètre
ha	hectare
ml	Millilitre
ED	Eau distillé
D	dose
T-	témoin
fig	figure
°C	degrés Celsius
IA	Indice d'attaque
%	pourcentage
DCPA	Dichloran chloramphenicol peptone agare
IS	indice de sévérité
PIS	Pourcentage Indice d'attaque

Introduction

Introduction

Le blé est l'une des principales céréales produites et consommées dans le monde. Il couvre une superficie plus importante que toute autre culture commerciale et continue d'être la plus importante source d'aliments céréaliers pour la consommation humaine.

Il existe une tendance mondiale à une demande accrue pour le blé tant dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement (Shiferaw et al., 2013). La demande s'accélère. Elle a doublé entre le début de la décennie 1970 et les années 2010, passant de 330 à environ 700 millions de tonnes (Mt). La consommation mondiale de blé devrait dépasser la barre des 900 Mt en 2050. <https://www.cairn.info>; <https://www.mordorintelligence.com/fr>

En Algérie, la céréaliculture revêt une importance majeure dans l'économie nationale par l'importance des superficies occupées. En effet, la superficie des céréales est de 3322 kha de la Surface Agricole Utile ou S.A.U qui est de 8,458 millions d'hectares

<https://www.cropscience.bayer.dz>

L'Algérie est l'un des plus grands consommateurs de blé au monde. Les importations algériennes de blé en 2022, s'est élevée à 3,3 millions de tonnes, soit une augmentation de 38 % par rapport aux 2,4 millions de tonnes de l'année précédente. Actuellement, le rendement des champs algériens est estimé à environ 16 quintaux/hectare (en 2021). Un chiffre qui reste assez bas pour un pays de la taille de l'Algérie et surtout quand on le compare à ceux des pays voisins (Égypte, Tunisie, etc.). L'état algérien exige de doubler ce rendement et d'atteindre les 30 quintaux/hectare. <https://www.leconomistemaghrebin.com>

Pour pallier ce problème, l'état renforce des surfaces dédiées à la céréaliculture dans les zones sahariennes en vue de réduire cette dépendance et pour accroître la production nationale de blé. Dans ce sillage, la wilaya d'Adrar aspire à devenir un pôle national dans la production de céréales. En effet, Adrar englobe une superficie cultivable totale de plus de 600.000 hectares. Au cours de l'actuelle saison agricole, la surface cultivable a accru de 22% atteignant 20.300 ha, contre 13.900 ha la saison écoulée. Cette superficie est répartie sur 13.000 ha, réservés pour le blé dur, 80 ha dédiés au blé tendre, 629 ha pour l'orge et 148 ha pour la culture d'avoine, irriguée dans sa totalité sous-pivots. [//www.aps.dz/regions/](http://www.aps.dz/regions/).

Cependant cette culture se trouve confrontée à de nombreuses contraintes qui affectent négativement sa productivité. La principale cause de la faiblesse de la production du blé est le faible niveau de productivité obtenu est dû à des contraintes abiotiques (sécheresse surtout), humaines (itinéraires techniques non appliqués) et à des facteurs biotiques notamment les plantes adventices, les ravageurs et les maladies. Les maladies fongiques sont l'une des contraintes majeures qui affectent la production du blé.

Introduction

Parmi les maladies fongiques les pourritures racinaires qui constituent une contrainte sérieuse sur le rendement, qui sont principalement causées par *F. graminearum* Schwabe, *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Saccardo, *F. pseudograminearum* O'Donnell et T. Aoki, *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et Hallett, *M. majus* (Wollenw.) Glynn et S.G. Edwards et *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (Parry et al., 1995 ; Talas et al., 2012).

Les espèces de *Fusarium* spp. (*Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*) et *Helminthosporium sativum* sont responsables de la fonte de semis, la nécrose du système racinaires et l'apparition des épis blancs. Des études ont montré que ces deux agents pathogènes peuvent s'héberger dans une même plante et sous l'effet du stress hydrique, le développement de la maladie peut prendre l'ampleur d'une épidémie. <https://www.agrimaroc.ma/les-pourritures-racinaires-des-cereales-maroc>.

Les résultats de l'enquête réalisée en Algérie durant les années 2012-2013 et 2014 ont montré que *F. culmorum* est l'espèce prédominante observée en Algérie sur le blé, suivi par le *Microdochium nivale* et *Fusarium pseudograminearum* qui a été observé également assez fréquemment. Des espèces plus minoritaires comme *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* et *F. avenaceum* sont également recensées (Touati-Hattab et al., 2016 ; 2018).

Des prospections effectuées durant les deux campagnes céréalières 2013-2014 et 2014-2015 par Laraba Imane et Abdallah Nora ont touché les principales régions céréalières en Algérie. Ces prospections ont montré que *Microdochium* spp. Présentait le deuxième agent responsable de la fusariose en Algérie après *F. culmorum* (Laraba et al., 2017 et Abdallah et al., 2019) . Également, Benslimane et al., (2017) a confirmé l'existence de la maladie des Taches helminthosporiennes du blé en Algérie causée par *Pyrenophora tritici-repentis*.

Afin d'identifier, de caractériser et d'évaluer l'agressivité des isolats responsables des pourritures racinaires. Cette présente étude consiste à :

Réaliser des isolements à partir des échantillons présentant les symptômes typiques de la maladie (brunissements et nécroses au niveau du collet) et purification des isolats obtenus par culture monospore ;

- Identifier l'espèce des isolats de ;
- Évaluer l'agressivité des isolats de *Microdochium* spp. Sur feuilles de blé in vitro.
- Évaluer l'agressivité des isolats sur le collet des plants de blé suivant deux techniques d'inoculation

CHAPITERE I

Analyse bibliographique

1 Analyse bibliographique

1.1 Historique et origine du blé dur

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées constituent un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace (Bonjean et Picard, 1990). En ce qui concerne la localisation et la domestication de blé, on considérait jusqu'à aujourd'hui qu'elle avait eu lieu dans le Croissant fertile, vaste territoire comprenant, selon les Auteurs, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire, de la bordure Ouest de l'Iran (Lev-Yadun et al., 2000). Il s'agit d'une époque où l'homme pratiquait déjà la cueillette et faisait ses débuts comme Agriculteur. Cette période coïncidait avec un épisode climatique sec, aboutissant à l'arrêt du mode de vie de « chasseur- cueilleur », et engendrant la domestication progressive des plantes, associée à la création des premières communautés Villageoises (Wadley et Martin, 1993). Des restes des blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites Archéologiques au proche Orient (Harlan, 1975). Selon Feldman, (2001) le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran .

1.2 Classification et origine génétique

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *Durum*) est une plante de la classe de Monocotylédones, de la famille des Graminées, appartient au groupe tétraploïde, du Genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, Cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000).

Selon Mackey, (1968), l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre Deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops speltoïdes*. Le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du Génome A) × *Aegilops speltoïdes* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un Blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoïdes*) qui a, ensuite, Progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp. *Dicoccum* puis vers *Triticum Durum* (blé dur cultivé) (figure 1).

Le blé dur est allotétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 Chromosomes ($2n = 4x = 28$), contenant le complément diploïde complet des Chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de Chromosomes du génome (A) a une paire de

chromosomes homologues dans le Génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée (Wall et al., 1971).

1.3 Cycle de la culture du blé dur (*Triticum durum Desf.*)

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant à la famille des Poaceae.

La Classification du blé dur, selon Brouillet et al., (2006) est la suivante :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Sous division : Spermatophyta

Division : Magnoliophyta

Class : Liliopsida

Sous class : Commelinidae

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

Genre : *Triticum L*

Espèces : *Triticum durum Desf*

1.4 Physiologie et le cycle de développement du Blé

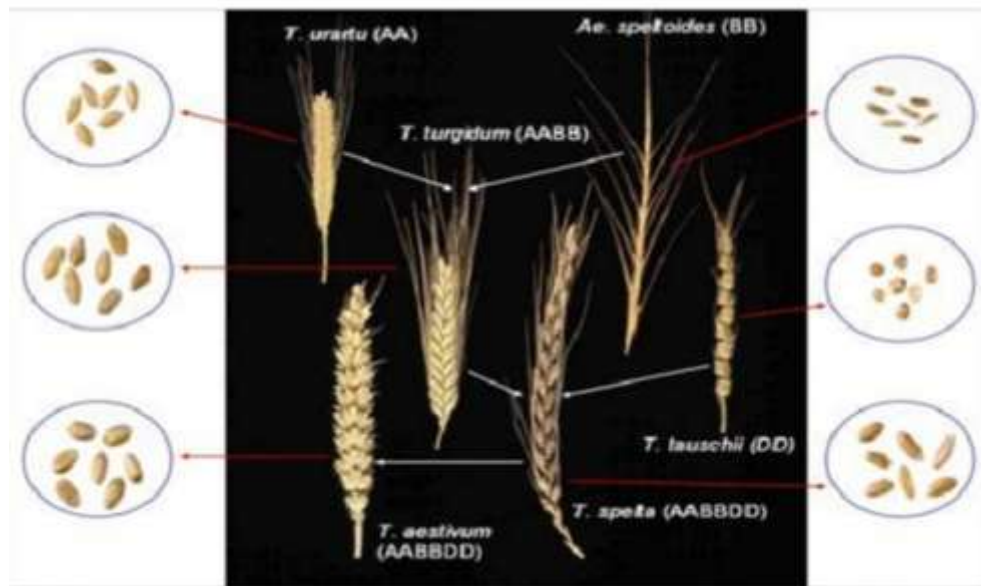


Figure01 : Phylogénie du blé. (Shewry, 2009).

Le grain de blé comporte trois parties distinctes. Le germe est riche en lipides, protéines, Vitamines et éléments minéraux ; il représente environ 3% du grain. Il est éliminé à la mouture pour Eviter le rancissement et augmenter la durée de conservation. Les enveloppes sont constituées par le Péricarpe, le tégument séminal et l'assise protéique. Ils représentent 13 à 15% du poids du grain. Le Péricarpe et le tégument séminal sont essentiellement composés de cellulose et de matières minérales.

L'assise protéique est riche en lipides, protéines, matières minérales et vitamines. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture, et constituent le son. L'amande, qui donne la semoule Caractéristique du blé, représente 82 à 85% du poids du grain. Elle est composée essentiellement D'amidon, de 10 à 12% de protéines et d'une faible proportion de matières minérales et de vitamines(Bozzini, 1998).

Le cycle de croissance de blé se compose de plusieurs phases végétatives au cours desquelles la plante passe d'un stage végétatif à un autre ou développe de nouveaux organes

a) La phase germination :

La levée correspond à la mise en place du nombre de plantes installées par unité de surface du sol Semée. Le stade végétatif de la levée est noté lorsque 50 % des plantes émergent de terre (Henry et al., 2000).

b) phase de tallage :

Le début de la phase tallage se fait à partir de l'apparition de la 4^{ème} feuille. Il est Marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire, puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des 2^{ème} et 3^{ème} feuille de la tige principale.

c) La montaison

stade montaison qui débute dès que l'épi de la tige principale atteint une longueur de 1 cm, mesurée à partir de la base de la couronne ou plateau de Tallage, ce dernier fait suite à l'élongation du premier entre nœuds.

La phase de Montaison se termine une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille Etendard qui gonfle, ce qui correspond au stage gonflement (Figure 1).

d) Le stade épiaison :

Débute par l'apparition de l'épi, hors de la gaine de la feuille drapeau . Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et Al.,2005). Selon Abbassenne et al., (1998), les basses températures au cours de cette phase réduisent Fortement la fertilité des épis. Après la floraison, débute la phase de remplissage du grain au cours de Laquelle le feuillage débute sa sénescence. L'azote et les sucres des feuilles, qui sénescent, sont Remobilisés vers le grain (Barbottin et al., 2005). L'évolution du poids du grain se fait en trois Etapes :

- La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la Teneur en eau est élevée.
- La phase de remplissage actif du grain avec les Assimilâtes provenant de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbone Stockés dans le col de l'épi (Belkherchouch et al., 2009).
- Les fortes températures au cours de cette Période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain(Bahlouli et al., 2005).

Cette phase se termine une fois le contenu grain atteint son maximum, le grain se dessèche progressivement, pour murir .

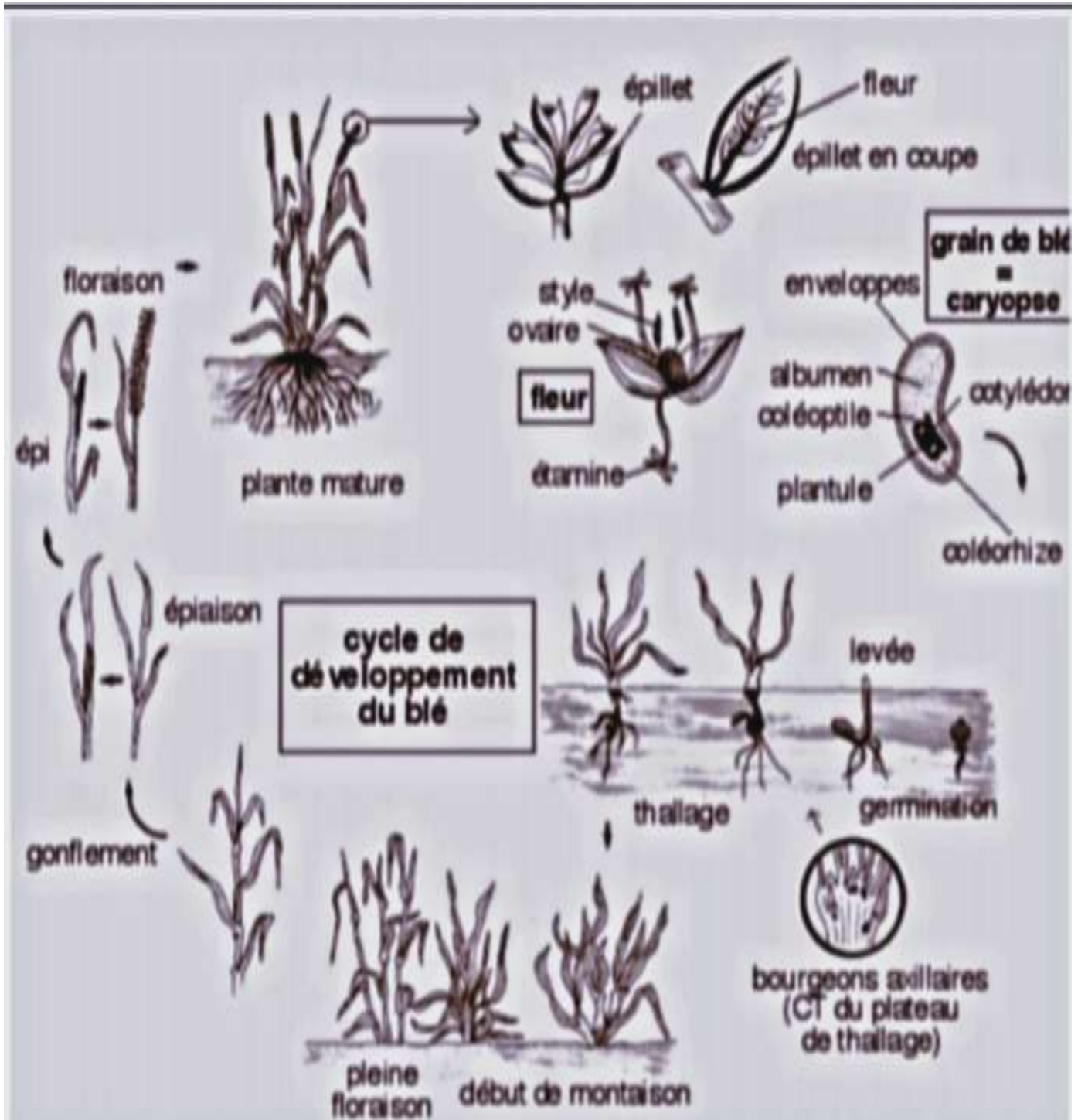


Figure 02 : Cycle de développement du blé (ry et al.,2000)

1.5 Importance économique de blé

1.5.1 Dans le monde

En 2021, 723 millions d'hectares de céréales ont été cultivés dans le monde, soit 52 % des terres arables, 14 % de la surface agricole mondiale et 5 % des terres émergées du monde. Le maïs, le blé et le riz, sont les trois (3) premières céréales produites dans le monde. Elles ont un double emploi, elles sont utiles à l'homme et aux animaux, dans le cadre de leurs propres alimentations.

