



UNIVERSITE ORGANISME DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT  
BORDJ BBA ALGERIE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الابراهيمي برج بوعريبيج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة و الحياة و الارض و الكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



UNIVERSITE ORGANISME DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT  
BORDJ BBA ALGERIE

# Mémoire

**En vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences biologiques**

**Spécialité : Microbiologie appliquée**

## Intitulé

**La fusariose de l'épi chez les céréales  
provoquée par *Fusarium graminearum* et  
*Microdochium nivale*.**

**Présenté par :** HADDAD Hadjer  
BENCHERIF Hadjer

**Devant le jury :**

**Président :** M<sup>me</sup> SOUAGUI Yasmine MCB (Université de BBA)

**Encadrant :** M<sup>me</sup> ABED Hanane MCB (Université de BBA)

**Examineur :** M<sup>me</sup> ZERROUG Amina MAA (Université de BBA)

**Année universitaire : 2019/2020**

## **Remerciements**

*On tient avant tout à remercier Allah tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.*

*On tient également à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciements à notre promotrice Mme ABED HANANE. D'avoir proposé et dirigé ce travail ; on la remercie infiniment pour ses importantes remarques, ses orientations et ses conseils, sa patience, sa confiance, tout au long de ce travail.*

*On remercie sincèrement les membres du jury :*

*Mme SOUAGUI YASMINE pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Mme ZERROUG AMINA pour nous avoir fait l'honneur d'examiner notre mémoire.*

*Mme ABED HANANE pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et ces encouragements.*

*Nos remerciements particuliers s'adressent aussi à tous ceux qui de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.*

# **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur affection et leur encouragement, que ALLAH me les garde.

A ma chère grand-mère.

A mes chères sœurs.

A tous mes amis

Mon binôme dans ce travail Haddad Hadjer.

*\*Bencherif Hadjer\**

# Dédicace

*Je dédie ce travail :*

A mes grands chers parents  
Sources de mes joies, secrets de ma force ,Vous serez toujours le modèle.  
ma mère NOUARA et mon père BOUZID à ceux qui m'ont toujours  
encouragé pour que je réussisse dans mes études, pour leur sacrifice et  
leur soutien tous au long de mes études.

Mon très cher mari NADJIB qui a toujours aimé me voire réussir.

*A mon cher frère BACHIR et sa femme DJIHANE , mes sœurs DOUNIA et  
SARA, je les remercie pour leur aide et leur soutien.*

*A mon binôme dans ce travaille ma belle HADJER BENCHERIF .*

Toute ma gratitude à mes collègues de promotion ainsi qu'à d'autres  
étudiants.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit  
possible, je vous dis merci.

\* Hadjer haddad\*

## لفحة رأس الفيوزاريوم عند الحبوب بسبب *Fusarium graminearum* و *Microdochium nivale*

### ملخص

الهدف من هذه الدراسة الببليوغرافية تطوير المعرفة حول وبائيات لفحة الرأس الفيوزاريوم في الحبوب ، التي تشكل حاليًا مرضًا يثير القلق لحبوبنا ، وتحديد المؤشرات الوبائية لتراكم السموم لتطوير طرق مكافحة فعالة. الحبوب هي مصدر رئيسي لتغذية الإنسان والحيوان. على الصعيد العالمي، تحتل مكانة مركزية في النظام الزراعي. يمكن مهاجمة هذه الحبوب من قبل أمراض متعددة خلال دورة نموها، مخلفة خسائر كبيرة في الغلة. ومن هذه الأمراض ذبول الفيوزاريوم الذي يؤثر على الغلة وصحة المحصول بسبب وجود السموم في الحبوب. يرتبط هذا المرض الوبائي بمجموعة من الأنواع التي تتكون من جنسين من الفطريات الممرضة *Fusarium* و *Microdochium*. سلالات من جنس *Microdochium* لا تنتج السموم الفطرية بينما الأنواع الأخرى من *Fusarium* لها القدرة على إنتاجها.

هناك مجموعتان من هذه السموم الفطرية اشد خطورة؛ المجموعة *Zéaralénone (ZEA)* و *Trichothécénes (TCT)* وتتضمن السيطرة على هذا المرض استراتيجية شاملة تهدف إلى تقليل وتأخير تطور المرض ، ويمكن أن تكون طرق المكافحة كيميائية ، وراثية ، بيولوجية أو مكافحة متكاملة

**الكلمات المفتاحية :** حبوب ، لفحة رأس الفيوزاريوم ، *Fusarium. graminearum* ، *Microdochium.nivale* ، القمح ، السموم الفطرية.

## La fusariose de l'épi chez les céréales provoquée par *Fusarium graminearum* et *Microdochium nivale*

### Résumé

L'objectif de cette étude bibliographique est de développer des connaissances sur l'épidémiologie de la fusariose de l'épi chez les céréales, constituant actuellement une maladie qui prête à inquiétude pour nos céréales, et d'identifier les déterminants épidémiologiques de l'accumulation de toxines pour développer des méthodes de lutte efficaces. Les céréales constituent une principale source de la nutrition humaine et animale. Elles occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ces céréales peuvent être attaquées par de multiples maladies durant leur cycle de développement, et subir des pertes de rendement importantes. Parmi ces maladies la fusariose qui affecte les rendements et la qualité sanitaire de la récolte par la présence de toxines dans les grains. Cette maladie endémique, est associée à un complexe d'espèces regroupant deux genres de champignons phytopathogènes, *Fusarium* et *Microdochium*. Les souches du genre *Microdochium* ne produisent pas de mycotoxines. Par contre, les espèces de *Fusarium* ont l'aptitude de les produire, on distingue deux groupes plus dangereux de mycotoxines ; Le groupe représenté par la Zéaralénone (ZEA) et le groupe des Trichothécènes (TCT). La lutte contre les agents de la fusariose du blé implique une stratégie globale vise à minimiser et retarder le développement de la maladie, Les méthodes de lutte peuvent être chimiques, culturales, génétiques, biologique ou une lutte intégrée.

**Mots clé :** Céréales, Fusariose de l'épi, *Fusarium. graminearum*, *Microdochium.nivale*, blé, mycotoxines.

## ***Fusariums wilt in cereals caused by Fusarium graminearum and Microdochium nivale***

### **Abstract**

The objective of this bibliographic study is to develop knowledge on the epidemiology of *Fusarium* head blight in cereals, currently constituting a disease which gives cause for concern for our cereals, and to identify the epidemiological determinants of the accumulation of toxins to develop effective control methods. Cereals are a major source of human and animal nutrition. Globally, they occupy a central place in the agricultural system. These cereals can be attacked by multiple diseases during their development cycle, and suffer significant yield losses. Among these diseases, *Fusarium* wilt, which affects yields and the health of the harvest due to the presence of toxins in the grains. This endemic disease is associated with a complex of species comprising two genera of phytopathogenic fungi, *Fusarium* and *Microdochium*. Strains of the genus *Microdochium* do not produce mycotoxins. On the other hand, *Fusarium* species have the ability to produce them, there are two more dangerous groups of mycotoxins; The group represented by Zearalenone (ZEA) and the group of Trichothecenes (TCT). The control of *Fusarium* wilt agents in wheat involves a comprehensive strategy aimed at minimizing and delaying the development of the disease. Control methods can be chemical, cultural, genetic, biological or integrated control.

**Key words:** Cereals, *Fusarium* head blight, *F. graminearum*, *M. nivale*, wheat, mycotoxins

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Zones de cultures dans l'Algérie.....	03
<b>Figure 2:</b> Production de blé en volume dans le monde 2015-2019... ..	05
<b>Figure 3:</b> La production de blé dans le monde 2020 .....	05
<b>Figure 4:</b> Différents stades de développement .....	08
<b>Figure 05 :</b> Photographie de l'épi causée par <i>Fusarium</i> fait blanchir l'épi en totalité ou en partie .....	15
<b>Figure 06:</b> Macroconidies de <i>F. Graminearum</i> .....	16
<b>Figure 07 :</b> Cycle de vie de <i>F. graminearum</i> , principal agent responsable de la fusariose des épis de blé .....	19
<b>Figure 08 :</b> Conidies produites en sprodochia sur PDA de <i>Microdochium nivale</i> ..	21
<b>Figure 09:</b> Cycle de développement de <i>Microdochium nivale</i> agent responsable de fusariose des épis.....	22



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Classification botanique du blé dur selon Feillet.....	06
<b>Tableau 2:</b> Les principales bactéries phytopathogènes affectant les cultures des céréales .....	11
<b>Tableau 3 :</b> Principaux virus décrits sur céréales.....	11
<b>Tableau 4 :</b> Les principaux agents fongiques spécifiques aux céréales en Algérie.	12

