ا لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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 DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Mohamedoun Djibril Ba

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

Identification de la mycoflore pathogène associée aux semences de blé (*Triticum spp*.), maïs (*Zea mays L.)* et riz (*Oryza sativa L.*)

Jury de soutenance

Nom et Prénom	Grade	Qualité
ZAZA Messouada	MAA	Examinatrice
AITIALEFF Khouloud	MAB	Présidente
Touati-Hattab Sihem	MCB	Encadreur
MIMOUNI Afaf	Conservateur Divisionnaire des Forêts	Co-Encadreur

Promotion : 2023-2024

In memorium

A mon cher grand-père **Ifra Yero BA,**

A mon cher oncle **Harouna Ifra BA**

A mon grand frère **Ibrahima Djibril BA**

Et à ma chère cousine **Faty Diallo**

Qui ont quitté ce monde mais à jamais présent dans mon cœur et esprit

Qu'ALLAH Vous accueille dans son vaste paradis !

Remerciements

je tiens à remercier en premier lieu **ALLAH** de m'avoir guidé sur le droit chemin de m'avoir accordé la santé, la force et le courage d'accomplir ce travail et je prie sur le prophète **Mohamed** paix et salut sur lui.
Je voudrai d'abord adresser toute ma gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur Dr TOUATI Siham, pour sa patience, ses judicieux conseils et ses suggestions indispensables, qui ont contribué à alimenter ma réflexion, merci jusqu'à votre pleine satisfaction, jamais je ne vous dirai assez merci pour toute cette opportunité.

Mes remerciements vont également aux membres de jury ZAZA Messaouda et AITIALEFF Khouloud, pour l'évaluation de ce travail, qu'elles trouvent ici ma reconnaissance la plus sincère

Tous mes remerciements à tous mes enseignants du Département de Sciences Agronomiques d'Université Amar THELDJI de Laghouat pour leur accueil chaleureux, soutient et leur aide, sans oublier le personnel du Labo.

Mention spéciale à tous mes amis, camarades et collègues de promotion du département des Sciences Agronomiques sans exception, pour leur aide, soutien et qualités humaines inestimables.

Je tiens à témoigner toute ma gratitude à Madame MIMOUNI Afaf pour son assistance, son esprit de partage généreux, merci infiniment.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à la famille TOUATI, pour leurs hospitalités durant mes deux ans, pour vous être ouvert à moi, votre nature chaleureuse et accueillante m'a fait sentir comme chez moi, qu'ALLAH vous comble de sa bénédiction.

Dédicaces

Par une profonde reconnaissance et un immense amour, je dédie ce mémoire :

A la personne qui est toujours avec moi, mon très cher père ***Djibril Ifra Ba*** *qui a été mon ombre durant toutes les années des études et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide, merci pour le soutien inconditionnel à la fois moral et économique. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi, puisse ALLAH t'accorder une longue vie Babooyam.*

A ma chère mère ***Aissata Harouna Diallo*** *dont le courage dans l'éducation et la prise en charge de ses enfants méritent, à n'en point douter, un vibrant hommage, bien plus que ce que cette molle dédicace ne saurait exprimer, tant ma fierté d'être son fils déborde de mon cœur, qu'Allah vous garde aussi longtemps Nenooyam.*

A mes frères et sœurs ***Bouya Djibril Ba, Ahmed Djibril Ba, Harouna Djibril Ba, Aminata Djibril Ba, Yahya Djibril Ba*** *et* ***Adama Djibril Ba,*** *je vous souhaite un avenir radieux plein de réussite et J'implore ALLAH qu'il vous préserve et vous apporte assistance dans vos projets, que le Tout Puissant soit votre garant éternel.*

A mes grand parents, ***Aissata Lora Diallo, Harouna Goor Diallo, Fatimata Lora Diallo*** *et* ***Ba Yaya Mamadou*** *pour vos Douas q'ALLAH vous accorde une très longue vie.*

A ma chère fiancée, ***Hapsa Ousmane Sow***

A mes chères cousines et cousins, ***Dr BA Aissata Yaya, Halima Yaya BA, Mariam Harouna BA, Coura Harouna BA, Maimouna Oumar Diallo*** *et* ***Haby Harrouna BA.***

Ardo BA, Oumar Ousmane Ba, Amadou Harouna Ba, Mamadou Moulay Diallo, Alassane Ousmane Sow, Ousmane Mamadou Sow, Oumar Alassane Ba, Ousmane Moulay Diallo, Abou Oumar Diallo, Mamadou Harouna BA *et* ***Djibril Harouna BA,*** *pour ses encouragements et soutiens sans limite, Je prie Dieu pour que vos chemins soient comblés de succès.*

A mes très cher(e)s ami(e)s, ***Ousmane Diallo, Moussa Thiame, Mamadou Camara, Hani Correra, Haby Sow, Velly Fall, Betoul BA, Khadijetou Sow, Fatima Sall, Fatima N'Diaye, HamahoulAh Cissoko, Fatima Diouh*** *et* ***BENHAMIDA Khadija.***

A l'ensemble des étudiants mauritaniens à Lagouath, pour leur accueille et savoir vivre, je vous souhaite bonne chance dans vos études.