Le blé est de l'or ou du pétrole que l'on produit chaque année, ainsi, ce sont 780 Mt de blé, qui sont produites dans le monde, pour une population de ± 7.8 Mrd d'habitant (FAO 2022) (Figure03).

Les plus gros producteurs de blé dans le monde sont la Chine, l'Inde et la Russie, pour un total ± 300 Mt en 2018 par an, soit près de 39 % de la production mondiale de blé dans le monde. La figure 04 présente les neuf principaux pays producteurs de blé au cours des années de commercialisation 2018/2019 à 2022/2023, en milliers de tonnes.

Sur la période de 2022 à 2023, l'Union européenne enregistrait une production supérieure à 134,7 millions de tonnes, la plaçant en tête des régions productrices de blé dans le monde. En 2021/2022, la Chine accusait encore un retard de plus d'un million de tonnes de blé par rapport à l'Union européenne.

En 2022/2023 la Chine produisait cependant plus de 3 millions de tonnes de blé que l'Union européenne. L'Inde était le troisième producteur mondial de blé avec près de 110 millions de tonnes.

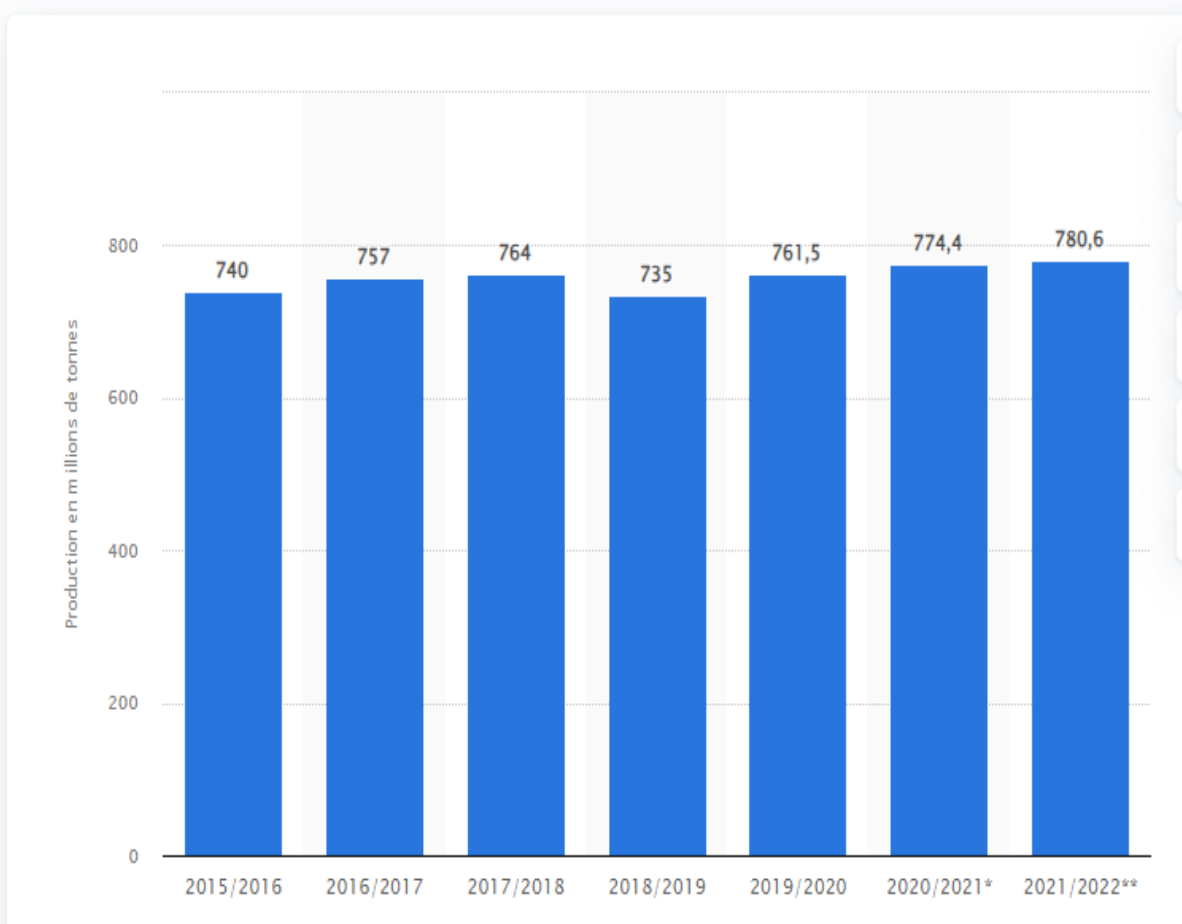


Figure03 : Production en volume de blé au niveau mondiale entre 2015/2016 et 2021 /2022

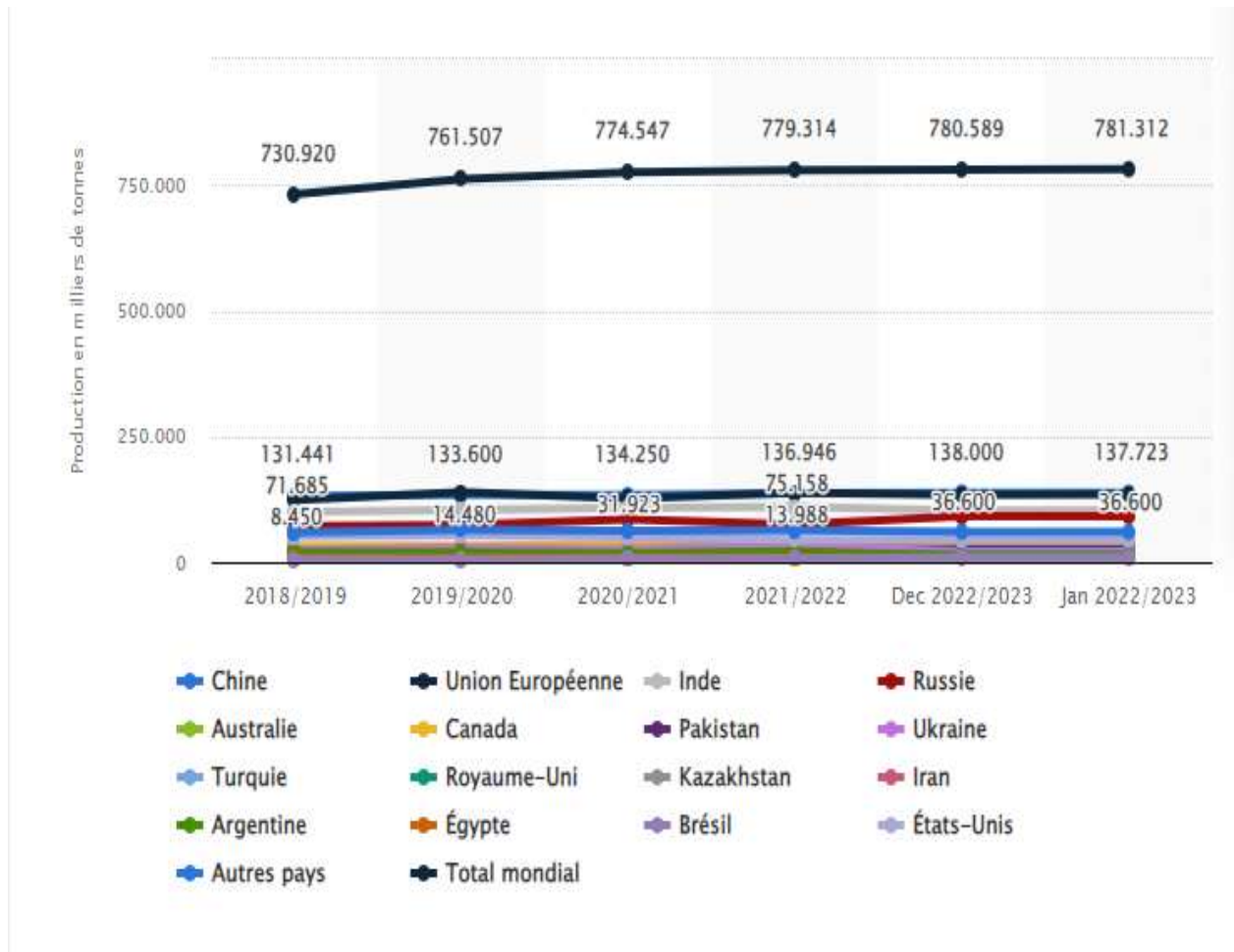


Figure 04 : Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2018 à 2023

1.5.2 En Algérie

Pour la FAO, les stocks de céréales de l'Algérie ont progressé de 5,6 millions de tonnes en 2017 à 6,7 millions de tonnes en 2020. Ils ont par la suite reculé de -6 % à 6,3 millions de Tonnes en 2021, selon les estimations de l'organisation, qui prévoit une chute à 5,1 millions de Tonnes en 2022. L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) Prévoit un recul de 38% de la récolte céréalière en Algérie en 2021 par rapport à l'année Précédente. En parallèle, l'organisation onusienne prévoit aussi une augmentation des Importations algériennes de céréales, essentiellement de blé, qui devraient connaître une hausse De 25% par rapport à l'année passée et de 7% au-dessus de la moyenne durant la saison de Commercialisation 2021/2022. <https://www.jeuneafrique.com> .

Le rendement de la production céréalière d'hiver 2021 de l'Algérie a été notamment Impacté par la faible pluviométrie qu'a connu le pays depuis la mi-février dernier. Cependant, La sécheresse sévissait dans la plupart des zones de culture après des précipitations inférieures à La moyenne depuis la mi-janvier. <https://www.algerie-eco.com/>

La dépendance de l'Algérie à l'importation de blé et son incapacité à atteindre L'autosuffisance est une menace permanente quant à la sécurité alimentaire du pays. Toutefois, Les autorités veulent se montrer rassurantes et minimiser les conséquences de cette dépendance

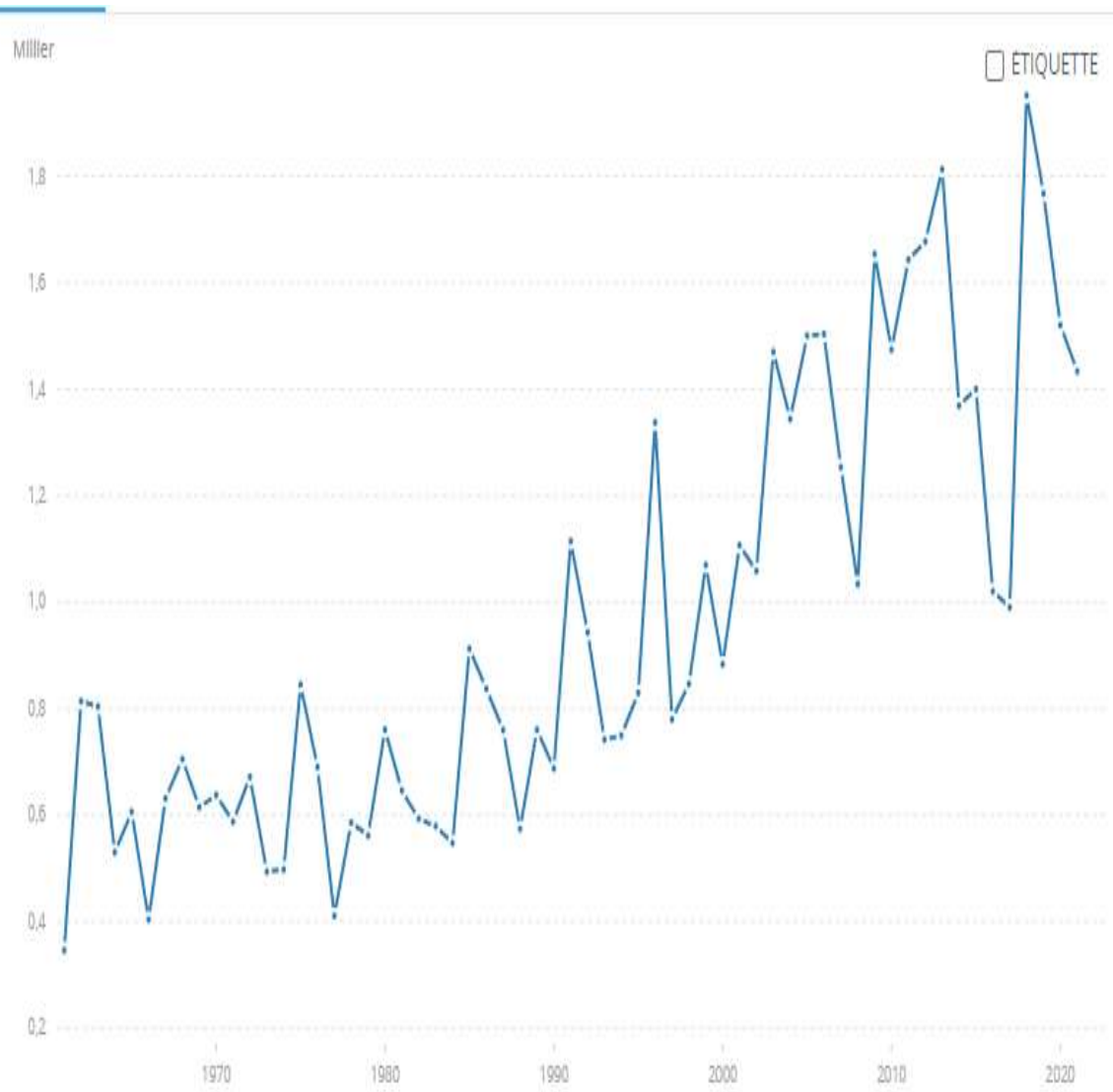


Figure05 :La production de blé (Tonnes) en algérie

1.6. Les principales contraintes biotiques et abiotiques de la culture du blé

1.6.1 Contraintes abiotiques

A. Le stress thermique :

Dans les zones arides et semi-arides d'altitude, le stress thermique peut intervenir même au début du cycle. L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur de la coléoptile (Hazmoune, 2000). (Wardlaw et al., 1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain varie de 12 à 15 °C pour de nombreux géotypes de céréales à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base de 12 à 15°C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (Wardlaw et al., 1989).