## Liste des abréviations

**%**: Pourcentage.

**BYDV**: Barley yellow dwarf virus.

**BYMV**: Bean yellow mosaic virus.

**C°** : Degré celsius.

**Cm2** : Centimètre.

**FAO**: Food and Agriculture Organisation.

**FHB**: Fusarium Head Blight.

**INPV** : Institut National de la Protection des Végétaux.

**LNPV** : Laboratoire National de la Protection de Végétaux.

**M** : Mètre.

**Mm** : Millimètre.

**OMV**: Oats mosaic virus.

**PCR** : Polymerase Chain Reaction.

**pH** : Potentiel hydrogène.

**SAU**: La surface agricole utile

**T/HA** : Ton par hectare.

**TCT**: Trichothécènes.

**WSBMV**: Wheat streak mosaic virus.

**WYMV**: Wheat yellow mosaic virus.

**ZEA**: Zéaralénone.

# Sommaire

Résumé

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

**Introduction.....01**

**Partie I : Etude bibliographiques**

**Chapitre I :les principales céréales utilisées.**

I.1. Les principales céréales utilisées en Algérie.....03

I.1.1. L'orge (*Hordeum vulgare*) .....03

I.1.2. Le blé (*Triticum*) .....03

A. Blé tendre (*Triticum aestivum L. sub sp. aestivum*).....04

B. Blé dur (*Triticum durum Desf.*).....04

I.1.3. L'avoine (*Avena sativa*) .....04

I.2. le blé dur (*Triticum durum Desf.*).....04

I.2.1. Généralités sur le blé dur (*Triticum durum Desf.*).....04

I.2.2. Historique et origine du blé dur (*Triticum durum Desf.*).....04

A. Origine géographique .....04

B. Origine génétique.....04

I.2.3. Importance et production du blé dans le monde  
et en Algérie .....04

A. Dans le monde .....05

B. En Algérie.....05

C. Production et consommation du blé en Algérie .....06

I.2.4. Taxonomie de blé.....06

I.2.5. Description générale de la plante.....06

A. Tige.....	06
B. Feuilles.....	06
C. Fleurs .....	07
D. Racines.....	07
E. Graines.....	07
I.2.6. Le cycle de développement .....	07
I.2.6.1. La période végétative .....	07
a. La germination .....	07
b. Le tallage.....	07
I.2.6.2. La période reproductrice .....	07
a. Phase montaison .....	07
b. Phase d'épiaison et de fécondation .....	07
c. La maturation du grain.....	08
I.2.7. Les exigences du blé... .....	08
A. La température.....	08
B. L'eau .....	08
C. Le sol .....	08
D. La fertilisation .....	09
I.2.8. Les facteurs limitant la production du blé dur.....	09

## **Chapitre II: Les maladies cryptogamique du blé.**

II.1. Généralité sur les maladies .....	10
II.2. Les principaux problèmes phytosanitaires des céréales.....	10
II.2.1. Nématodes .....	10
II.2.2. Oiseaux.....	10
II.2.3. Rongeurs .....	10
II.2.4. Insectes .....	10

II.2.5. Bactéries .....	10
II.2.6.virus.....	11
II.2.7. Champignons .....	12
II.3. Les maladies cryptogamiques de blé.....	12

### **Chapitre III: La fusariose de l'épi**

III.1. Définition .....	14
III.2. Histoire de la fusariose de l'épi.....	14
III.3. Symptômes.....	14
III.4. Les dégâts et les pertes économiques .....	15
III.5. Les agents causals de la fusariose... ..	15
III.5.1. <i>Fusarium graminearum</i> .....	15
III.5.1.1. Caractéristiques du pathogène.....	16
III.5.1.2. Identification des espèces de <i>Fusarium</i> .....	16
a. Identification morphologique... ..	17
b. Identification moléculaire .....	17
III.5.1.3. Taxonomie.....	17
III.5.1.4. Le pouvoir pathogène de <i>Fusarium graminearum</i> et la production des mycotoxines .....	18
A. Le pouvoir pathogène .....	18
B. la production des mycotoxines .....	18
III.5.1.5. Cycle biologique... ..	18
III.5.1.6. Conditions favorables au développement de la maladie .....	20
a. Les facteurs climatiques .....	20
b. Les facteurs agronomiques .....	20
c. Les facteurs physiologiques.....	20
III.5.2. <i>Microdochium nivale</i> .....	21

III.5.2.1. Caractéristiques du pathogène .....	21
III.5.2.2. L'identification de <i>Microdochium nivale</i> ... ..	21
III.5.2.3. Taxonomie.....	21
III.5.2.4. Le pouvoir pathogène de <i>Microdochium nivale</i> .....	22
III.5.2.5. Cycle biologique.....	22
III.5.2.6. Conditions favorables au développement de la maladie .....	22

#### **Chapitre IV: Méthode de lutte**

IV.1. La lutte culturale.....	23
IV.2 La lutte génétique.....	23
IV.3. La lutte chimique.....	24
IV.4. La lutte biologique... ..	24
IV.5. La lutte intégrée.....	24
<b>Conclusion</b> .....	25

#### **Références Bibliographiques**

# *Introduction*

Les céréales sont d'une grande importance et occupent une place prépondérante dans la production mondiale. Elles représentent dans les pays pauvres environ 75% des apports de calories nécessaires par personne. En Algérie, elles constituent la composante principale des productions végétales. Elles couvrent environ 30 % des terres cultivables (**Chebbi et Lachaal, 2004**), soit près de 80% de la surface agricole utile SAU ( 3,7 millions Ha environ ) selon **MADR (2005)**, dont plus des deux tiers de ses surfaces sont situés à l'intérieur du pays (Belaïd, 1986), pratiquement dans toutes les régions des hauts plateaux situées dans les zones semi-arides et subhumides (isohyète 300 à 450 mm) et des grandes plaines intérieures littorales et sublittorales (isohyète 450 à 600 mm)

Cependant malgré les énormes progrès réalisés dans l'amélioration des variétés et la fertilisation, les productions céréalières en Algérie demeurent toujours irrégulières et les rendements obtenus à travers les années ont connu peu ou pas d'évolution positive (**MADR, 2006**). La production moyenne demeure toujours irrégulière et en deçà des besoins malgré de légères hausses des rendements relevés par hectare et par espèces; les rendements moyens des céréales au niveau national restent encore en dessous des espérances et varient entre 13qx/ha pour les orges et 13,5 qx/ha pour les blés. Ainsi, une grande partie des besoins nationaux est couverte par les importations, dont le coût est de plus en plus élevé.

Ainsi, parmi les principales causes de ces faibles performances, les problèmes liés aux stress abiotiques, occupent une place particulièrement importante. En moyenne au niveau mondial, malgré la protection des cultures, 42,54% de la production est perdue, due pratiquement pour une part égale de (13,5%), aux maladies. selon la **FAO (2005)** ces pertes seraient plus prononcées dans les pays en voie de développement et en Afrique. En Algérie, environ 30% de la production agricole est perdue sous l'effet d'agents nuisibles (**Guendez, 2008**), les céréales peuvent être attaquées par de nombreuses maladies et à différents stades de leur cycle de développement. Ces attaques occasionnent des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables.

Les investigations effectuées au cours des six dernières années dans certaines régions céréalières potentielles de l'Est de l'Algérie (Constantine, Mila, Guelma, Annaba, S/Ahras, El Tarf) indiquent les risques de développement épidémiques de certaines maladies cryptogamiques (*Rouille jaune, Helminthosporioses, Septorioses*, etc.), si des mesures adéquates de prévention et d'intervention ne sont pas prises à temps (**Ouffroukh., 2008**). En années favorables la *Rouille jaune*, par exemple peut prendre des ampleurs épidémiques et anéantir des récoltes entières. Cette dernière s'est manifestée au cours de la campagne 2003/2004 sur l'ensemble des régions de l'Est et les pertes des récoltes ont été très



endommageantes pour les agriculteurs (Bahri *et al.*, 2009). Par ailleurs, les Fusarioses de l'épi présentent un sérieux problème de diverses cultures céréalières. Elle cause des dégâts et des pertes de rendements importantes allant jusqu'au 89% (Talas *et al.*, 2012). Elle est provoquée par un complexe d'espèces de champignons phytopathogènes, le « complexe fusarien », à large spectre d'hôtes. Elle regroupe les genres *Microdochium* et *Fusarium*. Il constitue actuellement une maladie qui prête à inquiétude pour nos céréales.

Tous ces pathogènes peuvent constituer des facteurs limitant au développement de la culture des céréales en Algérie, d'autant plus, que peu de travaux leurs sont consacrés et rapportés à ce jour, à notre connaissance ; ceci nous amena tout naturellement à nous y intéresser, en s'inspirant amplement des préoccupations les plus urgentes du pays en matière d'amélioration et de phytoprotection contre les maladies particulièrement.

Dans un contexte général d'optimisation de la gestion des cultures et donc de la protection des plantes, il apparaît primordial de développer des connaissances sur l'épidémiologie de la fusariose de l'épi encore peu connue et d'identifier les déterminants épidémiologiques de l'accumulation de toxines pour développer des méthodes de lutte efficaces. Comprendre la relation entre la contamination de l'épi et la production de toxines, dans le cadre d'un complexe d'espèces interagissant entre elles, apparaît également essentiel à la compréhension du développement épidémiologique de la maladie et de son impact sur la qualité des récoltes (Boulif, 2011).

Le cadre bibliographique de ces problématiques est présenté dans le paragraphe suivant. Tout d'abord, une généralité sur les principales céréales utilisées en Algérie, une description de la plante hôte étudiée (le blé), les principales maladies touchant le blé permettra de mieux appréhender le développement de la fusariose des épis. Ensuite, les agents pathogènes responsables de cette maladie seront présentés mettant en évidence la grande diversité de souches, d'espèces et de caractéristiques épidémiologiques qui leur sont propres. La description de ce complexe d'espèces donnera des éléments sur d'éventuelles interactions entre elles. Les éléments relatifs aux toxines illustreront les modulations possibles de leur production par les potentielles interactions au sein de ce complexe. Ce contexte bibliographique s'achèvera sur les différents types de contrôle de cette maladie.

*Chapitre I:  
Les principales  
céréales utilisées  
en Algérie.*

Les céréales sont des graines alimentaires appartenant à dix espèces végétales, les trois les plus employées actuellement : blé, riz et maïs ; à cela s'ajoute l'orge, avoine, (Bouasla, 2007). Elles constituent un élément fondamental dans les traditions culinaires algériennes (Hamou *et al.*, 2009). La filière des céréales englobe des activités de production et de transformation en semoulerie, en boulangerie dans l'industrie agro-alimentaire.

## I.1. Les principales céréales utilisées en Algérie

Les céréales constituent la composante principale des productions végétales en Algérie, elles couvrent près de 80% de la surface agricole utile (SAU). La superficie céréalière nationale est actuellement d'environ 3,7 millions d'hectares (Figure N° 01) (MADR, 2005). L'orge, le blé dur et le blé tendre occupent à eux seuls 97.60 % de la superficie totale, alors que 2,40 % seulement représente la surface occupée par l'avoine (MADR, 2006).