B. Le stress hydrique :

C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité limite l'usage (Madhava Rao et al., 2006). Les conséquences du stress hydrique sur le blé dur sont la réduction de la surface foliaire, une diminution de l'intégrité cellulaire et de la teneur relative en eau.

1.6.2 Les contraintes Pédéo-édaphiques :

Selon Kribaa (2003), les contraintes édaphiques des zones de culture de blé dur agissent par une profondeur du sol réduite par des accumulations calcaires dures, limitant la réserve hydrique et le développement racinaire. Elles agissent également par l'état structural de l'horizon de surface qui détermine en grande partie le fonctionnement hydrique du sol. Les caractéristiques chimiques, biochimiques et biologiques du sol peuvent constituer également des contraintes.

2. Les principales maladies du blé

2.1 Maladies parasitaires

Les maladies parasitaires des plantes sont causées par plusieurs types d'agents pathogènes (virus, bactéries, champignons, protozoaires, les phanérogames parasites, etc....) (BETTOU et RIGHI, 2018). Ces parasites sont généralement infectieux car ils envahissent l'hôte et s'y multiplient et sont contagieux, par leur transmission d'une plante infectée à une plante saine (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Ces maladies transportent par le vent, la pluie ou par contact, les spores des champignons (ORLICI et BENKARA, 2018)

2.2 Maladies foliaires

2.2.1 Septoriose des feuilles :

Principale maladie du blé, la septoriose des feuilles peut entraîner des pertes de rendements allant jusqu'à 60 q/ha. Les symptômes de la septoriose tritici apparaissent uniquement sur Feuilles sous la forme de taches ovales brun clair. Des petits points noirs (pynides) bien visibles apparaissent le long des nervures dès le début de la formation des nécroses. L'aspect Des taches est assez diversifié : irrégulières sur les bords du limbe, rectangulaires entre les Nervures (figure ..).



Figure 06 : Septoriose de feuille de blé

2.2.2 Rouille jaune (*Puccinia striiformis*)

La rouille jaune est une maladie causée par un parasite obligatoire *Puccinia striiformis*. Elle peut provoquer des dégâts très importants à la culture. Leur croissance est liée à des conditions climatiques particulières (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Les symptômes du pathogène se traduisent par des pustules de petite taille (0,5 mm), de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains (ABDI, 2015)



Figure 07: rouille jaune sur feuille



Figure 08 : la rouille jaune sur les épis

2.2.3 Rouille brune :

La rouille brune est causée par *Puccinia triticina*, un champignon basidiomycète[1] biotrophe[2]. Elle est observée dans toutes les régions du monde où le blé est cultivé. C'est donc la rouille la plus répandue parmi les trois principales rouilles (rouille brune, rouille jaune et rouille noire) capables d'infecter le froment. Elle est dispersée principalement par le vent (sur de longues et courtes distances) mais aussi parfois par la pluie. Sa multiplication au niveau de la culture est parfois très « explosive ». La rouille brune peut donc surprendre et causer des dégâts importants allant, en Europe, jusqu'à 30% de perte de rendement. La sévérité des épidémies dépend de la précocité de l'infection primaire, la résistance de la variété, d'humidité et de la température.



Figure 9 : la rouille brune sur les feuilles de blé

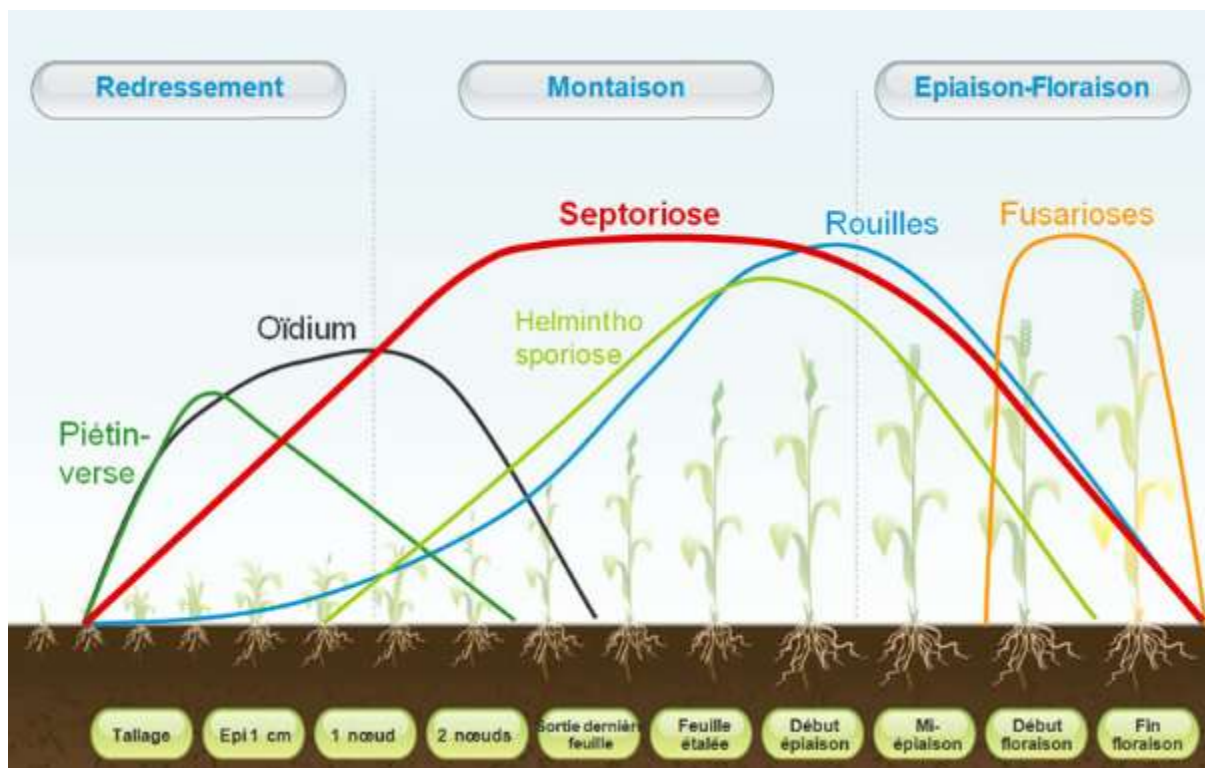


Figure 10 : modèles de développement de différentes maladies durant tout le Cycle végétatif du blé. (Anonyme, 201) .

3 Maladies des racines et de l'épée

3.1 piétin échaudage

Le piétin échaudage est causé par un champignon du sol, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* qui dans un premier temps attaque les racines. Il peut s'attaquer au blé à tout moment durant la saison. Les pertes de rendement peuvent atteindre 50% dans les cas les plus graves. Les plantes sévèrement infectées sont naines, développent peu de tiges et peuvent mourir prématurément. Comme autres conséquences du piétin échaudage, on peut citer les grains chétifs (maturité précoce) et des épis vides. Le champignon responsable du piétin échaudage est spécifique aux graminées. Sa gamme d'hôtes comprend les blés dur et tendre, l'orge et le brome. La source d'inoculum est constituée principalement par les résidus des cultures hôtes. L'inoculum du champignon s'accumule lentement dans le sol. La survie du champignon est de courte durée.

3.2 La fusariose

La fusariose est une maladie des céréales dites « à petits grains » qui sévit à travers le monde. Sous des conditions climatiques favorables, la fusariose peut attaquer à tous les stades de développement et tous les organes de la plante, depuis les racines jusqu'aux épis (Parry et al., 1995). Elle peut être aussi associée à différentes céréales telles que le blé tendre (*Triticum aestivum*), l'orge (*Hordeum vulgare*), le maïs (*Zea mays*), le triticale (*Triticosecale* spp.), l'avoine (*Avena sativa*), le seigle (*Secale cereale*) et le riz (*Oryza sativa*) (Jean-Claude Pasquet, 2014) Le terme « fusariose » des céréales regroupe trois types de maladies (Parry et al., 1995) :

- "Seedling Blight": fusariose des semences.
- "Foot Rot": fusariose du collet.
- "Head Blight": fusariose

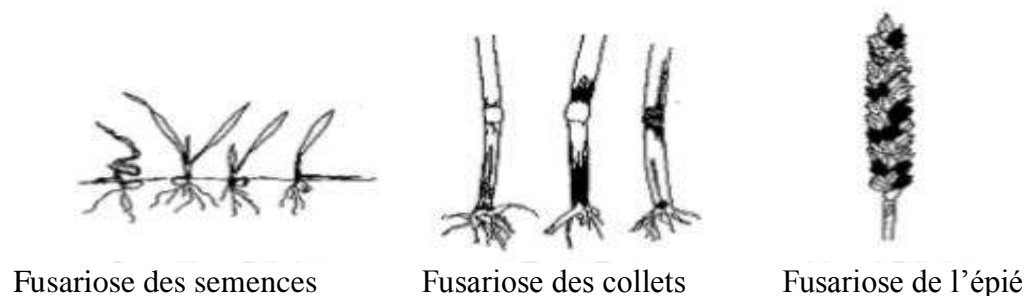


Figure 11 : Types de fusariose (Parry et al., 1995)

Les fusarioses du blé sont causées par un complexe fongique de deux genres : *Fusarium* et *Microdochium* (Simpson et al., 2001). Les principales espèces communes responsables des fusarioses sur blé sont : *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae*, et *Microdochium* (anciennement nommée *Fusarium nivale*) (Parry et al., 1995).

En 1809 Link est le premier qui nommée le fusarium ou il doit son nom du latin fusus (fuseau) en rapport avec la forme de ses macroconidies fusiformes. Les formes parfaites (téléomorphes) de quelques espèces de ce genre sont connues, et appartiennent au phylum des Ascomycota, sous phylum des Pezizomycotina, classe des Sordariomycètes, sous classe des Hypocreomycetidées, ordre des Hypocréales, famille des Nectriacées. Pour plusieurs espèces de *Fusarium*, le stade parfait demeure inconnu (Keith et Seifert, 2001 ; Leslie et Summerell, 2006).

3. 3 Les pourritures racinaires communes :

La maladie des pourritures racinaires se manifeste aussi bien sur blé tendre que sur blé dur. Des pertes localisées peuvent être occasionnées par la diminution du tallage, par la réduction de la taille des épis et par la perte des plantes. Cette maladie apparait plus particulièrement dans les zones à faible pluviométrie (arides ou semi arides). Les champignons responsables de cette maladie sont *Cochliobolus sativus*, *Fusarium culmorum* *hlminthosporium* et *F. graminearum*.

Les plantes atteintes montrent des épis blancs non remplis. Pour s'assurer de la nature exacte de la maladie, on arrache quelques plantes atteintes et on examine le système racinaire. Des lésions brunes sont observées sur le collet, sous le collet et les racines.

Les champignons responsables des pourritures racinaires survivent sous forme de spores dans le sol et sur les résidus des plantes hôtes, à une profondeur de 10 à 15cm. L'infection du sous collet et des racines émergeant du collet est due à la présence de l'inoculum à une profondeur superficielle du sol.

Les agents pathogènes responsables des pourritures racinaires sont considérés comme des agents de faiblesse. Ils s'attaquent aux plantes quand celles-ci sont affectées par des stress environnementaux importants. La gravité des pourritures est favorisée par la sécheresse, le semis profond, le manque de tallage



Figure12 : Le pourriture racinaire de blé

3. 4Le genre de Fusarium

Les espèces de *Fusarium* sont des champignons filamenteux cosmopolites, comprenant des pathogènes opportunistes infectant les plantes du monde entier, mais pouvant également se développer en tant que saprophytes dans diverses zones climatiques (Stępień et al., 2019). On distingue près de 40 espèces largement répandues dans la nature. Certaines sont phytopathogènes et capables de produire de dangereuses toxines contaminant les denrées alimentaires et provoquant ainsi des maladies graves chez les animaux (et parfois chez l'homme) qui les consomment (mycotoxicoses) comme *F. graminearum* (Chabasse et al., 2002 ; Stępień et al., 2019). Elles sont aussi largement répandues dans le sol, en particulier le sol cultivé, et sont actives dans la décomposition de matières végétales cellulosiques. Elles sont une des principales causes de pourriture des fruits et des légumes et sont généralement associées aux céréales et aux légumineuses, qu'elles envahissent généralement avant la récolte comme *F. oxysporum* et *F. solani* (Pitt et al. 2009 ; Stępień et al., 2019).

Le genre *Fusarium* produit plusieurs types de mycotoxines regroupées sous le terme de fusariotoxines : la zéaralénone, les fumonisines, les trichothécènes, la moniliformine, la beauvéricine, la fusarine C et l'acide fusarique. Les trois premières sont les plus étudiées actuellement. Ces toxines contaminent surtout les céréales (Benoît Jeunot, 2005).

3. 5 Helminthosporiose

La tache bronzée du blé ou la tache helminthosporienne, c'est une grave maladie foliaire du blé causée par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis*. Elle est présente sur le blé dur

que sur le blé tendre (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Comme la septoriose, l'helminthosporiose progresse du bas vers le haut de la plante. Au niveau des feuilles on trouve des taches ocellées en forme d'œil plutôt ovoïde, souvent entourées d'un halo chlorotique jaune. Point noir au centre (c'est le point d'infection). Il est remplacé progressivement par un point foncé puis un cercle brun et absence de pycnide (Figure 0..)(ABDI, 2015).

4. Relation entre la fusariose de l'épi et la pourriture racinaire du blé

Selon Caron (1993), la pourriture racinaire et la fusariose de l'épi peuvent être considérées comme des maladies différentes, pratiquement indépendantes, elles ont seulement en commun le fait qu'elles sont causées par les mêmes espèces fongiques. Murray et al.(2009) affirment qu'il est possible que les plants qui survivent à une infection initiale de la fusariose de l'épi, développe une pourriture du pied à un stade ultérieur de la croissance.

Selon Agrios (2005), la fusariose de l'épi est soit accompagnée ou précédée par la pourriture racinaire. En fonction des conditions agronomiques et environnementales, les agents pathogènes causent préférentiellement l'une des deux maladies. (Scherin et al., 2013).

5. Moyenne du lutte :

5.1. Les pratiques culturales

Le travail du sol: permet l'enfouissement des résidus et donc limite les risques d'apparition de la maladie (Champeil et al., 2004).

La rotation des cultures: la rotation n'affecte pas beaucoup le taux d'inoculum parce que *Microdochium* et *Fusarium* sont des champignons qui possèdent des formes de résistance. Mais il est à noter que des taux d'inoculum élevés ont été enregistrés dans les systèmes à monoculture (Lenc, 2015).

La jachère: le taux d'inoculum des maladies systémiques est réduit en absence de la plante hôte, malgré cela la jachère n'a aucun effet significatif sur la réduction de la quantité de l'inoculum de *Microdochium* du faite que ce pathogène peut survivre sous plusieurs formes en absence de son hôte (Champeil et al., 2004; Paulitz et al., 2010).

Les variétés résistantes: la capacité de certaines variétés de blé à résister à l'infection et à diminuer les pertes du rendement semble être un moyen prometteur dans la future pour contrôler la fusariose (McMullen, et al., 2008).

5.2 La lutte chimique :

Une fois la culture installée, le recours à la lutte chimique est toujours possible, mais avec une efficacité limitée. Les fongicides utilisés montrent une capacité à réduire la maladie jusqu'à 70 % et diminuer l'accumulation des toxines dans les graines. Les travaux de Simpson et al. (2001) confirment la sensibilité des champignons du genre *Fusarium* aux triazoles (Bromuconazole, Propiconazole et le Tebuconazole) (Homdork et al., 2000; Scherm et al., 2013). Pour *Microdochium* spp. les fongicides les plus utilisés appartient aux difénoconazole, le tébuconazole, prothioconazole, bitertanole (Glynn et al., 2005; Walker et al., 2009; Jørgensen et al., 2011).

5.3 La lutte intégrée :

La meilleure approche permettant de lutter efficacement contre la fusariose du blé serait une approche intégrée combinant de bonnes pratiques culturales, l'utilisation de variétés tolérantes ainsi qu'une application de fongicide à la bonne dose et au bon stade de développement de la plante et l'induction de SAR par BCAs (Wagacha et Muthomi, 2007; Moya-Elizondo et Jacobsen, 2016).

CHAPITERE :II

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

La variété d'oued el bared a été utilisée pour évaluer l'agressivité des isolats. Oued el bared est une variété de blé dur qui s'est avérée très sensible à la fusariose et autres maladies de feuillage.

2. Prospections

Des prospections ont été réalisées dans 10 champs de blé dur durant la campagne 2020/2021 et 2021/2022. Ces champs, situés dans le Sud de l'Algérie. Les parcelles prospectées ont été choisies au hasard, mais séparées par environ 10 et 5 Km l'une de l'autre. Pour identifier les agents pathogènes responsables de la pourriture des racines du blé, 20 plants de blé montrant les symptômes de ces maladies, ont été récoltés de chacune des parcelles visitées, 500 g de grains ont été aussi collectés de façon aléatoire après la moisson. Les échantillons ont été par la suite conservés dans des sacs en papier à 4 °C jusqu'à utilisation. La date et le site de collecte ont été indiqués pour chaque échantillon

Les informations concernant le matériel végétal objet d'analyse sont représentées au niveau du tableau **3 Bio stimulant foliaire utilisé**

L'EUROFIT MAX est un biostimulant foliaire qui prévient contre les agressions biotique et abiotique grâce à sa combinaison combinée (partie minérale et complexe d'origine végétale), il offre à la plante les éléments minéraux (N, P) et les oligo-éléments pour prévenir les carences. Aussi :

a) Stimule la défense de la plante :

L'EUROFIT MAX est composé de 3 complexes organiques et minéraux ayant des propriétés complémentaires pour stimuler le processus de défense de la plante :

Complexe éliciteur : il amplifie le message reçu par la plante et permet le déclenchement du processus biochimique du système de défense de la plante.

b) Complexe signal :

Il stimule la fabrication des molécules signales

c) Complexe minéral :

Action du P, Mn et Zn dans la production de l'énergie pour la plante.

Tableau 01 : Liste des échantillons plant et semence de blé utilisés.

N° d'échantillon	Variété de blé	Organe	Origine géographique	Année d'isolment
01	Oued el bared V1	Feuille,racine ;épié	El Méria	2023
02	Oued el bared V2	Feuille,racine ;épié	El Méria	2023
03	Vitron	Graine	Adrar	2022
04	SémitoV 1	Feuille,racine ;épi	El Méria	2022
05	Sémito V2	Feuille,racine ;épié	El Méria	2023
06	Sémito V3	Feuille,racine ;épié	El Méria	2022
07	Vitron	Racine	Adrar	2023
08	Vitron	Racine	Adrar	2023
09	Chen's	Graine	Adrar	2023
10	Oued el bared 1	Graine	El Méria	2022
11	Oued el bared 2	Graine	El Méria	2023
12	Chen's	Graine	Adrar	2022
13	vitron	Graine	Adrar	2023
14	Vitron	Graine	Adrar	2023
15	Chen's	Graine	Adrar	2023

2. Méthodes

2.1. Isolement et identification morphologique des champignons associés à la pourriture racinaire.

2.1.1 Isolement

Pour l'isolement et l'identification des espèces fongiques, à partir des plants de blé présentant les symptômes typiques de ces maladies au niveau du collet, racine et feuillet (nécroses et brunissement), des fragments sont découpés, et des sous échantillons de 100 grains de blé ont été préparés à partir de 500 g provenant de différents champs de blé.

Les fragments et les grains ont été d'abord désinfectés superficiellement dans une solution d'hypochlorite de sodium 1% pendant 3 min, puis rincées 2 fois à l'eau distillée stérile. Les fragments et les grains ainsi désinfectés ont été séchés sur papier filtre stérile sous hotte à flux laminaire. Les grains ont été repiqués dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA et DCPA et les fragments seulement sur PDA et incubées pendant 3 à 5 jours à 25 °C.

Après incubation, les cultures des isolats obtenus sont purifiées par des repiquages successifs et par culture monospore.

2.1.2 Repiquage successif et purification par culture monospore

Les colonies développées sur les graines et fragments de blés mises en incubation ont été séparées et purifiées par repiquage sur milieu PDA. Plusieurs repiquages ont été réalisés afin d'éliminer les contaminations.

Pour la réalisation de la monospore, une suspension de spores a été préparée dans des tubes à essais contenant de l'eau distillée stérile à partir d'une culture de champignon âgée de 10 jours. La suspension est diluée afin d'obtenir une concentration finale de 1×10^3 conidies /ml. Ensuite, à l'aide d'une micropipette, une goutte de la suspension a été étalée de manière uniforme dans une boîte de Petri contenant le milieu PDA.

Les conidies en germination sont prélevées sous une loupe binoculaire et repiquer dans des boîtes de Petri contenant le milieu PDA et mises en incubation dans les mêmes conditions.

2.1.3. Identification morphologique des isolats obtenus

L'identification des isolats obtenus a été basée initialement sur les critères cultureux et microscopiques selon les descriptions de Samuel et Hallet (1983) et Hoshino et al. (2009)

Burgess et al. (1994), Aoki et O'Donnell (1999), Nelson et al. (1983), Leslie et Summerell (2006) et Mady et al. (2015) d'une part pour les deux genres *Microdochium* et *Fusarium* et Malloch et al. (1997) et Warham et al. (1997) pour l'identification des autres genres.

2.1.4 Les critères cultureux

- ✓ Les caractères cultureux utilisés dans la description et l'identification des isolats fongiques sont les suivants :
- ✓ l'aspect du mycélium
- ✓ La couleur des colonies
- ✓ La vitesse de croissance
- ✓ La pigmentation au niveau de l'agar sur milieu PDA
- ✓ La présence ou l'absence des sporodochies

2.1.5 Étude microscopique

- ✓ Les observations des caractères microscopiques ont porté sur :
- ✓ Le type des hyphes : cloisonnés ou non
- ✓ La présence de macroconidies , leurs caractéristiques (nombres de loges, forme peu ou Pas incurvée, forme de la cellule basale) et leur abondance.
- ✓ Il s'agit de spores Pluricellulaires fusiformes plus ou moins courbées. La cellule apicale est plus ou moins Crochue et la cellule basale est pédicellée.
- ✓ La présence ou l'absence de microconidies , , leur nombre et abondance ainsi que leurs leur
- ✓ Disposition : attachées sur le mycélium ou libres.
- ✓ La présence ou l'absence de chlamydospores , leur disposition : terminales ou Intercalaires et leur regroupement : isolées , en amas , en chaînes .
- ✓ Les caractéristiques des Phialides portées par l'extrémité du conidiophores : leur nombre , leur taille ou largeur : étroites plus ou moins effilées(Chabasse et al., 2002).

2.1.6 Calcul de la fréquence des espèces fongiques

La fréquence : nous renseigne sur le nombre de fois que le champignon est présent dans les échantillons analysés. Elle est calculée par le rapport. Le pourcentage d'apparition de chaque champignon a été calculé comme suit :

$$\% \text{ d'apparition} = \frac{\text{NAC}}{\text{NTATC}} \times 100$$

Dont : NAC = Nombre d'Apparition du Champignon ; NTATC = Nombre Total d'Apparition de Tous les Champignons (Dedi et Diomande, 2018).

2.1.7 Mesure de la vitesse de croissance

Des explants mycéliens (6 mm de diamètre) provenant de cultures âgées de 10 jours de chaque isolat ont été déposés dans des boîtes contenant le milieu PDA et incubés à 22°C à l'obscurité. Deux répétitions ont été réalisées pour chaque isolat. Des mesures quotidiennes de la croissance mycélienne ont été prises après 24 h, 48 h, 72 h, 96 h et 120 h d'incubation

2.1.8 Pathogénie et agressivité des espèces associées à la pourriture racinaire

Trois tests d'inoculation ont été effectués dans le but de comparer la pathogénie des principales espèces isolées entre elles, et étudier leurs agressivités. Les isolats testés sont d'origines différentes (épi, collet et feuilles).

Les tests de pathogénicité ont été réalisés par inoculation de la variété Oued El Bared selon deux techniques d'inoculations différentes, l'inoculation par suspension sporale, et l'inoculation par la méthode de la couche d'inoculum au stade semis et après l'apparition de deux à trois feuilles de blé. Les informations relatives aux espèces des isolats utilisés dans ces tests sont mentionnées au niveau du tableau.

3. La préparation du sol

Un mélange de 2/3 du sol provenant d'un champ de céréale de la région de Hamda-Laghout, préalablement stérilisé à 120 °C pendant 24 h dans un four, et 1/3 de terreau commercialisé a été préparé pour la réalisation de cet essai.

4. Inoculation par la méthode de la couche d'inoculum

Selon les protocoles de Hajieghrari (2009) et d'Okello et al. (2019), qui ont été modifiés, en préparant l'inoculum sur un substrat à base de riz et l'apport de l'inoculum a été fait à deux périodes différentes du stade végétatif des plants de blé (stade semis et stade trois feuilles).

4.1. La préparation de l'inoculum

L'inoculum a été préparé sur un substrat à base de riz dans des flacons de 250 ml contenant 60 g de grains de riz et 22 ml d'eau distillée stérile. Les flacons ont été autoclavés pendant 20 min à 120 °C, après refroidissement les flacons ont été inoculés par dix explants de 6 mm de

diamètre provenant de cultures de chaque espèce âgées de 7 jours. Les flacons ont été incubés à 25 °C pendant 15 jours et agités une fois tous les 3 à 4 jours.

Dix isolats ont été utilisés, chaque isolat a été cultivé sur 6 boîtes contenant du milieu PDA et âgées de 10 jours à 25 °C. Les spores ont été récupérées par grattage et filtration des cultures

Cod	Isolats	Organe
ELMD V1	<i>Fusarium Solani</i>	Graine
ELMD 1 J	<i>Fusarium Solani</i>	Graine
Oued el bared v2	<i>Fusarium Sambucinum</i>	Feuille
Oued el bared v2	<i>Helminthosporium Sativum</i>	Feuille
Chan's 1R	<i>Fusarium Sporotrichoides</i>	Racine
Chan's 2 g	<i>Alternaria spp</i>	Graine
Chan's 2 R ros	<i>Fusarium acuminatum</i>	Racine
Vitron	<i>Fusarium Solani</i>	Graine
Chan's 1 R	<i>Fusarium Sambucinum</i>	Racine
ELMD 2	<i>Culvularia</i>	Graine

Tableau 02 : les dix isolats utilisé dans l'essai de l'inoculum par le riz

4.2. L'inoculation «Essai 1»

Dans le premier essai, les graines de blé désinfectées avec de l'hypochlorite de sodium à 2 % ont été semées à raison de 5 graines par pot (5 cm de diamètre x 10 cm hauteur), au stade trois feuilles une couche de 2,5 g de l'inoculum a été déposée adjacent à la plantule au niveau du collet et recouvertes par le sol.

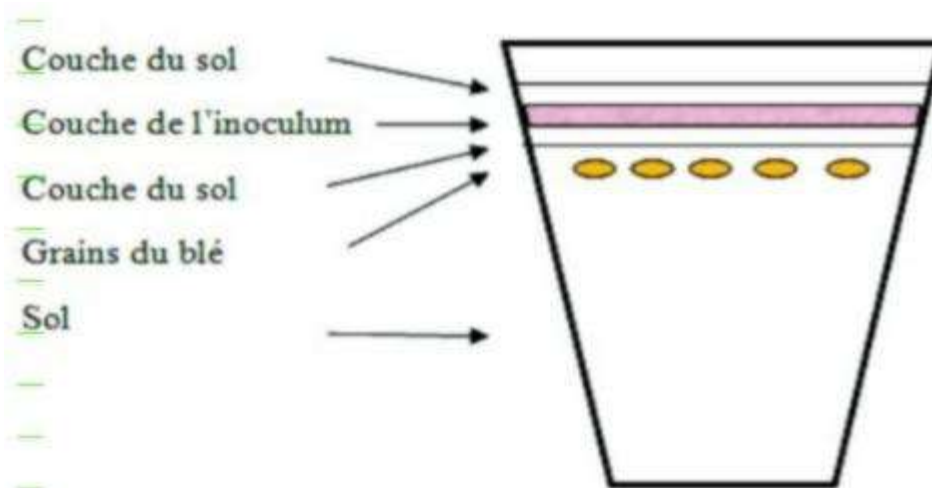


Figure13 . Schéma de la technique d'inoculation par couche d'inoculum (Okello et al.,2019)

4.3 La notation des symptômes « Essai 1 »

Les plants ont été suivis quotidiennement afin de noter l'apparition des symptômes. Les notations des symptômes ont été effectuées après 35 jours du semis, lors de l'arrachage des plantules. Les plantules ont été lavées doucement sous l'eau du robinet pour enlever tous les débris du sol avant l'évaluation de la maladie. La sévérité de la maladie a été évaluée visuellement sur tous les plants en classant les pourcentages de noircissement ou brunissement du collet selon une échelle à 4 degrés décrite par Grey et Mathre (1984).