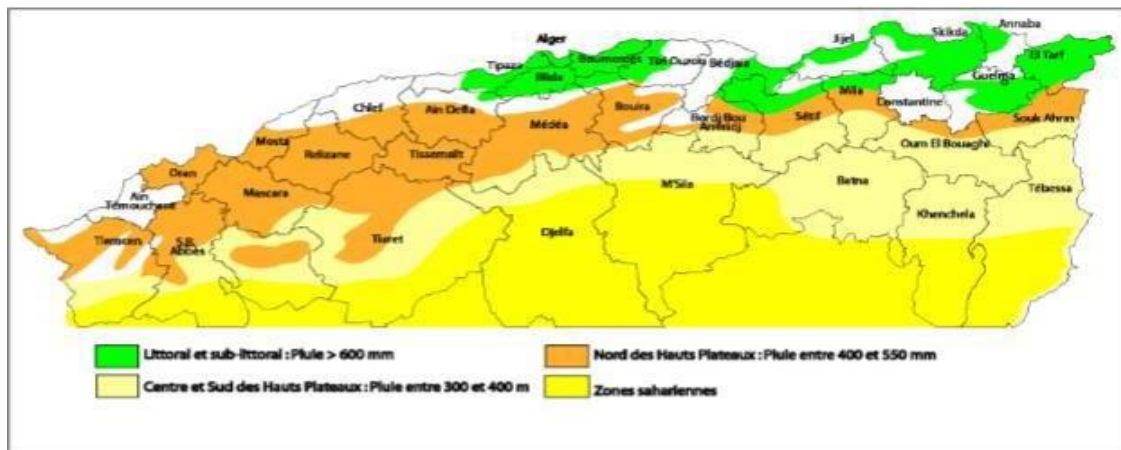


Figure N° 01 : ZONES de cultures dans l'Algérie (Ait kaki, 2007).

### I.1.1. L'orge (*Hordeum vulgare*)

L'orge est une monocotylédone de la famille des Graminées (*Poacées*), l'espèce la plus cultivée est : *Hordeum vulgare*. D'après Soltner (2005), l'orge est une plante annuelle au cycle végétatif court 130 à 150 jours. La graine et le foin d'orge sont utilisés pour l'alimentation animale, sert à l'engraissement du bétail quant à la paille, elle lui sert de litière (Josine, 2006).

### I.1.2. Le blé (*Triticum*)

Le blé est la céréale la plus cultivée, il compte actuellement quelques 30000 formes cultivées. (Lesage, 2011).

## **A. Blé tendre (*Triticum aestivum* L. sub sp. *aestivum*)**

C'est un blé destiné à l'industrie de la meunerie et permet d'obtenir une farine de bonne qualité (Fredot, 2012).

## **B. Blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

Il est de forme effilée, une teneur protéique plus importante ainsi qu'un albumen de consistance cornée plus difficile à réduire en farine. Il est utilisé principalement pour la fabrication des semoules, des pâtes alimentaires sèches et du couscous (Fredot, 2012).

### **I.1.3. L'avoine (*Avena sativa*)**

L'avoine est une céréale d'hiver, sa culture en Algérie est moins importante que celle des deux précédentes céréales. L'avoine est une graminée (famille des *Poaceae*) annuelle, adaptée à de nombreux types de sols, utilisée dans l'alimentation humaine sous forme de flocons et pour la fabrication de certains alcools (Husson et al., 2012).

## **I.2. le blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

### **I.2.1. Généralités sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

De nos jours le blé constitue la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. (Hamdani et al., 2018). C'est la troisième espèce par importance de la récolte mondiale et la plus consommée par l'homme (Nedjah., 2015).

### **I.2.2. Historique et origine du blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

#### **A. Origine géographique**

Le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord, le sud de l'Europe et le Moyen Orient. Cette espèce réputée tolérante des stress hydrique et thermique. (Hannachi et al., 2013).

#### **B. Origine génétique**

le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, Mackey (1968). le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) × *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé). Feillet (2000).

### **I.2.3. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie**

## A. Dans le monde

Le blé constitue la principale culture céréalière dans le monde et représente environ 31% de la consommation globale en céréales, les principaux pays producteurs étant la Communauté Européenne et la Chine qui produit chacune 16% de la production mondiale. les principaux pays exportateurs sont les Etats-Unis (28%) et Canada (17%) (Allain, 2014).

Les estimations de la FAO concernant la production céréalière mondiale en 2019 se maintiennent à 2,72 milliards de tonnes, de plus que le faible niveau enregistré en 2018, En revanche, les prévisions relatives à l'utilisation mondiale de céréales en 2019-2020 ont été réduites de 24,7 millions de tonnes, en raison des conséquences de la pandémie de covid-19 (FAO 2020).

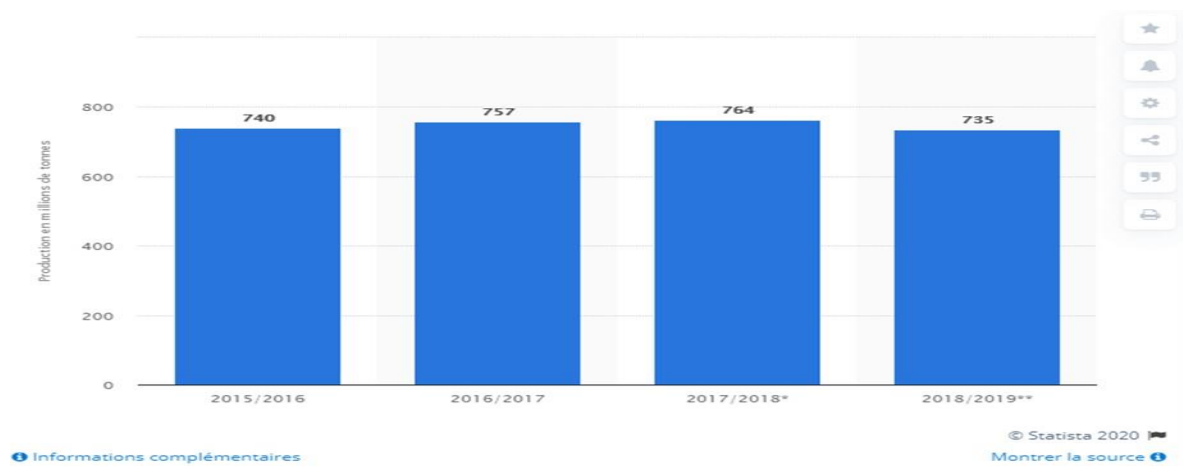


Figure N° 02: Production de blé en volume dans le monde 2015-2019. (Anonyme 1)



Figure N° 03: La production de blé dans le monde 2020. (Anonyme 2)

## B. En Algérie

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé environ 6 à 7 million tonne par an de blé total au cours ces dernières

années, le blé tendre représentait environ 80 % du blé total importé en 2015 et 20% de blé dur (Zettal, 2017 ; Douaer *et al.*, 2018).

La France reste le principal fournisseur de blé en Algérie représentant 54% des importations en 2015 principalement en blé tendre, et elle est importe le blé dur du Canada, du Mexique et des États-Unis (Zettal,2017).

### C. Production et consommation du blé en Algérie

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur, 600 000 hectares de blé tendre, la récolte de céréales a atteint 4 million tonne dont le blé panifié représentait 1% de la production totale (Zettal, 2017).

#### I.2.4. Taxonomie de blé

le blé dur obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous .

**Tableau N° 1 : Classification botanique du blé dur selon Feillet (2000).**

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

#### I.2.5. Description générale de la plante

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

##### A. Tige

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

## B. Feuilles

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

## C. Fleurs

Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles (Sadouki *et al.*, 2018).

## D. Racines

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

## E. Graines

Sont de formes ovoïdes, possèdent sur l'un fruit (Ait-slimane-ait-kaki., 2008).

### I.2.6. Le cycle de développement

Le cycle de développement du blé est constitué d'une série d'étapes séparées par des stades repérés, permettant de diviser en deux périodes la vie des céréales. Une période végétative durant laquelle ; la plante ne se différencie que des feuilles et des racines, une période reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain (Soltner, 2005).

#### I.2.6.1. La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé .

##### a. La germination

La germination de la graine donnant naissance des racines séminales (Soltner, 2005).

##### b. Le tallage

Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à l'aisselle du maître- brin (tige principale), lorsque le maître- brin a 6 feuilles au moins, des talles secondaires dont les bourgeons seront alors situés à l'aisselle des feuilles des talles primaires (Gate *et Giban*, 2003).

#### I.2.6.2. La période reproductrice

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi.

##### a. Phase montaison

un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (Clément-Grand court *et Prat*, 1971).

##### b. Phase d'épiaison et de fécondation

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la graine avec l'émergence

de l'épi et la formation des organes floraux (Soltner, 2005).

### c. La maturation du grain

L'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines. Puis les grains deviennent durs et leur couleur devient jaunâtre (Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006).

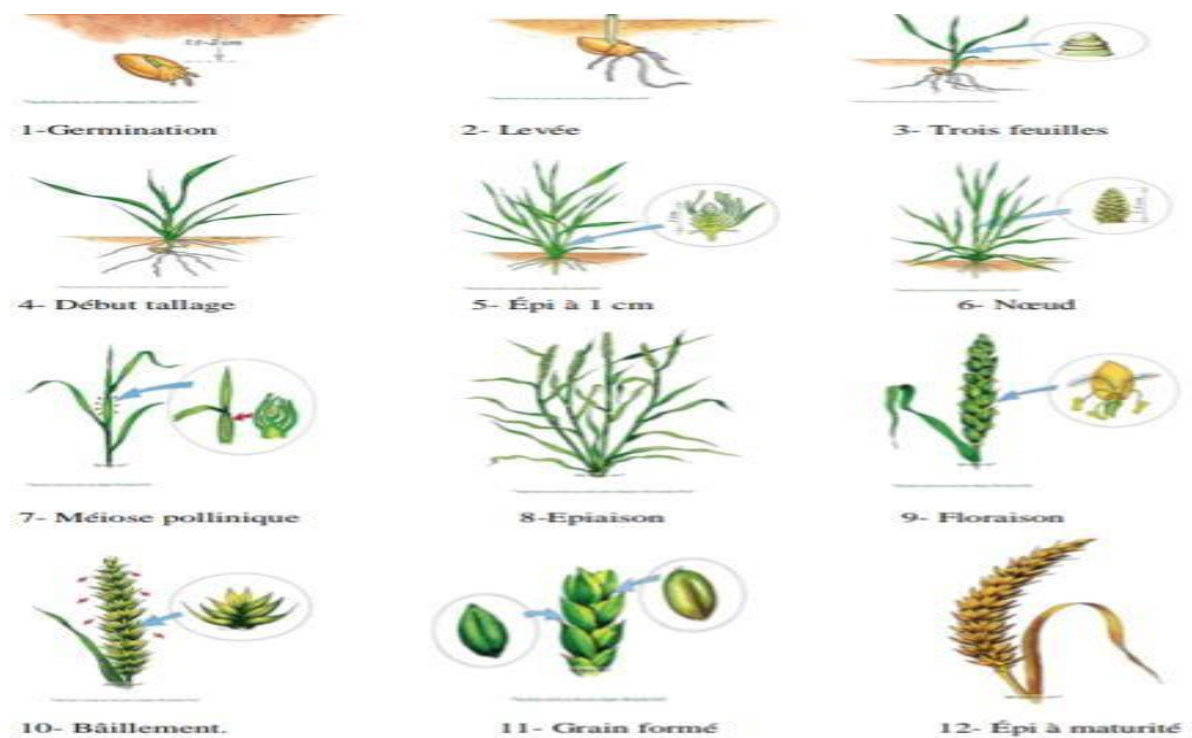


Figure N° 04: Différents stades de développement du blé (Anonyme 3).

### I.2.7. Les exigences du blé

Le blé dur a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid, à l'humidité et une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques. (Si Bennaseur Alaoui, 2005).

#### A. La température

La température optimale de croissance située entre 15 à 22° C. (Olivier Essiane Ondo., 2014)

#### B. L'eau

Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm. (Olivier Essiane Ondo., 2014).



### C. Le sol

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds, des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins. (**Olivier Essiane Ondo., 2014**).

### D. La fertilisation

Le blé a besoin de ces trois éléments essentiels:

- ❖ **Azote (N)**, C'est un facteur déterminant du rendement. Il permet la multiplication et l'élongation des feuilles et des tiges.
- ❖ **Phosphore(P)**, C'est un facteur de croissance qui favorise le développement des racines en cours de végétation. Il accroît la résistance au froid et aux maladies.
- ❖ **Potassium(K)**, Il régule les fonctions vitales de la croissance végétale (**Gouasmi., 2017**).

### I.2.8. Les facteurs limitant la production du blé dur

La culture de blé est fréquemment exposée aux contraintes de l'environnement et soumise à une multitude de stress abiotiques et biotiques, parmi les stress abiotiques qui limitent le rendement de blé sont de nature climatique (températures excessives et sécheresse) ou édaphique (acidité du sol entraînant une toxicité par l'aluminium ou le manganèse). De plus, les stress biotiques sont ceux causés par les organismes pathogènes, les champignons sont les plus répandus et les plus dommageables pathogènes des cultures cultivées (**Ezzahiri, 2001 ; Zahri et al., 2014**). Les champignons peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies (**Ezzahiri, 2001**).

*Chapitre II :*  
*Les maladies*  
*cryptogamiques de blé*

### II.1. Généralité sur les maladies

Les céréales peuvent être attaquées par de multiples maladies durant leur cycle de développement, et subir des pertes de rendement importantes. (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2013). Ces maladies peuvent être contrôlées efficacement lorsqu'elles sont détectées précocement. Les symptômes induits sont pour la plupart spécifiques, donc il est important de les reconnaître pour pouvoir identifier les différentes maladies qui peuvent apparaître sur les cultures de céréales ainsi que leurs conditions de développement afin de raisonner une lutte efficace (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2013).

### II.2. Les principaux problèmes phytosanitaires des céréales

#### II.2.1. Nématodes

Parmi les nématodes phytophages des céréales *Anguina tritici* et *Heterodera avenae* Woll. Ils s'attaquent respectivement aux grains et aux racines (Bakour *et* Bendifallah.; 1990).

#### II.2.2. Oiseaux

Ils sont spécialement à régime granivore, leurs dégâts peuvent être causés sur champ et même jusqu'au sein d'entrepôts (Bakour *et* Bendifallah.; 1990).

#### II.2.3. Rongeurs

Ils peuvent être très nuisibles. En Algérie les dégâts sont estimés de 5 à 10 % (Bakour *et* Bendifallah.; 1990).

#### II.2.4. Insectes

Les principaux insectes susceptibles de s'attaquer aux céréales sont fort nombreux et appartiennent à divers ordres entomologiques : homoptères (pucerons), orthoptères (sauteriaux), lépidoptères (mineuses)... etc (Bakour *et* Bendifallah.; 1990).

#### II.2.5. Bactéries

Ce sont des pathogènes très courants sur les cultures, dans les matières organiques en décomposition et dans le sol. (Tableau N° 2)(Laffont, 1985).

**Tableau N° 2 :** Les principales bactéries phytopathogènes affectant les cultures des céréales (INA ,2015).

Maladies	Symptômes	Agent causal
<b>Maladies</b> <i>Pseudomonas</i>	à Nécrose bactérienne des céréales.	<i>Pseudomonas pv.syringae</i> <i>syringae</i>
<b>Maladies</b> <i>Xanthomonas</i>	à Rayure bactérienne.	<i>Xanthomonas campestris pv. Translusenc</i>
<b>Maladies</b> <i>Calvibacter</i>	à Brulure de blé	<i>Calvibacter tritici</i>

### II.2.6.virus

Les céréales sont sujettes aux viroses, depuis fort longtemps mais l'incidence économique de ces maladies a pris de l'importance ces dernières années, sur tout pour celles qui se transmettent par des vecteurs (pucerons) tels : le *Barley yellow dwarf virus* (BYDV), ou bien (Cicadelles) telle : le virus de la mosaïque striée du blé. (**Tableau N°3**) (Cornuet ,1987).

**Tableau N°3:** Principaux virus décrits sur céréales (Mallek ,2017).

Maladie	Nom de virus	Plantes hôtes	Réservoir de virus	Vecteurs
<b>Mosaïque nanisante</b>	<i>Barley yellow dwarf virus</i> (BYDV).	Orge , Blé , Avoine, Seigle, Maïs.	Graminées fourragères, et sauvages.	R.padi, S avenae, M.dirhodum (pucerons).
<b>Mosaïque jaune de l'orge.</b>	<i>Bean yellow mosaic virus</i> (BYMV).	Orge.	<i>Polymyxa graminis</i> .	<i>Polymyxa graminis</i> (champignon).
<b>Mosaïque jaune de blé</b>	<i>Wheat yellow mosaic virus</i> (WYMV).	Blé.	<i>Polymyxa graminis</i> .	<i>Polymyxa graminis</i> (champignon).
<b>Mosaïque de l'avoine</b>	<i>Oats mosaic virus</i> (OMV).	l'avoine.	<i>Polymyxa graminis</i> .	<i>Polymyxa graminis</i> (champignon).
<b>Mosaïque (commune) de blé</b>	<i>Wheat streak mosaic virus</i> (WSBMV).	Blé.	<i>Polymyxa graminis</i> .	<i>Polymyxa graminis</i> (champignon).

### II.2.7. Champignons

La plupart des champignons pathogènes sont des saprophytes facultatifs capables de croître sur cultures ou sur tissus de plantes mortes, d'autres sont des parasites obligatoires qui existent seulement en association intime avec des plantes vivantes (Nasraoui , 2006).

La plupart des maladies (environ 80 %) des plantes cultivées, sont dues aux champignons (Tableau N° 4), ces derniers détruisent chaque année une bonne partie (environ ¼) des récoltes mondiales (Nasraoui, 2006 ; Le poivre , 2003).

**Tableau N° 4** : Les principaux agents fongiques spécifiques aux céréales en Algérie (Mallek ,2017).

Maladies	Agent causal
Les rouilles	-agent de la rouille noire : rouille des tiges : <i>Puccinia graminis</i> . - agent de la rouille jaune : rouille des glumes : <i>Puccinia striiformis</i> .
Les charbons	-agent du charbon couvert de l'orge : <i>Ustilago hordei</i> .
Les caries	-la carie commune : <i>Tilletia caries</i> .
Les septorioses	-agent des fontes de semis sur blé : <i>Septoria nodurum</i> . - agent des fontes de semis d'avoine : <i>Septoria tritici</i> .
Les piétins	-agent du piétin-verse : <i>Cercospora herpotrichoides</i> . - agent du piétin-échaudage : <i>Ophiobolus graminis</i> .
L'oïdiums	-Le blanc : <i>Erysiphe graminis</i> .
L'helminthosporiose	- agent de l'helminthosporiose du blé, orge et avoine : <i>Helminthosporium tritici repentis</i> .
Le rhizoctone	-agent de rhizoctone sur blé ,orge et avoine : <i>Rhizoctone solani</i> .
La rhynchosporiose	-agent de la rhynchosporiose sur orge et seigle : <i>rhynchosporium secalis</i> .

### II.3. Les maladies cryptogamiques de blé

Les champignons parasites sont responsable de mycoses dénommées de façon trop générale « maladies cryptogamiques ». Chez les végétaux, ces maladies se traduisent par des symptômes qui sont la résultante de l'action parasitaire du

champignon et de la réaction de l'hôte. En absence de la plante-hôte, les champignons responsables des maladies des blés se conservent dans différents supports comme la semence, les débris et le sol (**Ezzahiri, 2001**).