0 = Absence de symptôme

1 = Noircissement ou brunissement de 1-25 % de la surface du collet

2 = Noircissement ou brunissement de 26-50 % de la surface du collet

3 = Noircissement ou brunissement de plus de 50 % de la surface du collet et plants morts

L'indice de maladie est calculé par le rapport suivant :

IM : L'indice de la maladie

F : Le nombre de plants pour chaque degré dans l'échelle de notation de 0 à 4

N : Le nombre total des plants utilisés

4.4 L'inoculation «essai 2 »

Le deuxième essai consiste qu'au semis, les pots en plastique ont d'abord été remplis de 60 g de sol, suivis de 20 g d'inoculum puis de 20 g de sol avant de semer les graines. Une fois les graines semées, elles sont recouvertes de 20 g supplémentaires de sol .

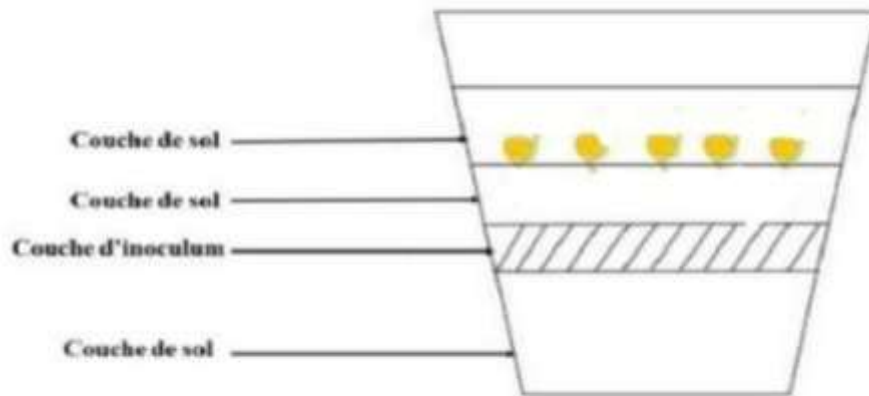


Figure 14. Schéma de la technique d'inoculation par couche d'inoculum (Okello et al.,2019).

4.5 Notations des symptômes « Essai 2 »

La notation des résultats se fait 15 jours après l'inoculation, et la sévérité de la pourriture des racines causée par les isolats sur les semis de maïs a été évaluée selon une échelle de notation de 1 à 5 décrite par Acharya et al. (2015), dans laquelle

- 1 = semis sains sans colonisation racinaire visible
- 2 = noircissement 1 à 19 % de la racine
- 3 = noircissement et pas développé 20 à 74 % de la racine
- 4 = noircissement à 75 % ou plus de la racine
- 5 = colonisation complète Sur les racine et mort

Pour l'analyse de la sévérité de la pourriture des racines, l'échelle a été convertie en pourcentage d'indice de sévérité (PIS) (Wheeler, 1969)

5. Inoculation par pulvérisation sporale au stade début tallage

Avant l'inoculation d'une semaine, les plants ont été traités avec un biostimulant foliaire « L'EUROFITMax » qui a des propriétés complémentaires pour l'amélioration du système de défense de la plante. Afin de tester la toxicité de ce produit sur le blé, il a été apporté dans notre essai à différentes concentrations (10ml, 20ml ; 30ml, 40ml, 50ml), sachant que la concentration recommandée sur terrain est de 2.5/ha apportée par pulvérisation.

Dans cet essai deux isolats ont été utilisés (*Fusarium* et *Helminthosporium*), chaque isolat a été cultivé sur 6 boîtes contenant du milieu PDA et âgées de 10 jours à 25 °C. Les spores ont été récupérées par grattage et filtration des cultures. Ensuite, les suspensions sporales obtenues ont été ajustées sur cellule de Massaz à la concentration de 10^4 spores/mL (Akinsanmi et al., 2004).

L'inoculation a été réalisée au stade début tallage, par pulvérisation jusqu'au ruissellement de l'inoculum sur les feuilles. Cette opération a été effectuée à l'aide d'un pulvérisateur donnant un jet homogène et continu. Une fois inocuées, les plantes ont été recouvertes par des sachets plastiques pendant 48 h pour le maintien d'une humidité relative supérieure à 90% pour favoriser l'infection. Les plants témoins sont constitués par les pots où aucune inoculation artificielle n'a été effectuée. Les notations des symptômes ont été réalisées visuellement selon une échelle de 1 à 9 (Mascher et al., 2005) après 35 jours d'inoculation.

6. Dispositif expérimental :

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque isolat et chaque répétition consiste en deux pots compris le témoin. Les pots sont irrigués une fois tous les deux jours pendant 35 jours.

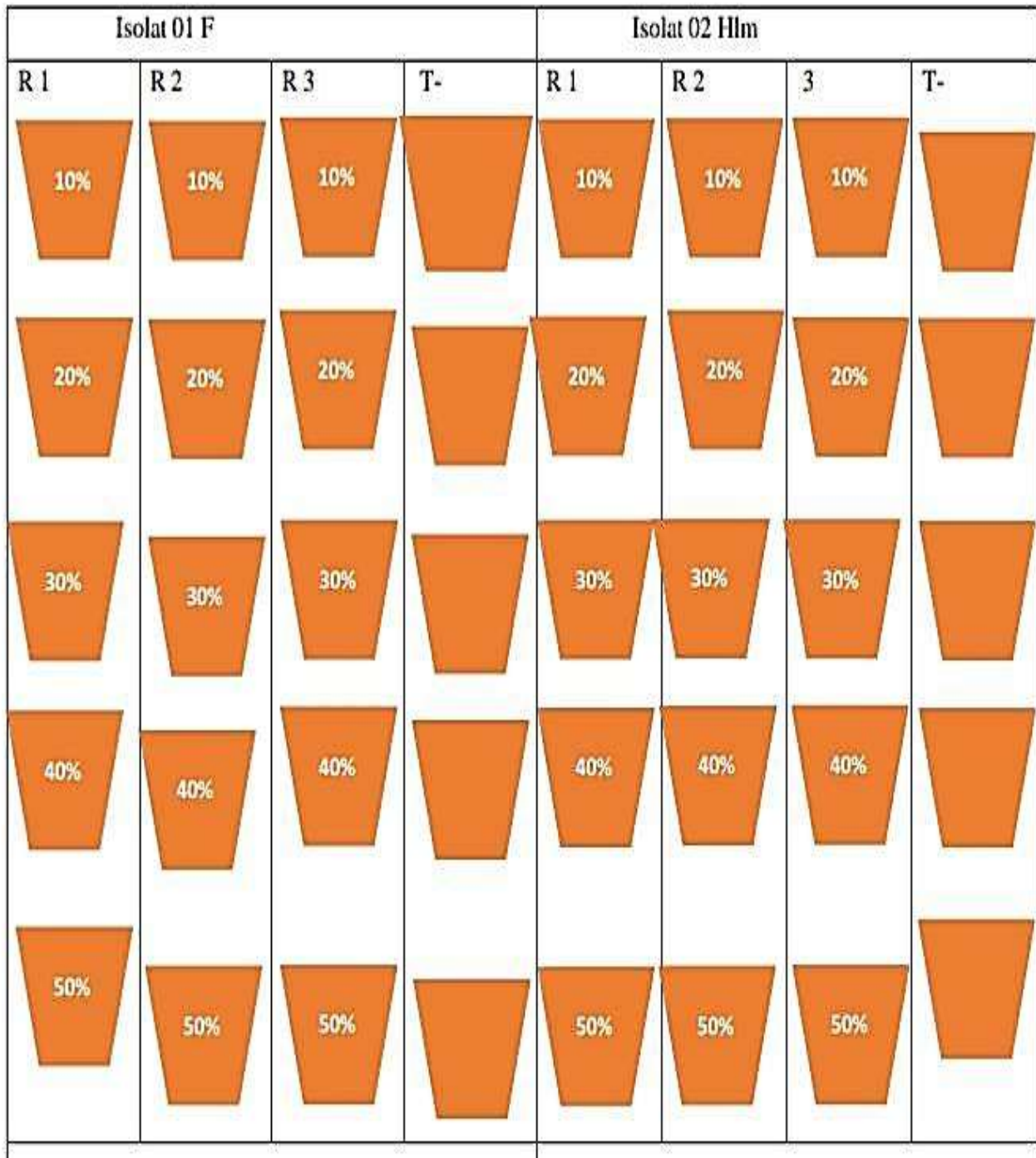


Tableau 15 : Schéma de dispositif expérimental de l’essai de l’évaluation de la pathogénicité de *Fusarium Spet helminthosporium* . Adopté a (1eret2 éme étape) d’inoculation par pulvérisation d’une suspension de spores.

CHAPITERE III

Résultats

Et Discussion

1. Recherche des espèces responsables de la pourriture racinaire du blé dans la région Sud d'Algérie

Au cours de cette première partie de ce mémoire, nous nous sommes intéressés à rechercher les champignons phytopathogènes responsables de la pourriture racinaire du blé dans les régions sahariennes d'Algérie.

Les trois maladies de l'helminthosporiose, curvularia et la fusariose du blé causées respectivement par *Cochliobolus sativus curvularia* spp. et *Fusarium* spp. ont été les plus observées dans les champs de blé des deux wilaya d'Adrar et El Menia. Les parcelles prospectées ont montré un nombre important de plants de blé touchés par ces deux maladies.

En effet, les attaques des épis de blé par ces maladies se traduisent le plus souvent par l'échaudage de certains groupes d'épillets d'une partie ou de la totalité de l'épi, des épis blancs non remplis. Les symptômes se manifestent aussi par des lésions brunes sur le collet, sous le collet et les racines, ou encore des nécroses sur les feuilles. Cependant, les grains mûrs récoltés étaient asymptomatiques.

2. Identification des espèces associées à la pourriture racinaire du blé

L'identification de ces espèces est nécessaire pour un meilleur contrôle de ces maladies.

Les agents responsables des symptômes observés ont été confirmés par des isollements et l'identification des espèces fongiques associées à cette maladie. Les résultats de l'identification morphologique ont montré que les 15 échantillons analysés à partir des champs de blé, ont été attaqués par les espèces de quatre genres *L'helminthosporium* (13.04%), *curvularia* (6.52%), *Fusarium* (15.21%) et *Microdochium* (13.04%) : *Helminthosporium sativum* (*Bipolaris sorokiniana* Teleomorphe *cochliobolus sativus*), *C.pécifiera*, *C. lunata*, *F. Sambucinum*, *F. sporotrichioides*, et *F.acuminatum*, et *M. nivale* en se basant sur l'observation de nombreuses caractéristiques anamorphiques et critères microscopiques des isollements sur milieu PDA. Lorsque toutes les informations sont recueillies, l'identification préliminaire ! pouvait être réalisée en utilisant les clés de Leslie et Summerell (2006) et Aoki et O'Donnell (1999) et Warharm Tableau... (Fig.1) et (Fig. 2).

<i>Alternaria</i>	26%
<i>Aspergillus</i>	8.69%
<i>Penicillium</i>	13.04%
<i>Curvularia</i>	6.52%
<i>helminthosporium</i>	13.04%
<i>Fusarium</i>	15.21%
<i>Microdochium</i>	13.04%

Tableau 03. pourcentage(%) des genres fongiques dans les échantillon de blé

Code	Espèce	Organes	Origines géographique	Années d'isolement
Iso1	<i>helminthosporium.sativum</i>	Feuille	El-Méniéa	2023
Iso2	<i>Fusarium.acuminatum</i>	Graine	Adrar	2023
Iso3	<i>Curvularia lunata</i>	Graine	Adrar	2023
Iso4	<i>Fusarium.Sambucinum</i>	Graine	Adrar	2022
Iso5	<i>Fusarium. Solani</i>	Graine	Laghouat	2021
Iso6	<i>Microdochium spp.</i>	Graine	Laghouat	2021
Iso7	<i>Microdochium.</i>	Racine	Adrar	2023
Iso8	<i>helminthosporium.sativum</i>	Graine	Adrar	2023
Iso9	<i>helminthosporium.sativum</i>	Graine	Adrar	2023
Iso10	<i>Fusarium.Sambucinum</i>	Graine	Laghouat	2022
Iso11	<i>Fusarium.Sambucinum</i>	Racine	Adrar	2023
Iso12	<i>Fusarium.Sambucinum</i>	Racine	Adrar	2023
Iso13	<i>Fusarium .sporotrichioides</i>	Racine	Adrar	2023
Iso14	<i>Fusarium .sporotrichioides</i>	Racine	Adrar	2023
Iso15	<i>Fusarium.Sambucinum</i>	Graine	Laghouat	2022
Iso16	<i>Microdochium.</i>	Graine	Adrar	2023
Iso17	<i>Microdochium.</i>	Graine	Adrar	2023
Iso18	<i>Microdochium.</i>	Graine	Adrar	2023
Iso19	<i>Microdochium.</i>	Graine	Adrar	2023
Iso20	<i>Fusarium. Solani</i>	Graine	Adrar	2023
ISO 21	<i>Curvularia spicifera</i>			

Tableau 04. Liste des isolats obtenus

3 Description et identification biologique des isolats obtenus.

L'identification des genres fongiques isolés à partir des échantillons de plants de blé entier et grains a été basée sur les critères décrits dans les clés d'identification des champignons phytopathogènes.

3.1 Le genre *Fusarium*

Le genre *Fusarium* La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809. Il doit son nom du latin *fusus* (fuscau) en rapport à la forme de ses macroconidies fusiforme et cloisonnées . Il appartient à la division des ascomycètes et à la famille de nectriacées . Le genre *Fusarium* inclue de champignons imparfaits ou anamorphes dont la reproduction est asexuée et se fait par le biais des conidies de formes et d'organisation très variée (JEUNOT , 2005) , d'autres sont parfaits ou téléomorphes dont leur reproduction est sexuée (NELSON ET AL , 1983) . 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 (SIOU , 2013) . Les mycotoxines peuvent être toxiques pour l'homme et les animaux supérieures , mais aussi cancérigène , neurotoxiques , ou ... (SRAL AUVERGNE , 2010)

3.2 *Curvularia Spicifera*

Le champignon *Curvularia spicifera* a été décrit pour la première fois en 1972 par les mycologues indiens K.V. Seshadri et C.V. Subramanian. Colonies apparaissant vitreuses avec de la poudre de spores de conidies, ou poilues si la sporulation est faible. Conidiophores dressés, non ramifiés, cloisonnés, atteignant 250 µm de long et 4-8 µm de large, régulièrement en zigzag dans la partie apicale, avec des cicatrices plates brun foncé sur les bords. Conidies brunes, cylindriques aux extrémités arrondies. Les conidies sont sombres, ellipsoïdales à arrondies aux extrémités ou parfois légèrement effilées vers la base avec 2-3 septa transversales. Lagermination des conidies est bipolaire. Cette description correspond à celle de l'espèce *Curvularia spicifera* selon la description de Jeon et al. (2015).

3.3 *Microdochium spp.*

Les colonies présentent souvent un mycélium ras et parfois légèrement aérien dense et feutré. Les cultures sont de couleur blanche à rose saumon, des nappes de sporodochies de couleur orange vif sont présentes très souvent à la périphérie de la culture (Fig.19), mais parfois dispersées sur la culture ou en nappes concentriques Hoshino et al., (2009).

Les *Microdochium* spp. sont Caractérisés par la présence des cellules conidiogènes annélidiques, la forme et la taille des conidies établis par Samuel et Hallet, (1983).

3.4 *L'helminthosporium* :

La colonie sur semence est pale à brun moyen foncé avec très peu de mycélium aérien blanc Lesconidiophores sont séparés ou en groupes de 2 à 6 ,droits ou courbés ,de couleur brun olive clairà foncé , de taille moyenne à longs , parfois très longs , et mesurent 150-300 x 7-11 µm . Lesconidies sont droites ou légèrement courbes , en forme de massue ou plus larges près du milieu ,effilées près des bouts , avec un apex arrondi et une cellule basale bombée au point d'attachement .Les conidies sont de couleur jaune paille pale à moyen, brun jaunatre ou grisolive, ont 4-9 septes et mesurent 50-144 x 18-33 µm. Les périthèces sont noirs et sphériques. Lesasques sont cylindriques avec une courte tige et contiennent 1-8 ascospores (ordinairement 2-4)hyalines ,droites ou légèrement courbes , typiquement avec 3 septas ;ils mesurant 13-17 x 42-78µm. Les conidies s'élèvent à partir de longs conidiophores et sont larges , de couleur brunjaunatre,droites ou légèrement courbes , plus étroites aux deux extrémités ,avec une cellulebasale faisant saillie au point d'attachement

3.5 *Alternaria* sp.

Des colonies montrant une couleur gris clair et deviennent par la suite vert foncé à noir). L'observation microscopique montre un mycélium cloisonné avec ramifications, fines et Régulières et la présence d'un conidiophore sombre, habituellement simple, parfois ramifiées, Avec des ramifications courtes ou allongées Les conidiophores produisent des conidies de manière acropétale. Ces dernières sont foncées, ovoïdes ou ellipsoïdes, segmentées Par des cloisons transversales et longitudinales .Cette description correspond à cellul Du genre *Alternaria* selon la description de Woudenberg et *al.* (2013)



Figure 16. Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des semences et Feuille et racine de blé.

A : *F. Sambucinum* ; **B :** *F.Sambucinum* ; **C :** *H.sativum* ; **D :** *Curvularia lunata* ; **E :** *F.Sambucinum* ; **F :** *F.acuminatum* ; **G :** *Alternaria spp.* ; **H :** *H.sativum* ; **I :** *F.Sambucinum* ; **J, Q :** *F. sporotrichioides* ; **K, L, N** *Alternaria spp.* ; **M, P** *F.solani* ; **O :** *F.Sambucinum* , **R :** *Curvularia spicifera*

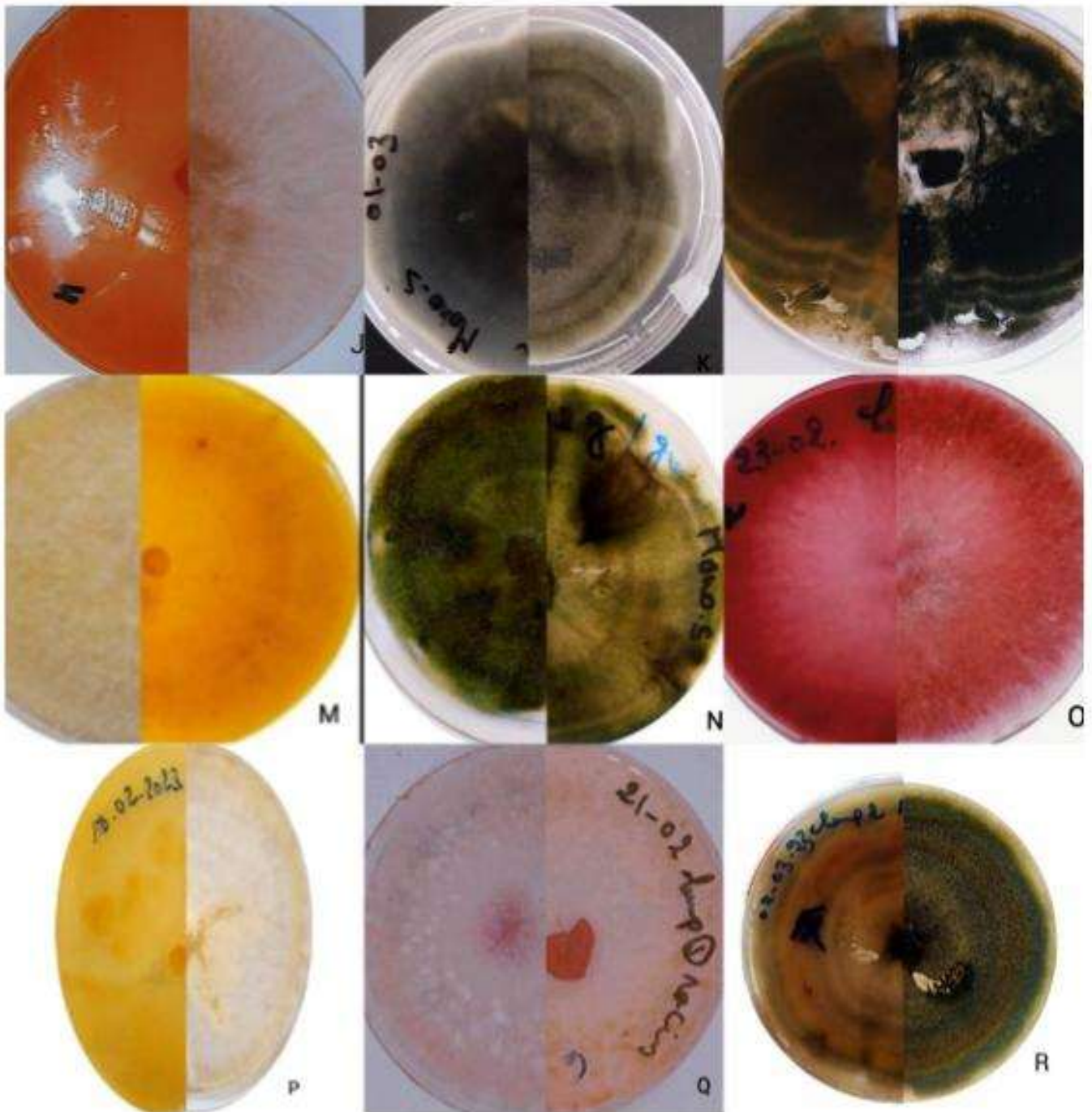
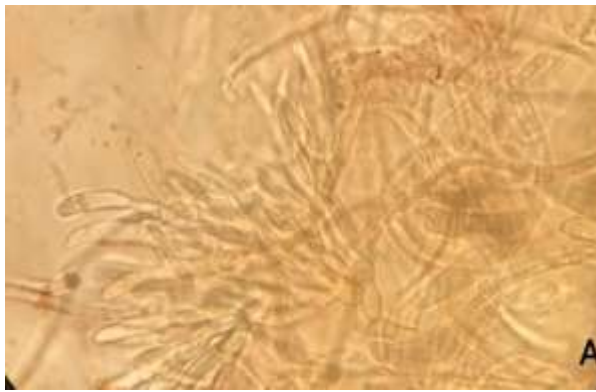


Figure 17 : Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des graines et racine de blé



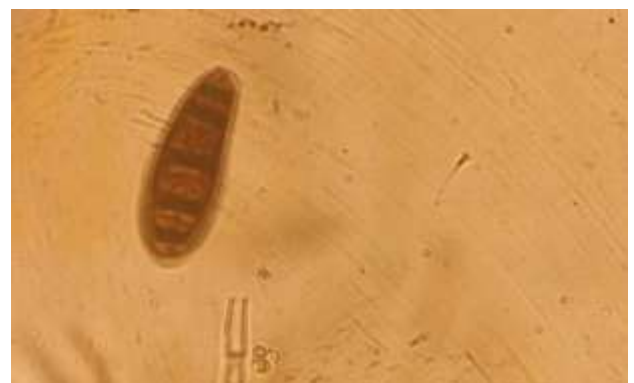
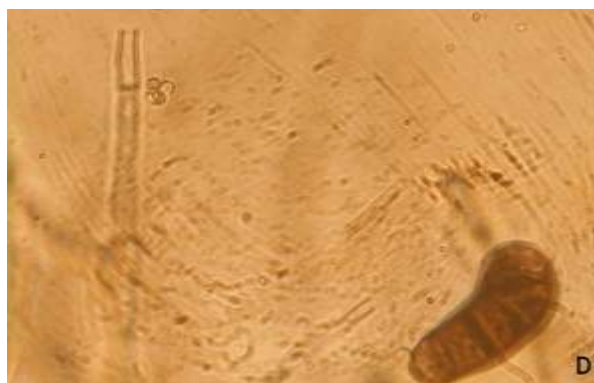
A : aspect microscopique de *F. Sambucinum*



B : aspect microscopique d *F.Sambucinum*



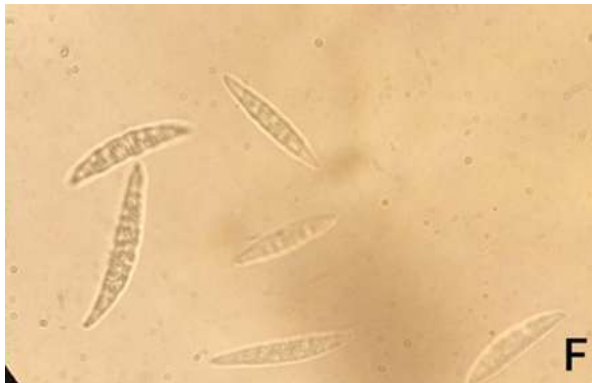
C : aspect microscopique de *H.sativum*



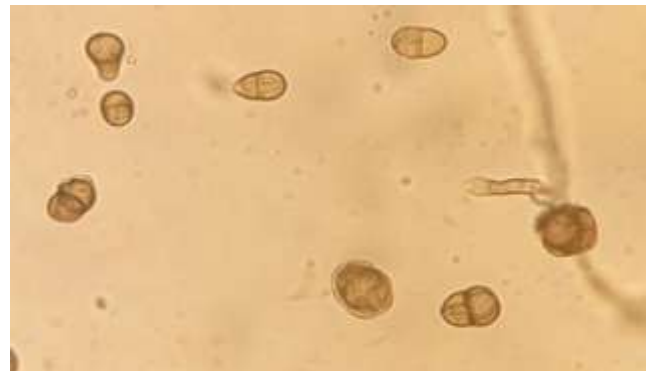
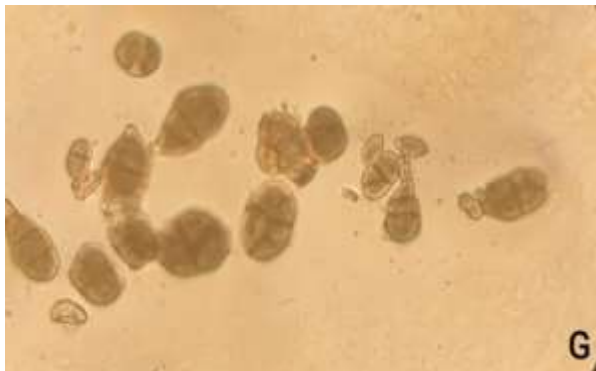
D : aspect microscopique de *Curvularia lunata*



E : aspect microscopique de *F.Sambucinum*



F : aspect microscopique de *F.acuminatum*



G : aspect microscopique de *Alternaria spp*



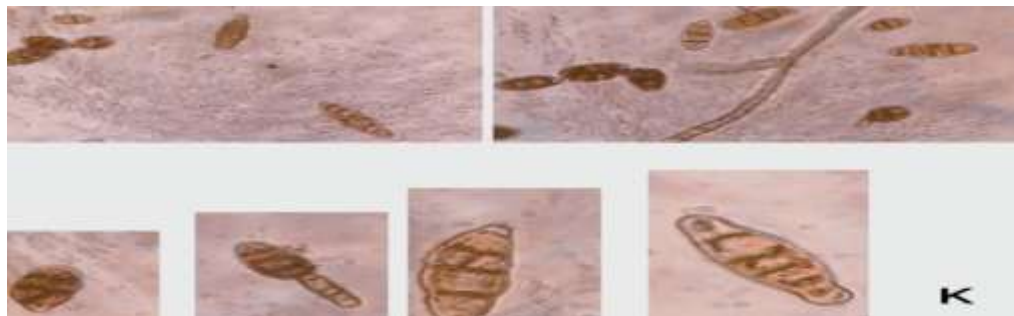
H : aspect microscopique de *H sativum*



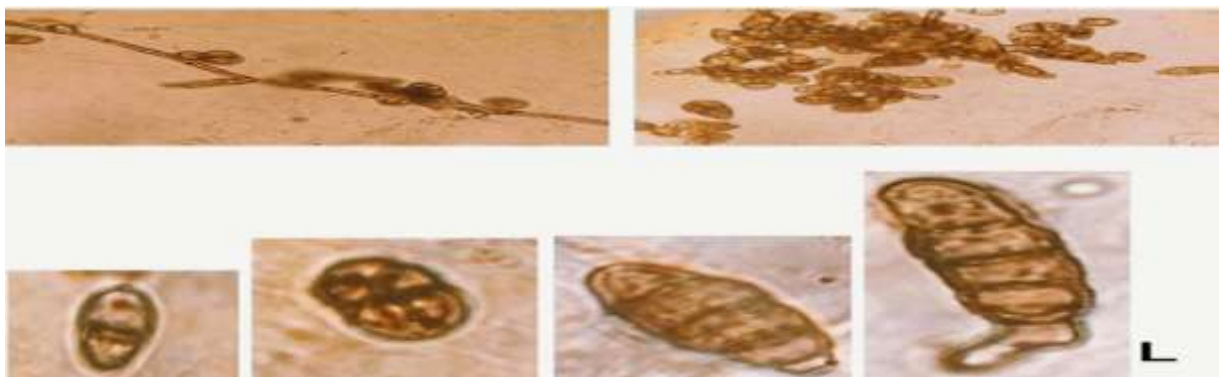
I : Aspect microscopique de *F.Sambucinum*