# *Chapitre III :* *La fusariose de l'épi*

### III.1. Définition

La fusariose est une maladie fongique qu'on trouve sur toute une gamme d'hôtes, dont le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le seigle et les herbages graminées, connue également sous le nom de la gale de l'épi ou « *Fusarium* Head Blight » (FHB) (Mathieu *et al.*, 2012).

### III.2. Histoire de la fusariose de l'épi

La fusariose de l'épi n'est pas une maladie récente; elle a été identifiée et décrite pour la première fois en Angleterre en 1884 (Parry *et al.*, 1985) et nommée « gale du blé » (« wheat scab »), terme modifié en 1920 par Atanasoff en « maladie de *Fusarium*», « *Fusarium* blight », puis « fusariose » par Douin en 1926 (Leonard *et Bushnell*, 2003).

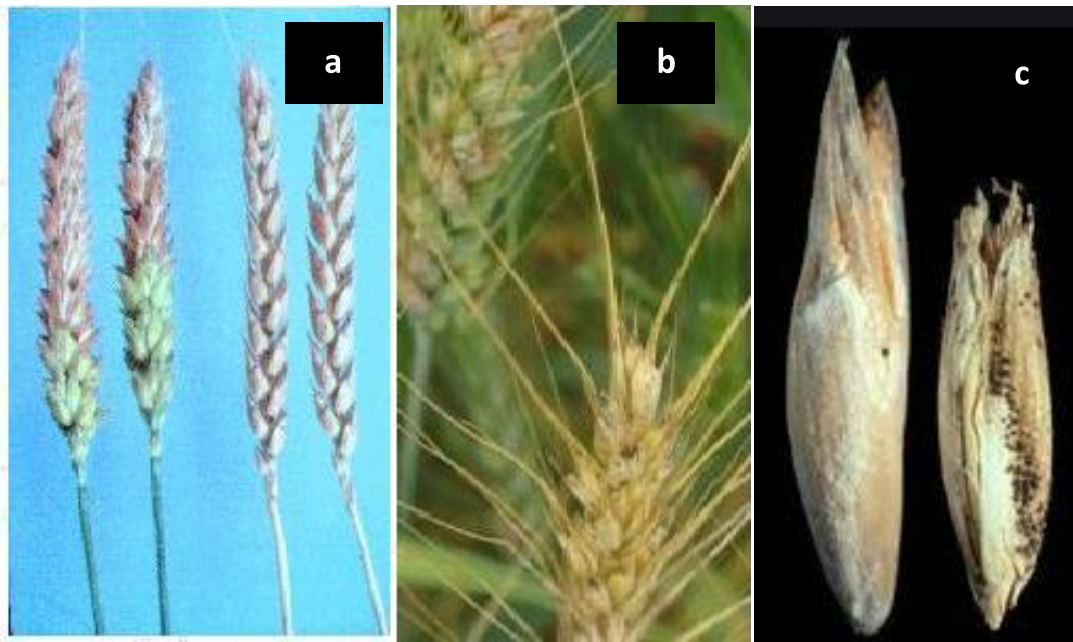
Dans les années 80, la maladie était surtout présente au Québec, en Ontario et dans les Maritimes. Depuis le début des années 90, elle est aussi devenue un problème dans les Prairies canadiennes. Au Manitoba, des pertes annuelles de 50 millions de dollars sont enregistrées (Bailey *et coll.* 2004). Cette épidémie à causer des pertes d'environ 4,8 millions de tonnes métriques de blé.

### III.3. Symptômes

Les symptômes sont très visibles sur champ car ils se manifestent par un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi (Figure 05a). Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas (Wegulo *et al.*, 2008).

La maladie se développe et se propage parfois très rapidement et peut affecter la totalité de l'épi. Une coloration allant de rose à orange saumoné peut apparaître sur les épillets infectés (Figure 05b), surtout lors de périodes d'humidité prolongées (Mascher *et al.*, 2005). De petits organes de fructification noirs produits par le champignon peuvent apparaître tard dans la saison. Les grains mûrs peuvent être ratatinés, légers, blancs crayeux ou parfois roses, on parle alors de grains momifiés (Figure 05c) ou endommagés par le *Fusarium*. Les grains momifiés, sont souvent plus lourdement contaminés par les mycotoxines (Richard, 2004 ; Wegulo *et al.*, 2008 ; Mathieu *et al.*, 2012).





**Figure 05 :** Photographie de l'épi causée par *Fusarium* fait blanchir l'épi en totalité ou en partie(a) (Anonym 7 ) Desépilletés infectés(b), (Anonym 8), Des grains momifiés(c), (Anonym 9).

### III.4. Les dégâts et les pertes économiques

Les fusarioses sont parmi les maladies les plus dangereuses qui causent des pertes considérables dans le monde entier sur le blé, l'orge, le maïs et d'autres céréales. Les pertes peuvent atteindre jusqu'à 70 % lorsque les conditions d'infection sont favorables. Elles font baisser le rendement par diminution de la faculté germinative des semences, du nombre de grains par épi, du poids de milles grains et baisse de leur qualité. (Di *et al.*, 2010).L'impact économique de cette maladie en agriculture et sa répercussion sur la santé publique, ont une incidence à l'échelle planétaire (Tanaka *et al.*, 1988 in Eudes, 1998).

En Algérie, environ 30% de la production agricole est perdue sous effet d'agents nuisibles (Guendez, 2008),

### III.5. Les agents causals de la fusariose

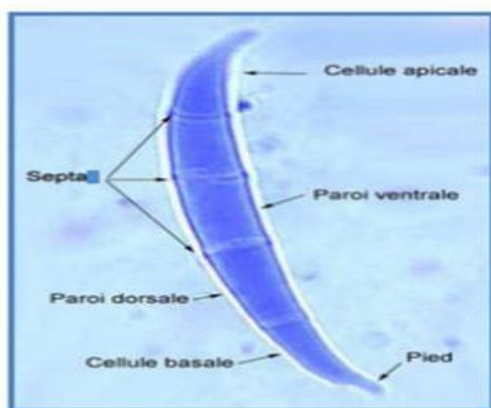
La fusariose est associée à un complexe d'espèces regroupant deux genres de champignons phytopathogènes, *Fusarium* et *Microdochium* (Arseniuk *et al.*, 1999).

### III.5.1. *Fusarium graminearum*

#### III.5.1.1. Caractéristiques du pathogène

Le *Fusarium graminearum* est un champignon cosmopolite, retrouvée en Asie, en Europe, en Afrique, et en Amérique du Nord et du Sud (O'Donnell *et al.*, 2004). Il peut se trouver sous les deux formes de reproduction sexuée ou téléomorphe dont le représentant est *Gibberella zeae*. Cette forme se manifeste par la formation de périthèces et la production d'ascospores. Le mode asexué ou anamorphe se manifeste par la production de conidies et de chlamydospores. La forme asexuée produit uniquement des macroconidies pluricellulaires en forme de croissant, les microconidies étant absentes (Leslie *et Summerell*, 2005 in Merhej, 2010).

Les macroconidies de *F. graminearum* sont hyalines (Figure 06), droites ou légèrement arquées; la cellule apicale est faiblement allongée et fortement courbée à l'extrémité (sous forme de bec) (Leslie *et Summerell*, 2006). La cellule basale est allongée, effilée et légèrement courbée (Champion, 1997).



**Figure 06:** Macroconidies de *F. Graminearum* (LNPV, 2008)

#### III.5.1.2. Identification des espèces de *Fusarium*

L'identification des espèces fongiques constitue une des premières étapes pour entreprendre toute méthode de lutte contre les maladies causées par ce genre. Cette identification a pendant longtemps été exclusivement basée sur l'observation des caractères cultureux et morphologiques des espèces. Les progrès récents de la biologie moléculaire ont permis de proposer des outils d'aide à l'identification (Abdel Massih, 2007).

### a. Identification morphologique

L'identification morphologique permet de déterminer le genre, mais la séparation des espèces est difficile et se base sur plusieurs critères primaires et secondaires (**wagacha et Muthomi, 2007**).

Les caractères primaires comportent la forme des macroconidies, la présence ou l'absence des microconidies et leurs formes, la formation ou non des microconidies en chaînes. Les caractères secondaires se basent sur la présence ou l'absence des chlamydospores, leur configuration et leur position et la présence ou l'absence des sclérotés ou des sporodochies (**wagacha et Muthomi, 2007**).

Une étude réalisée par (**Burgess et al.1994**) sur les espèces de *Fusarium* a montré que la morphologie de la colonie et sa couleur ne peuvent être utiles qu'en travaillant dans des conditions standards.

### b. identification moléculaire

Compte tenu de la difficulté de l'identification morphologique, l'identification moléculaire est de plus en plus utilisée. Elle est généralement basée sur l'amplification, par PCR (Polymerase Chain Reaction), de régions spécifiques (**Hsu et al., 2013**). Cette technique se caractérise par simplicité, sa rapidité et son extrême sensibilité avec le potentiel théorique de détecter une seule molécule cible. Plusieurs amorces spécifiques sont disponibles pour l'identification exacte des espèces de *Fusarium* et *Microdochium* impliquées dans la fusariose de l'épi. Ainsi une ou plusieurs couples d'amorce spécifiques ont été synthétisées pour les espèces *F. graminearum*, *F. pseudograminarum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *M. nivale*, et d'autres espèces de *Fusarium* (**Kammoun-Gargouri, 2010**).

### III.5.1.3. Taxonomie

Les formes sexuées (téleomorphes) de plusieurs espèces de genre *Fusarium* appartiennent au genre *Gibberella* et un certain nombre au genre *Nectria* (*Hypocreaceae*, *Hypocreales*, *Hypocreomycetidae*, *Sordariomycete*, *Pezizomycotina*, *Ascomycota*, *Fungi*). Le genre *Fusarium* est classé dans les *Deutéromycetes*, il appartient à la famille des *tuberclariacées*, l'ordre des *moniliales*, la classe des *hyphomycètes*. Ce genre se rapporte aux *hypocreales* (*Ascomycota*) (**Leslie et Summerell, 2006**).