J : Aspect microscopique de: *F. sporotrichioides*



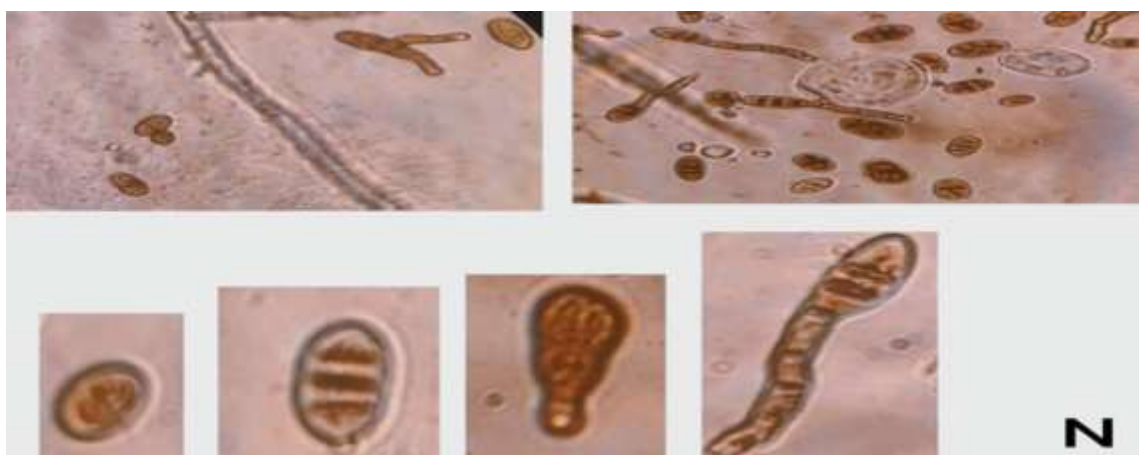
K ;Aspect mirosopique de *Alternaria spp*



L :Aspect mirosopique de *Alternaria spp*



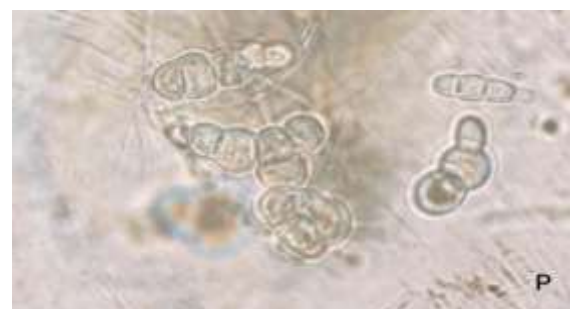
M ; Aspect mirosocopique de *F solani*



N : Aspect mirosocopique de *Alternaria spp*



O : Aspect mirosocopique de *F.Sambucinum*



P : Aspect mirosocopique de *F solani*



Q : Aspect microscopique de :
F. sporotrichioides



R ;Aspect microscopique de *Curvularia*
spicifera

Figure18 .Aspect microscopique des espèces fongiques (Gx 100) (Gx40).

4 Évaluation de l'agressivité des isolats de *Fusarium spp* et *Helmenthospore*.

Pour tester la pathogénicité et évaluer l'agressivité des isolats de *Fusarium*, *Helminthosporium* et *Curvularia* (3 isolats de *F. subglutinans*, 3 isolats de *F. verticillioides* et un isolat de *F. semitectum*), sur le collet, les racines et les feuilles de blé, trois essais avaient été réalisés pendant 35 jours selon trois techniques.

4.1 Inoculation par la méthode de la couche d'inoculum

Dans ce premier essai l'inoculum a été apporté au stade début tallage et déposée adjacent à la plantule au niveau du collet. Les symptômes et la sévérité de la maladie ont été évalués après 28 jours de l'inoculation. Les résultats ont montré que tous les isolats de *Fusarium* sont pathogènes au niveau du collet et ont induit une nécrose au niveau du collet.



Figure 19 . Les différents degrés d'agressivité de *Fusarium spp*. Observés sur les racines du blé après 15 jour d'inoculation par couche d'inoculum.

Annexe 01 : . Classement des pourcentages d'indice de sévérité (PIS) des isolats de *Fusarium* inoculés au niveau du collet de blé.

Isolats	N Moyenne	Grouping
Oued ElBared	3 83,33	A
Champ F1	3 78,33	A B
ELMDV3	1 75,00	A B C
Champ F2	3 73,67	A B C
Champ 1	3 73,67	A B C
ELMDV1	1 70,00	A B C
ELMD2	3 70,00	A B C
ELMDV2	1 60,00	A B C D
Champ2	3 53,3	A B C
ELMD1 V1	3 47,00	B C D
ELMD1	3 41,7	CD
Vitron	3 14,33	D

Les isolats *Helminthosporium .sativum* F.SC, *Microdochium* , *Curvularia spicifera* et *Fusarium .Sambucinum* sont considérés les plus agressifs parmi tous les isolats testés avec un pourcentage d'indice de sévérité (PIS) de 83,33 % et 78,33% respectivement. Les PIS les plus faibles ont été notés chez les plantes des isolats Iso 12 avec un PIS égal à 14.33%

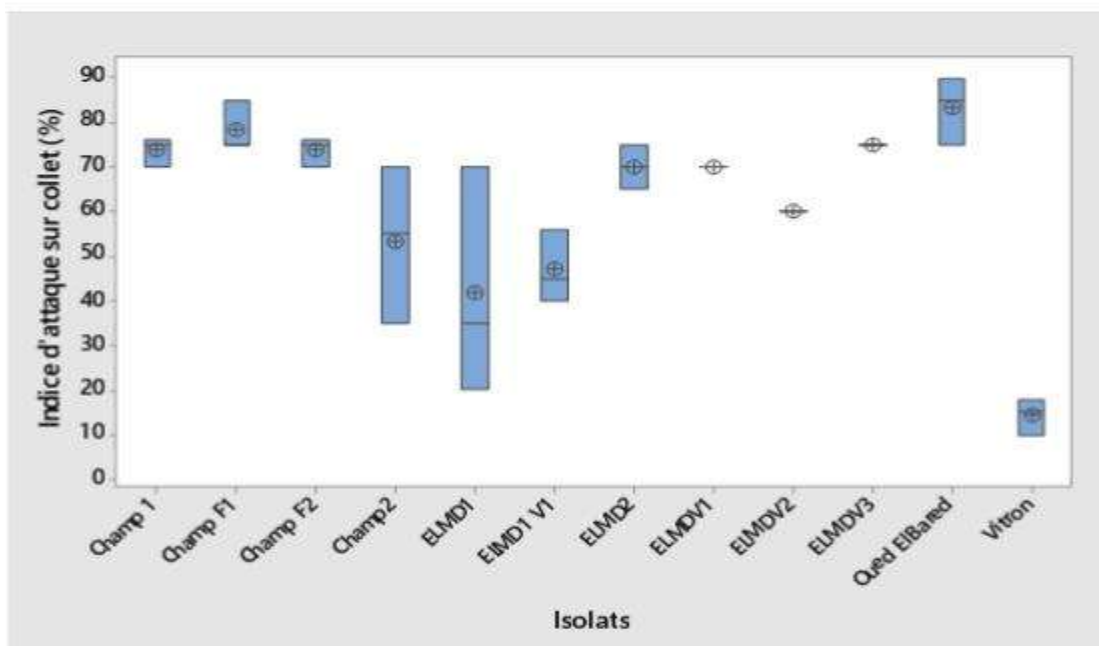


Figure20 : Le pourcentage de l'indice de sévérité (PIS) des isolats de *Fusarium* Au niveau du collet .

Concernant le deuxième essai, où l'inoculum a été apporté avant le semis. Une différence très hautement significative ($P < 0,001$) entre les pourcentages d'indice de sévérité (IS) des différents isolats de *Fusarium spp.* a été observé sur les plantules après 15 jours l'inoculation (Annexe 02). Les isolats ont provoqué une décoloration de la racine des plantules de blé, un brunissement, avec des fontes de semis. Aucun symptôme n'a été observé sur les racines des plantules témoins (Fig 7).

L'isolat *Curvularia.. spicifera* a montré un PIS de 1000 % significativement plus élevé que les autres isolats, suivi par *Microdochium* avec un PSI égal à 96.76%, le PIS de l'isolat *Fusarium. Solani* était significativement plus faible que ceux de tous les autres isolats et les trois isolats

Les isolats les plus agressifs ont entraîné la fonte de semis et la mort de majorité des plantules à la fin de l'essai.

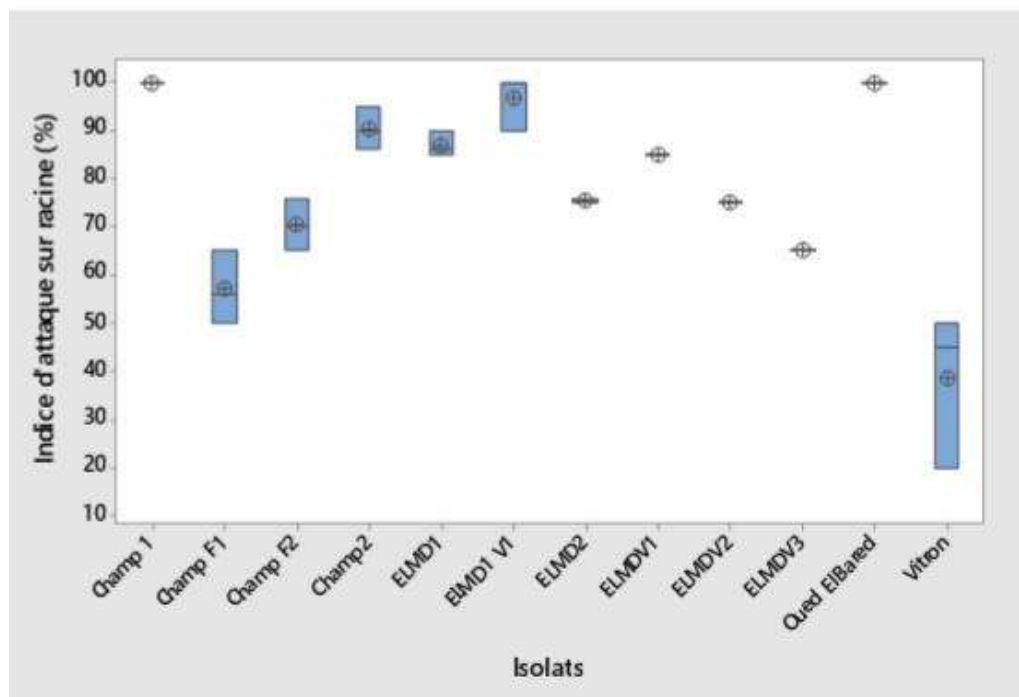


Figure 21 : Le pourcentage de l'indice de sévérité (PIS) des isolats de *Fusarium* Au niveau du racine

Annexe 02 : Classement des pourcentages d'indice de sévérité (PIS) des isolats de *Fusarium* inoculés au niveau de la racine du blé.

Isolats	N	Mean	Grouping
Oued ElBared	3	100,0	A
Champ 1	3	100,0	A
ELMD1 V1	3	96,67	A
Champ2	3	90,33	A B
ELMD1	3	87,00	A B
ELMDV1	1	85,00	A B C
ELMD2	3	75,333	B C
ELMDV2	1	75,00	A B C
Champ F2	3	70,33	B C



Figure 22 . Evolution des symptômes de la pourriture racinaire sur le collet .

4.2 Inoculation par pulvérisation sporale au stade début

Tout d'abord, cet essai a été réalisé, dans le but de tester un produit très utilisé sur les céréales dans le régions Sud comme fertilisant et aussi comme stimulateur du système de défense de la plante il s'agit dubiostimulateur L'EUROFIT MAX. Ainsi deux isolats de *Fusarium* et *Helminthosporium* ont été testés pour leur capacité d'engendrer une maladie sous l'effet de ce bio stimulateur. Ils ont été inoculés au stade début tallage sur une variété de blé dur Oued El Bared. Les deux isolats se sont montrés pathogènes avec les différentes doses de produits apportés. Au cours de cet essai, l'agressivité des deux isolats a été évaluée. Une semaine après l'inoculation des feuilles traitées à différentes concentrations, des symptômes de la fusariose et helminthosporiose sur les feuilles ont commencé à apparaître sur les feuilles

inoculées et traitées. A la fin de l'essai (25 jours après l'inoculation), tous les plants de blé inoculés ont été complètement atteints, les épis témoins, n'ont pas montré de symptômes d'attaques.

Ainsi, si on se réfère aux symptômes visuels (IA%), l'analyse des échantillons issus des trois répétitions biologiques pour les deux isolats, montre des différences conséquentes dans l'agressivité du même isolat avec les cinq doses. Le test de Tukey montre que chaque isolat diffère significativement ($p < 0.0001$) (HSD) dans sa capacité de causer la fusariose et l'helminthosporiose. Nous avons noté que les indices d'attaque varient entre 30% et 60% sur les plants traités par contre le témoin inoculé non traité a montré un indice d'attaque élevé de l'ordre de 75% (voir Tableau et, indice d'attaque (IA)).

Cependant nous avons noté une diminution dans l'IA avec les deux doses 20ml et 30ml.

Pour les plants traités avec les doses 40 ml et 50 ml une petite dépigmentation du limbe foliaire, indique un symptôme de phytotoxicité qui était très faible par rapport à la dose élevée. Ce qui nous laisse dire que ce produit ne provoque pas de phytotoxicité pour le blé même avec la dose de 50ml. Notons, que nous avons pu constater une réduction de l'IA à 20ml et 30 ml mais ce produit n'a pas pu inhiber complètement le développement des deux maladies.



Figure 23 . les différents degrés d'agressivité de *Fusarium spp.* Observés sur les racines du blé après 15 jours d'inoculation par couche d'inoculum.

Discussion

Les isollements effectués à partir des plants de blé présentant des symptômes typique de la pourriture racinaire, nous ont permis de mettre en évidence la flore fongique associée à cette maladie et confirmer la présence de la pourriture racinaire d'une part dans les régions Sud et d'identifier et caractériser les espèces du genre *Fusarium*, *Helminthosporium* et *curvularia* d'autre part.

Les prospections effectuées au cours de cette étude, ont confirmé la prédominance de la fusariose du collet et *l'helminthosporium* ; ainsi que *curvularia*. Les champs prospectés ont montré surtout, la présence de symptômes de *l'helminthosporium* sur les feuilles à des pourcentages importants de contamination selon notre estimation personnelle.

L'identification morphologique des espèces fongiques isolées des plants de blé attaqués A été basée sur différents critères morphologiques proposés par Aoki et O'Donnell (1999), Leslie et al., (2006) et Warham et al. (1997). Une collection de 46 isolats a été purifiée et exploitée pour l'identification. Sur l'ensemble de nos échantillons analysés, 6 principaux genres ont été identifiés : *Fusarium* (15,21 %), *l'helminthosporium* ; (13,04%), *curvularia* (6,52 %), *Penicillium* (14,04 %), *Alternaria* (26,08 %), et le genre *Aspergillus* (26,74 %).

En se référant à la bibliographie, ces genres contaminent les grains, le collet et les racines de blé. Les genres *Fusarium*, *Helminthosporium* et *curvularia* sont considérés comme agents pathogènes sur blé, les genres *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* sont principalement des agents saprophytes (Champion, 1997 ; Duveiller et al., 1997 ; kumar et al., 2002).

Les résultats obtenus dans la présente étude concordent avec ceux obtenus par Huang et al., (2019), Necaibia Asma et Bouznad (2019), Zhu (2010) et Sharma et Duveiller (2004) qui ont confirmé dans leur étude la présence et la contamination des champs de blé par *Helminthosporium* respectivement en Chine, Algérie et en Asie du Sud . Aziz et al. (2000) ont également constaté que *Fusarium* est le champignon le prédominant sur le maïs, l'orge et le blé.

En effet, l'identification morphologique a permis de montrer l'implication de 5 espèces à savoir : *Fusarium acuminatum*, *F. sporotrichioide*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium Solani*, *Microdochium spp.*

La pourriture du collet est répandue dans la plupart des régions productrices de céréales dans le monde, elle a aussi été signalée en Afrique du nord.

Elle a aussi été signalée en Afrique du nord (Kammoun et *al.*, 2009 ; Laraba et *al.*, 2017). La pourriture du collet est un problème chronique où les conditions sèches sont présentes et la monoculture est largement utilisée.(Beccari et *al.*,2018). Elle est causée par les espèces *F. pseudo graminearum*, *F. culmorum* et *F. graminearum* (Akinsanmi et *al.*, 2004 ; Sherm et *al.*, 2013 Beccari et *al.*, 2018) , *Microdochium nivale* dans les régions tempérées ou encore *F. algeriens* Laraba & O'Donnel qui a été isolée d'une pourriture du collet des parties basales du blé dur (Laraba et *al.*, 2017).

Curvularia lunata et *C. spicifera* ont été isolés à partir des semences de maïs, ce sont deux espèces pathogènes provoquent la tache foliaire de *Curvularia* qui est une maladie courante chez le maïs et le blé dans le monde entier. Elle est présente en Amérique du Nord et du Sud, en Europe, en Asie et en Afrique et entraîne des réductions significatives des rendements, avec des pertes sérieuses pouvant atteindre jusqu'à

60% (Chang et *al.*, 2020).

Des prospections ont été réalisées dans les champs de blé (blé dur et tendre) et d'orge en avril-mai 2017 dans le nord-ouest du Maroc ont permis d'isoler une espèce du genre *Curvularia* il s'agit de *Curvularia spicifera* responsable de lésions nécrotiques caractéristiques de la pourriture des racines du blé et de l'orge. Egalement *Bipolaris sorokiniana* et un complexe d'espèces *Fusarium* ont été détectés (Qostal et *al.*, 2019).

Pour tester la pathogénicité des isolats de *Fusarium spp.* *Helminthosporium* et *curvularia* nous avons sélectionné 4 isolats de *F. Microdochium*, 3 isolats de *F. sporotrichioides*, et 2 isolat de *F. Sambucinum*, *Curvularia*, et 2 isolats *helminthosporium* nous avons utilisé trois méthodes d'inoculation au niveau des racines, de la tige et les feuilles de blé. Tous les isolats ont induit des symptômes sur plantules de blé. En effet, nos résultats ont montré qu'indépendamment des techniques d'inoculations, tous les isolats ont induit des brunissements sur collet avec des indices de sévérités différents.

Les résultats de ces méthodes d'inoculation indiquent que tous les isolats de *Fusarium* et *curvularia* et *l'helminthosporium* sont pathogènes sur blé, cependant, les isolats *Helminthosporium*, *Fusarium* , et *Curvularia* étaient considérés plus agressifs que les autres isolats, l'isolat Vitron était considéré comme l'isolat le moins agressive. Cependant, en raison du faible nombre d'isolats utilisés, il est difficile de tirer des conclusions sur le potentiel de l'espèce à affecter les plants de blé et à provoquer des maladies. Concernant le test d'inoculation par pulvérisation sporale au stade début tallage avec l'application dubiostimulateur

L'EUROFIT MAX. Les résultats ont montré que les deux isolats de *Fusarium* et *Helminthosporium* ont engendré des symptômes des deux maladies. Cependant nous avons noté une diminution timide dans l'IA avec les deux doses 20ml et 30ml, mais ce produit n'a pas pu inhiber complètement le développement des deux maladies. Nos résultats sont en accord avec ceux d'Amour et Bennia (2022), qui confirme que l'utilisation des biostimulants dans la région de Bordj Bou Arreridj est satisfaisante, quand L'EUROFIT MAX a été utilisé dans le cadre de la protection des végétaux contre les maladies fongiques, leurs résultats ont montré une réduction de la propagation de l'oïdium, la fusariose et le piétin échaudage.

Conclusion

Conclusion

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, l'espèce blé dur est devenue de plus en plus intéressante, car elle assure une bonne partie des besoins du marché.

Le but de cette étude était confirmer la présence de la pourriture des racines du blé dans le Sud algérien. Et chercher les principaux genres fongiques contaminant le blé dans ces régions. Les isolements réalisés à partir des échantillons de blé présentant des symptômes de typiques de la pourriture racinaire du blé ont permis d'obtenir une collection 46 isolats.

Les résultats de l'identification morphologique ont montré que les 15 échantillons analysés à partir des champs de blé, ont été attaqués par les espèces de quatre genres *L'Helminthosporium*, *Curvularia*, *Fusarium* et *Microdochium*: *Helminthosporium sativum* (*Bipolaris sorokiniana* Teleomorphe *cochliobolussativus*), *C.pécifiera*, *C.lunata*, *F. Sambucinum*, *F. sporotrichioides*, *F.* et *F.acuminatum*, et *M. nivale*.

Les espèces appartenant aux trois genres de *Fusarium*, *Helminthosporium* et *Curvularia* ont été connues depuis longtemps comme agents pathogènes du blé, responsables des maladies de la pourriture des racines et des épis chez le blé. Pour cela nous avons testé la pathogénicité de quelques isolats de *Fusarium*, *Helminthosporium* et *Curvularia* par trois méthodes d'inoculation, la première par inoculation à la base de la tige et les racines la dernière par inoculation foliaire, les résultats de ce test confirment la pathogénicité des isolats sur blé.

Le dernier essai a été conduit dans le but de tester l'effet d'un produit biologique « Eurofit max » sur les deux isolats de *Fusarium* et *Helminthosporium*.

Ainsi nous avons pu constater une réduction de l'IA à 20ml et 30 ml mais ce produit n'a pas pu inhiber complètement le développement des deux maladies. Suite à ces résultats obtenus, des perspectives majeures de recherche se dégagent: En priorité d'autres analyses sur un nombre d'échantillons plus important mériteraient d'être envisagées afin de confirmer nos résultats. Ces données seraient intéressantes afin de connaître quelles espèces prédominent pour une région géographique donnée et dans quelles proportions les espèces se répartissent à travers le territoire saharien.

Dans la continuité de ce travail, il sera intéressant de compléter et de développer ce sujet par des études plus larges et pendant plusieurs campagnes agricoles pour bien identifier la dynamique et les facteurs influençant la gravité des maladies fongiques du blé.

Conclusion

Afin de minimiser la flore fongique qui peut provoquer des maladies dévastatrices, il est nécessaire de tester la sensibilité des variétés cultivées dans le sud du pays afin de sélectionner celles qui sont les plus résistantes aux maladies fongiques,

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- 1. Abbassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L. 1998.** Phénologie et production du blé Dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. *Ann. Agron. INA*, (18) : 24-36
- 2. Abdallah, N. 2013.** Complexe fongique pourriture racinaire et fusariose de l'épi : Étude Pathologique et lutte biologique avec *Trichoderma atroviride* P. Karsten. *Mém. Mag. Agr. E.N.S.A. El-Harrach*. 169 p
- 3. Agrios (G.N.) – Plant pathology, Fourth edition.** New York, US : Academic Press, 1997, 635p.
- 4. Andanson A (2010).** Evolution de l'agressivité des champignons phytopathogènes, Couplage des approches théorique et empirique. Thèse de doctorat. Biologie végétale Et Forestière. Montpellier. L'Université Nancy I – Henri Poincaré. P05-08
- 5. Babadoost M (2018).** *Fusarium : historical and continued importance*. p14-17.
- 6. BENBELKACEM, A., KELLOU, K. 2001.** Évaluation du progrès génétique chez Quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Algérie. *Options méditerranéennes*. 6 : 105-10
- 7. Bipolaris sorokiniana, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control** ‡ JAGDISH KUMAR^{1,†}, PATRICK SCHÄFER^{2,†}, RALPH HÜCKELHOVEN², GREGOR LANGEN², HELMUT BALTRUSCHAT², ELKE STEIN², SUBRAMANIAM NAGARAJAN¹ AND KARL-HEINZ KOGEL^{2,*} *MOLECULAR PLANT PATHOLOGY* (2002) 3(4), 185–195
- 8. Bonjean A .et Picard E., (1990) – Les céréales à paille origine, historique, économie Et sélection.** Eds Nathan, 235 pages
- 9. Carlier, B. 2001.** Les fusarioses : des maladies dures à combattre. *Jeunes agriculteurs*. 557p
- 10. Caron, D. 1993.** Les fusarioses. I.T.G.C. Paris. 30-39 pp
- 11. COOK, R.J. 1980.** *Fusarium foot rot of wheat and its control in the Pacific Northwest*. Plant
- 12.** Detection of Helminthosporium Leaf Blotch Disease Based on UAV Imagery
- 13. Djermoun, A. 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie* 01 : 45- 53.
- 14. Duveiller, E., H.J. Dubin, J. ~eeves, and A. McNab, eds. 1997.** *Helminthosporium Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot*. Mexico, D.E: CIMMYT <http://www.cimmyt.mx> or <http://WWW.v.cgiar.org> Proceedings of an International Workshop Held at CIMMYT EI Batan, Mexico

Références Bibliographiques

15. **Grignac P.H., 1965**-Contribution d l'étude de *Triticum durum*(Desf) Thèse d'état en Agronomie.Toulouse,152 p.(Godon et William, 1991). Généralités sur les céréales pp49
16. <https://www.agrimaroc.ma/les-pourritures-racinares-des-cereales-maroc>.
17. <https://www.algerie-eco.com/>
18. <https://www.cairn.info>
19. <https://www.cropscience.bayer.dz>
20. <https://www.elmoudjahid.dz/fr/regions/adrar-pres-d-un-million-de-quintaux-de-ble-attendu-8435>
21. <https://www.jeuneafrique.com>
22. <https://www.leconomistemaghrebin.com>
23. <https://www.mordorintelligence.com/fr>
24. **Khabouze (M.)** – Contribution à l'étude des pourritures racinaires du blé. Mém. 3 e cycle. Inst. Agron. Vét. Hassan II., Rabat, Maroc. 1988, 113 p.
25. **Mascher, F., Michel, V. et Browne R. A. 2005**. Sélection de variétés de blé et de triticales Résistantes à la fusariose sur épi. *Revue Suisse Agriculture* 37 (5) : 189 194
26. **Maslouhi A., (1989)**. Contribution à l'étude in vitro des antagonistes de *Fusarium Oxysporum*F.spAlbedinis, agent causal du Bayoud, pp 4-8. Thèse de doctorat.INA,Marrakech (Maroc)
27. **Moore, K., Manning, B., Simpfendorfer, S. et Verrell, A. 2005**. Root and Crown Diseases Of Wheat and Barley in Northern NSW. NSW DPI Tamworth NSW
28. **MYKHALSKA L.M., SANIN O.Y., SCHWARTAU V.V., ZOZULIA O.L., & HRYTSEV O.A. 2019**. Distribution of species of *Fusarium*and *Alternaria*genera on cereals in Ukraine. *BiosystemsDiversity*27 : 186-191.
29. **Nasraoui B. (2008)**. Principales maladies fongiques des Céréales et des Légumineuses en Tunisie. Collection M/Science de l'ingénieur. Centre de publication Universitaire Tunisie, p 121.
30. **Necaibia Asma et Bouznad Mémoire de Master** *Curvulariaspicifera*, A PARASITE OF THE FUNGAL COMPLEX OF ROOT ROT OF WHEAT AND BARLEY IN MOROCCO January 2019 *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 20(9-10):354-365
31. **OUANZAR SIHAM,** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel Sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Références Bibliographiques

32. **Rapilly F., lemaire J.M et cassini R .(1971)** .les principale maladies cryptogamique Des céréales . Eds.I.N.R.A paris 310p
33. **S. QOSTAL, S. KRIBEL, M. CHLIYEH, K. SELMAOUI, A. OUAZZANITOUHAMI, S. SERGHAT, H. ZAAARATI, R. BENKIRANE AND A. DOUIRA**
34. **Saur, L. et Benacef, N. 1993.** Relation entre les symptômes de fusariose de l'épi et la perte De rendement chez le blé tendre. *Agronomie*, EDP Sciences 13 (9) : 829-833
35. **Scherm, B., Blamas, V., Spanu, F., Pani, G., Delegou, G., Pasquali, M. et Migheli, O. 2013.** *Fusarium culmorum* : causal agent of foot and root rot and headblight on wheat. *Molecular Plant Pathology* 14 : 323-341
36. **Sharma, R.C.; Duveiller, E.** Effect of helminthosporium leaf blight on performance of timely and late-seeded wheat under optimal and stressed levels of soil fertility and moisture. *Field Crops Res.* **2004**, 89, 205–218.
37. Surveys were carried out in wheat (durum wheat and soft wheat) and barley fields in April-May 2017 in northwestern Morocco allowed the isolation of a species of the *Curvularia* genus from the characteristic necrotic lesions of the root rot of wheat and barley. This fungus was isolated either in the presence of *Bipolaris sorokiniana* or among a variable *Fusarium* complex. It has been identified as *Curvularia spicifera*.
38. **Tivoli .B.,(1988).** Guide d'identification des différentes espèces ou variétés de *Fusarium* rencontrées en France sur la pomme de terre et dans son environnement *Agronomie*, 8 (3) :211-222
39. www.aps.dz/regions/.
40. **Zhu, X.; Chang, N.; Zhou, C.** Advance of research in helminthosporium leaf blotch of wheat. *Agric. Sci. Technol. Equip.* **2010**, 08, 15–18