### III.5.1.4. Le pouvoir pathogène de *Fusarium graminearum* et la production des mycotoxines

#### a) Le pouvoir pathogène

En 2012, la revue scientifique *Molecular Plant Pathology* (Dean *et al.*, 2012) établit un classement des champignons phytopathogènes d'importance économique.

*F. graminearum* est classé quatrième champignon phytopathogène majeur mondial. Ce résultat s'explique par la prédominance et le potentiel mycotoxinogène de *F. graminearum* (Osborne *et Stein*, 2007).

#### b) la production des mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires produits par certains champignons microscopiques (Prandiniet *al.*, 2007). On distingue deux groupes plus dangereux de mycotoxines produites par les *Fusarium*:

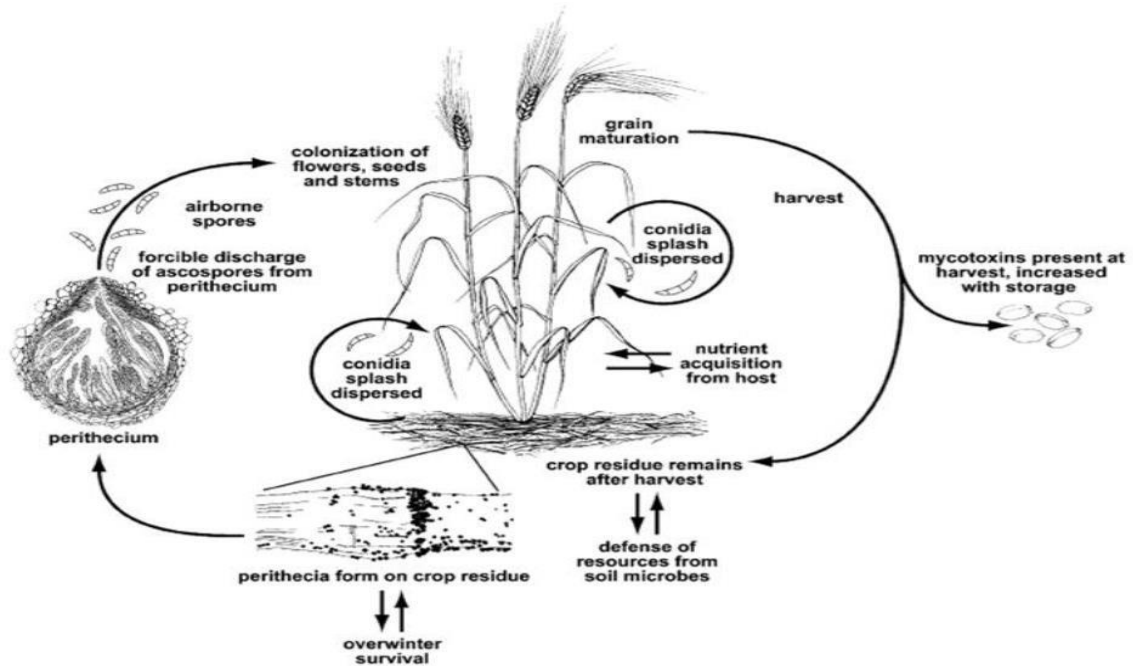
- ❖ **Le groupe représenté par la zéaralénone (ZEA)** : produite par plusieurs espèces de *Fusarium* telles que *F. culmorum*, *F. graminearum* (West *et al.*, 2011). Elle contamine fréquemment les céréales telles que le maïs, le blé, l'orge, l'avoine et certains produits végétaux. Elle a aussi un effet mutagène et cancérigène et des effets œstrogènes qui perturbent les équilibres hormonaux liés à la reproduction chez les animaux domestiques (Stakheev *et al.*, 2010; Mankeviciene *et al.*, 2010).
  
- ❖ **Le groupe des trichothécènes (TCT)** : Les trichothécènes sont des mycotoxines produites principalement par *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, et *F. pseudograminearum*. Les céréales les plus contaminées par cette famille de mycotoxines sont le maïs, le blé, l'orge, l'avoine et le riz (Yazar *et Omurtag*, 2008). Les trichothécènes sont aussi phytotoxiques (Masuda *et al.*, 2007). A des doses très faibles, ils perturbent la germination des graines et entraînent le flétrissement, des chloroses, des nécroses sur de nombreuses variétés de plantes (Rocha *et al.*, 2005).

### III.4.1.5. Cycle biologique

Le cycle de vie des agents pathogènes responsables de fusariose est illustré dans la (Figure 07) par le cycle de *F. graminearum*. Pendant l'hiver et tout au long du cycle cultural, les agents pathogènes responsables de la fusariose des épis survivent dans le

sol sous forme de chlamydozoospores (**Bai et Shaner, 1994**). Cet inoculum primaire est capable d'infecter les semis et induire une fonte des semis (seedling blight) et une pourriture du collet (foot rot) (**Arsan et al., 2011**).

L'inoculum est formé principalement de macroconidies ou microconidies (phases téléomorphes *Fusarium* et *Microdochium*) et d'ascospores (phases anamorphes *Gibberella* et *Monographella*).



**Figure 07** : Cycle de vie de *F. graminearum*, principal agent responsable de la fusariose des épis de blé (**Trail, 2009**).

La maladie débute par le dépôt de spores matures sur des épis de blé en fleur. Ces spores germent, généralement dans la partie médiane de l'épi, où commence la floraison et où l'humidité est supérieure à celle des autres épillets (**Walter et al., 2009**).

Ils entrent dans la fleur et se développent afin de rejoindre la graine en formation, les bractées florales et le rachis, la pénétration dans l'épi peut également avoir lieu en surface des glumes ou via des ouvertures naturelles stomates, blessures, base de l'épillet (**Brown et al., 2010**).

Le tube germinale pénètre dans l'épillet et se développe sur les glumes, utilisant les nutriments disponibles, utilisant les nutriments disponibles. Le champignon pénètre ensuite dans la fleur et s'enfile dans les stomates, les blessures et les étamines. Le mode d'infection peut toutefois varier d'une variété à l'autre. Quand l'épillet est infecté, le

champignon se propage dans le reste de l'épi, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur, en utilisant le système vasculaire. Ce dernier type de propagation peut provoquer l'interruption du flux de la sève vers les parties supérieures de l'épi (**Mascher et al., 2005**).

### III.5.1.6. Conditions favorables au développement de la maladie

La sévérité de la fusariose est conditionnée par trois facteurs indépendants des champignons: les facteurs climatiques, les facteurs agronomiques et les facteurs physiologiques de la plante hôte (**Walter et al., 2009**).

#### a. Les facteurs climatiques

Les facteurs climatiques, en particulier l'humidité et la température, jouent un rôle primordial puisqu'ils vont conditionner la germination et l'infection du champignon. Des expérimentations réalisées par **Rossi et al. (2001)**, sur feuilles détachées ont montré un optimum de fréquence d'infection pour *F. graminearum* à 28-29°C, il est présent dans les régions plus chaudes comme aux Etats-Unis (**Doohan et al., 2003**).

Au niveau de l'humidité, des pluies fréquentes, une forte hygrométrie et / ou de fortes rosées autour de la floraison. l'infection peut toujours avoir lieu mais avec une efficacité réduite (**Alvarez et al., 2009**).

#### b. Les facteurs agronomiques

Ils jouent un rôle principalement dans la conservation de l'inoculum primaire. Egalement, un travail du sol augmenterait la dégradation des résidus en favorisant l'activité microbienne et donc limiterait la colonisation des résidus par *F. graminearum*. Enfin, les grandes surfaces de cultures sensibles à la fusariose sont propices au développement de celle-ci par la multiplication des sources d'inoculum (**Pereyra et al., 2004**).

#### c. Les facteurs physiologiques

Les facteurs physiologiques de la plante hôte sont nombreux et influencent plus ou moins le développement de la fusariose. L'intensité de la maladie aussi dépend des caractéristiques physiologiques de la plante (taille, densité d'épillets...), son état de stress, la date et la durée de la floraison et le niveau de résistance de la variété (**Xu et al., 2005 ; Audenaert et al., 2009**).

### III.5.2. *Microdochium nivale*

#### III.5.2.1. Caractéristiques du pathogène

Appartient au genre *Microdochium* à la famille des Tuberculariaceae, ce genre regroupe deux espèces, *M. nivale* et *M. majus* (Glynn *et al.*, 2005), provoquant les mêmes symptômes sur épi que les *Fusaria* ainsi que des symptômes sur feuilles. Ces deux espèces ne produisent pas de mycotoxines. *Microdochium nivale* (*Microdochium nivale var majus* et *Microdochium nivale var nivale*) sont décrits dans la littérature comme agent de fusariose des épis (Parry *et al.*, 1995) des céréales à petits grains.

#### III.5.2.2. L'identification de *Microdochium nivale*

*Microdochium nivale* a été divisé en deux variétés sur la base de la morphologie conidienne. *Var majus* diffère de *var.nivale* par ses cellules plus grandes (Gerlach *et Nirenberg*, 1982).

Les colonies sont blanches à blanc rosâtre. Les macroconidies sont la seule spore asexuée et elles sont courbes, falciformes, effilées vers chaque extrémité, avec un sommet pointu et une base arrondie en forme de coin. Les conidies sont formées clairsemées dans le mycélium aérien et plus abondamment dans les sporodochies visqueuses orange pâle. Aucune chlamydo-spore n'a été signalée (Booth 1971).



**Figure 08:** Conidies produites en sporodochia sur PDA de *Microdochium nivale* (LNPV, 2008)

#### III.5.2.3. Taxonomie

Le champignon a été décrit pour la première fois comme *Lanosa nivalis* par Fries en 1825 (Jamalain *et al.*, 1943). La nomenclature a depuis lors changé plusieurs fois. Avant 1980, il était communément appelé *Fusarium nivale*, il a été exclu du genre *Fusarium* et placé dans le genre *Microdochium* et renommé *Microdochium nivale*,

car elle ne possède pas de phialides mais plutôt des cellules conidiogènes annellidiques. Ce champignon est classé dans : (*Xylariales* , *Xylariomycetidae*, *Sordariomycetes*, *Ascomycota*, *Fungi*) (**Keith et Seifert, 2001**).

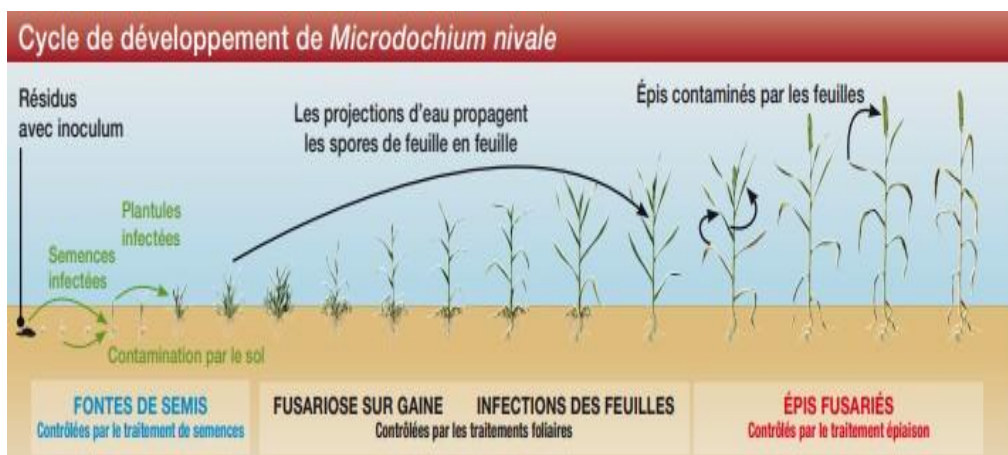
### III.5.2.4. Le pouvoir pathogène de *Microdochium nivale*

*Microdochium nivale* ne produit jamais de mycotoxines. Dans les cas de symptômes de fusariose de l'épi au champ il est très important de faire la distinction entre *Fusarium* et *Microdochium*. Dans le premier cas, il y aura un risque important de contamination par des mycotoxines et dans l'autre cas, ce risque sera nul. **Anonym 10**

### III.5.2.5. Cycle biologique

Le champignon se transmet principalement par les semences et les résidus de récolte. Il se conserve dans le sol pendant plusieurs mois sous forme de spores ou de mycélium capable de se propager sur les débris végétaux (**Anonym 11**).

A la levée, les semences infectées germent mais les pousses et les racines se nécrosent et meurent. La coléoptile porteuse de lésions s'enroule sur lui-même. A la sortie de l'hiver, le système racinaire se réduit, le collet et les graines prennent une couleur brune et la plante s'affaiblit. Sur l'épi, on observe un dessèchement prématuré des épillets. Un mucilage rosé formé d'une multitude de spores apparaît à sa base entre les pièces florales (**Anonym 12**)



**Figure 09** : Présentation de cycle de développement de *Microdochium nivale* agent responsable de fusariose des épis (**Anonym 13**)

### III.5.2.6. Conditions favorables au développement de la maladie

*M. nivale* a un optimum de température entre 18°C et 26.5°C, il est retrouvé dans des régions plutôt fraîches comme le Royaume-Uni (**Doohan et al., 2003**).



***Chapitre IV:  
La fusariose de  
l'épi et leurs  
méthodes de  
contrôle.***

La lutte contre les agents de la fusariose du blé implique une stratégie globale regroupant plusieurs approches complémentaires dans le cadre d'une lutte intégrée. La première est préventive, qui consiste à mettre en place de bonnes pratiques culturales, la deuxième concerne l'utilisation des fongicides, la troisième est l'utilisation des agents de lutte biologique et la quatrième est représentée par la lutte génétique.

### IV.1. La lutte culturale

Cette lutte vise donc à limiter l'accroissement du taux de l'inoculum dans le sol et consiste à :

- L'utilisation des semences saines.
- L'utilisation de la fumure azotée de façon rationnelle (**Mauleret *et al.*, 1997**).
- L'élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond.
- L'utilisation de la solarisation, qui peut réduire les populations pathogènes et l'incidence de la maladie (**Pandyet *et al.*, 1996**).

### IV.2 La lutte génétique

L'amélioration de la résistance génétique aux agents pathogènes constitue un objectif majeur de la plupart des programmes de sélection et d'amélioration des plantes cultivées. La connaissance des bases génétiques et biochimiques de l'interaction entre l'agent pathogène et la plante hôte apparaît comme un élément clé dans la réussite de cette amélioration. Le blé dispose de plusieurs mécanismes de résistance contre le développement de la gale de l'épi. Le champignon a besoin de fleurs ouvertes pour pénétrer. Certaines variétés fleurissent sans que les épillets ne s'ouvrent; d'autres variétés évitent l'infection par une durée de floraison très courte, par des épis présentant un petit nombre de fleurs ou par un épi lâche et aéré, ce qui permet un rapide ressuyage. Une cuticule épaisse peut arrêter la pénétration du champignon et une tige longue peut prévenir la contamination de l'épi par des spores venant du sol ou des feuilles (**Hilton *et al.*, 1996**).

La création de variétés résistantes semble donc la méthode la plus économique et la plus favorable pour protéger l'environnement (**West *et al.*, 2011**).

### IV.3. La lutte chimique

Le traitement chimique est l'une des méthodes utilisées pour lutter contre cette maladie. L'utilisation des fongicides ces dernières années est très répandue car elle s'est révélée efficace de 50 à 70 % dans la réduction de la sévérité de la maladie une fois appliquée aux périodes appropriées. Parmi les fongicides utilisés actuellement contre la fusariose de l'épi du blé, on peut citer le Fludioxonil, le Benomyl, le Tebuconazole, l'Azoxystrobin et le Mancozeb (Khan *et al.*, 2011).

### IV.4. La lutte biologique

Plusieurs microorganismes ont montré leur efficacité dans la protection du blé contre la fusariose. Les genres *Bacillus* et *Pseudomonas* sont les agents bactériens les plus étudiés (Yuen et Schoneweis, 2007).

Des levures des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* et *Cryptococcus* et des champignons filamenteux (*Trichoderma*) peuvent réduire l'inoculum de nombreuses espèces du genre *Fusarium* notamment *F. graminearum* (Palazzini *et al.*, 2007).

### IV.5. La lutte intégrée

La lutte intégrée contre la fusariose du blé est une approche qui combine les différentes méthodes de lutte à savoir la lutte culturale, l'utilisation des variétés résistantes, les traitements chimiques et l'utilisation d'éventuels agents de la lutte biologique (Palazzini *et al.*, 2009).

# ***Conclusion***

## Conclusion

---

Il est reconnu que les céréales comme le blé, le riz et le maïs constituent l'alimentation de base de la majorité des populations. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al, 2005**).

Le blé est l'une des premières plantes introduites en culture. En Algérie, la culture du blé occupe une place importante parmi les céréales. Elle fait partie de nos mœurs et constitue l'alimentation de base de notre population (**Boulai et al. ,2007**). Cependant, cette culture est exposée aux infections naturelles pouvant conduire rapidement à la dégradation de la qualité et de la quantité des rendements. Ceci est dû en partie aux conditions difficiles du milieu de production et à la faiblesse du potentiel génétique du matériel végétal utilisé, mais aussi et surtout à la prévalence de plusieurs stress biotiques tels que les maladies cryptogamiques qui contribuent en grande partie à la perte de rendement variant en fonction de l'ampleur des incidences et sévérités d'attaque de ces différents pathogènes.

Parmi les principales maladies foliaires observées : Rouille jaune, Helminthosporioses, Septorioses (**Ezzahiri, 2001**), .Par ailleurs, La fusariose de l'épi est une des maladies les plus importantes du blé. Elle est causée par un complexe d'espèces dont les plus courantes sont *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *M. majus* et *M. nivale*. Ces champignons infectent les épis de blé au moment de la floraison mais l'impact de contaminations tardives sur les grains est peu compris. De plus, deux ou trois espèces sont susceptibles de co-infecter un même épi, ce qui pourrait modifier leur développement et leur production de toxines dans l'épi.

La surveillance phytosanitaire a un rôle important pour minimiser les pertes économiques. Bien que les traitements des cultures par des fongicides contribue en partie dans le contrôle des maladies, l'utilisation de semences traitées est d'une importance primordiale pour garantir les rendements les plus élevés. Cette étude apporte de nouveaux éléments nécessaires à la compréhension de l'épidémiologie de ces agents pathogènes et des niveaux de contamination à l'échelle du champ.

## Référence :

- 1- **Anonyme 1:** <http://www.recettesmaroc.com/2011/01/31/aliment-lorge/> .
- 2- **Anonym 2:** <https://www.agrimaroc.ma/ble-tendre-prix-referentiel-subventions/>.
- 3- **Anonym 3:** <https://booksofdante.wordpress.com/tag/avoine-composition/>.
- 4- **Anonym 4:** <http://www.boulangerie.net/MP/InfoBlefar>
- 5- **Anonym 5:** <https://fr.statista.com/statistiques/570403/ble-volume-de-production-dans-le-monde/>.
- 6- **Anonym 6 :** <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>.
- 7 - **Anonym 7:** [www.unctad.org/infoomm/Francais/ble/culture.htm](http://www.unctad.org/infoomm/Francais/ble/culture.htm).
- 8- **Anonym 8 :** [\(http://biosol.free.fr/\)](http://biosol.free.fr/).
- 9- **Anonym 9:** <https://www.terre-net.fr/> .
- 10- **Anonym 10:** <https://www.grainscanada.gc.ca/fr> .
- 11- **Anonym 11:** <http://www.univ-brest.fr>).
- 12- **Anonym 12 :** <http://www.bayer-agri.fr>).
- 13- **Anonym13:** <https://www.syngenta.fr>).
  
- 14- **Abdel Massih, M. (2007).** Moisissures: identification, sources de contamination et moyens de lutte. Pôle technologique agroalimentaire: 3.
  
- 15- **Ait-slimane-ait-kaki S.(2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat. Univ. Annaba.150p.
  
- 16- **Alismail Wafia et Kherous Aicha. (2017).** Influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semi-aride du Haut Cheliff. mémoire de mastère. Univ. de Khemis-Miliana.51p.
- 17- **Allain E. (2014).** Céréale données et bilan (Campagne 2013/14 / juillet 2014). *France Agri Mer* :Pp140.

- 18-Amrani B. (2013).** Maladie : Méthode et échelle de notation des maladies et accidents divers. Bulletin des grandes cultures. *Information technology General controls* **02** , 5p.
- 19-Aouali S. et Douici-Khalfi A. (2013).** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte. *Information technology General controls* . 8-36.
- 20-Arsan MR. et Eraky Amal MI. (2011).** Aggressiveness of certain *Fusarium graminearum* isolates on wheat seedlings and relation with their trichothecene production. *Plant Pathology* **10**, 36-41.
- 21-Bahri B., Leconte M., Ouffroukh A., Enjalbert J. (2009).** Géographique limites of a clonal population of wheat Yelow Rust in the Méditerranéen région .*Molecular Ecology* **18** , 4165–4179.
- 22-Bai G. et Shaner G. (1994).** Scab of wheat: Prospects for control. *Plant Disease* **78**, 760-766.
- 23-Bakour L. et Bendifallah K. (1990).** Rapport d'enquête. Etat sanitaire des denrées entre posées dans les unités de stockage de D, B, K, Bouira et Ain Bessem.
- 24-Boufenar Zaghouane F. et Zaghouane O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). *Information technology General controls*, ICARDA.Alger. 154 p.
- 25-Brown N., Urban M., Van De Meene AML. et Hammond-Kosack KE. (2010).** The infection biology of *Fusarium graminearum*: Defining the pathways of spikelet to spikelet colonization in wheat spikes. *Fungal biology* **114**, 555-571.
- 26-Casnin C., Jean-François M. et Levesque H. (2013).** Le blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée (enseignants-associés à l'Ifé-ENS de Lyon).
- 27-Champion R. (1997).** Identification des champignons transmis par semences. INRA,Paris, 398p.
- 28-Clement-Grandcourt M. et Prats J. (1971).** Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.
- 29- Cornuet P. (1987).** Eléments de virologie végétale .INRA ,145 rue de l'Université ,75007 Paris.206p
- 30- Djaouti M. (2010).** Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréales en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif mémoire Master. 142p

**31-Dooan FM., Brennan J. et Cooke BM. (2003).** Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology* **109**, 755–768.

**32-Douaer A. et Houala D. (2018).** Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum Desf.*). mémoire de mastère. Univ. de Khemis- Miliana.44p.

**33-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**, 4p.

**34-FAO.(2005).**FAOSTATAgriculture.Availableonlineat<http://faostat.fao.org/faostat/collects?>

**35-Feillet P. (2000).** le grain de blé composition et utilisation Inra, 17 – 18.

**36-Fredot E. (2012).** Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3ème édition, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 613p.

**37-Gate Ph. et Giban M. (2003).** Stades du blé. Edition ITCF, Paris. 68p.

**38-Guendez M. (2008).** 6es journées scientifiques des techniques phytosanitaires.INPV, source : <http://actualite.el-annabi.com>.

**39-Hannachi A., Fellahi Z., Bouzerzour H. et Boutekrabt A. (2013).** Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum Desf.*) under Rainfed Conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability* **3**,122-131.

**40-Eooine Chebbi H. et Lachaal I. (2004).** L'agriculture et la Securite Alimentaire : Une etude comparative des Pays du Maghreb. *NEW MEDIT* **3**.

**41-Husson O., Charpentier H., Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Enjalric F.K.N., Rakotondramanana et Seguy L. (2012).** Avoine *Avena sativa* et *Avena strigosa*. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. **3**.

**42-INPV. (2014).** Problématique de la fusariose des céréales en Algérie Identification des espèces et leurs répartitions dans les zones potentiellement céréalières. *Bulletin d'information phytosanitaire* **33**, p 3.

**43-Laffont J. (1985).** Les maladies des céréales et du maïs. *Agri-Nahan*. Pp 4-51.

**44- Le Henaff G., Oste B., Dacquay Y., Delos M., Gatellet G., Lepoutre P., Pillon O. et - Vergnaud A. (2000).** Bilan phytosanitaire 1999-2000 des blés et des orges. *Phytoma, la défense des végétaux* **533**, 8-12.

**45-Lesage V. (2011).** Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté/tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignée quasi-isogénique. Thèse de doctorat. p17.

**46-Leslie J. et Summerell B. (2006).** The *Fusarium* Laboratory Manual. First edition, Blackwell Publishing, 387 p.

**47-LNPV. (2008).** Toutes céréales: Détection et identification des espèces de *Fusarium spp.* et *Microdochium nivale* sur grains de céréales par isolement mycologique semi



sélectif et étude microbiologique. Malzéville, France, 28.

- 48-MADR. ( 2005).** Données statistiques du Ministère de l'agriculture. Bureau des statistiques unive. Mentouri, Constantine.
- 49-MADR. ( 2006).** Données statistiques du Ministère de l'agriculture. Bureau des statistiques.
- 50-MADR, (2009).** Statistiques agricoles, série B. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural.
- 51-Mallek H. (2017).** Contribution à l'étude de la mycoflore associée aux grains de blé dans la wilaya de Bouira. Mémoire de Master, unive. d'Akli Mohand Oulhadj de Bouira, 57p.
- 52-Mankeviciene A., Butkut B., Gaurilcikiene I., Dabkevicius Z. et Suproniene S. (2010).** Risk assessment of *Fusarium* mycotoxins in Lithuanian small cereal grains, *Food Control* **22**, 970-976.
- 53-Mascher F., Michel V. et Browne RA. (2005).** Sélection de variétés de blé et de triticales résistantes à la fusariose sur épi. *suisse Agric.* 189-194.
- 54-Mauler-Machnlk A. et Suty A. (1997).** New finding of the epidemiology, importance and control of *Fusarium* ear blight on wheat. *Cereal Research Community* **25**, 705-711.
- 55-McMullen M., Lones R. et Gallenberg D. (1997).** Scab of wheat and barley : A re-emerging disease of devastating impact. *Plant Disease* **81**, 1340-1348.
- 56-O'donnell K., Ward TJ., Geiser DM., Corby Kistler H. et Aoki T. (2004).** Genealogical concordance between the mating type locus and seven other nuclear genes supports formal recognition of nine phylogenetically distinct species within the *Fusarium graminearum* clade. *Fungal Genetics and Biology* **41**, 600-623.
- 57-Olivier Essiane ondo . (2014).** Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain. Thèse de doctorat. Unive. de Bourgogne. 157p.
- 58-Palazzini JM., Ramirey ML., Torres AM. et Chulze S. (2007).** Potentiel biocontrol for *fusarium* head blight and deoxynevalenol production in wheat. *Crop Protection* **26**, 1702-1710.
- 59-Pandy AK., Arora DK., Pandey RR., et Srivastava AK. (1996).** Integrated control of *fusarium* wilt of chickpea by solar heating of soil amendes with oilseed meals and fungicides. *Indian Phytopathology* **49**, 247-253.
- 60-Parry D., Jenkinson P., Mcleod L. (1995).** « *Fusarium* Ear Blight (scab) in Small-Grain Cereals - a Review ». *Plant Pathology* **44**, 207-238.
- 61-Prandini A., Sigolo S., Filippi L., Battilani P. et Piva G., 2008.** Review of predictive models for *Fusarium* Head Blight and related mycotoxin contamination in wheat. *Food and Chemical Toxicology* **47**, 927-931.
- 62-Ruppel P., Delfosse PH et Hornick JL. (2004).** La contamination de la filière laitière par les mycotoxines : un risque pour la santé publique en Afrique subsaharienne. *Annales de médecine vétérinaire*, 141-146.

- 63- Sayoud R. (2008).** Maladies et insectes des céréales en Algérie .Guide de champ Syngenta.
- 64- Soltner P. (2005).** Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4èmeEd. Collection et Techniques Agricoles. 248p.
- 65- Trail F. (2009).** For blighted waves of grain: *Fusarium graminearum* in the postgenomics era. *Plant Physiology* **149**, 103-110.
- 66- Walter S., Nicholson P., Doohan FM. (2010).** Research review: Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease. *New Phytologist* **185**, 54–66
- 67- Wegulo S., Jackson T A., Baenziger S., Carlson M. et Hernandez J. (2008).** *Fusarium* Head Blight of Wheat.EC 1896.University of Nebraska Extension. <http://extension.unl.edu/>
- 68- West J.S., Holdgate S., Townsend J.A., Edwards S.G., Jennings P. et Fitt BruceD.L. (2011).** Impacts of changing climate and agronomic factors on *Fusarium* Ear Blight of wheat in the UK. *Fungal Ecology xxx*: 1-9.
- 69- Xu Xm. et Nicholson P. (2009).** Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight. *Annual Review of Phytopathology* **47**, 83–103.
- 70- Yazar S. et Omurtag G.Z. (2008).** Fumonisin, Trichothecenes and Zearalenone in Cereals. *International Journal of Molecular Sciences* **9**, 2062-2090.
- 71--Zahri S., Farih A., Badoc A. et Douira A. (2014).** Statut des principales maladie cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013. *Journal of Applied Biosciences* **77**, 6543–6549.
- 72 -Zettal Y, (2017).** Le blé : importance, santé et risque . mémoire de mastère.univ.Constantine.34p.