Mohamedoun D,A. (2024). **Identification de la mycoflore pathogène associée aux semences de blé (*Triticum spp*.), maïs (*Zea mays L.)* et riz (*Oryza sativa L*.).**

Résumé

Le blé, le maïs et le riz sont les plus importantes des cultures céréalières dans le monde. Les champignons pathogènes constituent une sérieuse menace pour ces cultures. Ces agents pathogènes sont à l'origine de trois maladies destructives sur blé, maïs et riz à savoir la pourriture des racines, la pourriture de la tige et la pourriture des épis. Ce travail a été effectué dans le but d'identifier et de caractériser les espèces fongiques pathogènes portées par les grains de blé, maïs et riz. L'analyse des échantillons de grains a abouti à l'identification des genres fongiques suivants : *Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Curvularia, Pyrenophora, Colletotrichum et Ulocladium* .

L'identification morphologique des isolats de *Fusarium* a permis de différencier 33 espèces dont :

F. verticillioides, F. sporotrichioides, F. acuminatum, F.Crookwellense et Gibberalla fujikuroi. Le potentiel toxinogène des isolats de *F. cerealis* (Syn. F. crookwellense) a été confirmé par analyse sur grains de riz par GC-MS.

Mots clés : Blé, maïs, riz, analyse phytosanitaire, *Fusarium*, mycotoxines.

محمدون، ج .2024 . تحديد الفطريات الممرضة المرتبطة ببذور القمح *(Triticum spp.)*، *الذرة (Zea mays L.)*، والأرز (*Oryza sativa L*.).

ملخص

القمح والذرة والأرز هم من أهم محاصيل الحبوب في العالم. تشكل الفطريات الممرضة تهديدًا خطيرًا لهذه المحاصيل، حيث هذه الفطريات مسؤولة عن ثلاث أمراض مدمرة في القمح والذرة والأرز، وهي تعفن الجذور وتعفن الساق وتعفن السنابل. تم إجراء هذا العمل بهدف تحديد وتوصيف أنواع الفطريات الممرضة المحمولة على حبوب القمح والذرة والأرز. أدى تحليل عينات الحبوب إلى تحديد الاصناف الفطرية التالية:

Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Curvularia, Pyrenophora, Colletotrichum و*Ulocladium.*

سمح التحديد المرفلوجي لعزلات الفوزاريوم الى تمييز 33 نوع:

F. verticillioides, F. sporotrichioides, F. acuminatum, F. crookwellense و*Gibberella fujikuroi.*

تم تأكيد القدرة السامة للعزلات F. cerealis (Syn. F. crookwellense) من خلال تحليل على بذرة الارز بواسطة GC -MS .

الكلمات المفتاحية: القمح، الذرة، الأرز، تحليل الصحة النباتية، الفوزاريوم، السموم الفطرية

Mohamedoun D,A. 2024 . Identifying pathogenic fungi associated with wheat (Triticum spp.), maize (Zea mays L.), and rice (Oryza sativa L.) seeds.

Summary

Wheat, maize, and rice are the most important cereal crops worldwide. Pathogenic fungi pose a serious threat to these crops, causing three destructive diseases: root rot, stem rot, and ear rot. This study aimed to identify and characterize pathogenic fungal species carried by wheat, maize, and rice grains. Analysis of grain samples identified the following fungal genera: *Fusarium*, *Aspergillus, Penicillium, Alternaria, Curvularia, Pyrenophora, Colletotrichum*, and *Ulocladium*. Morphological identification of Fusarium isolates distinguished 33 species, including *F. verticillioides, F. sporotrichioides, F. acuminatum, F. crookwellense, and Gibberella fujikuroi*. The toxigenic potential of F. cerealis (Syn. F. *crookwellense*) isolates was confirmed by analysis on rice grains using GC-MS.

Keywords: Wheat, maize, rice, phytosanitary analysis, *Fusarium*, mycotoxin

Sommaire

Introduction 1
Chapitre 1: Synthèse Bibliographique 5
1. LE BLE 5
1.1. Généralités sur le Blé 5
1.2. Importance de la culture de Blé..... 7
1.2.1. Importance de la culture de Blé dans le monde 7
1.2.2. Importance de la culture de Blé en Algérie 10
1.3. Biologie et physiologie du blé 11
1.4 Le cycle de développement du blé 13
1.4.1. La période végétative 13
1.4.2. La phase reproductrice 15
2. Le Maïs 15
2.1 Généralités sur le maïs 15
2.2 Importance économique du maïs 16
2.2.1 Situation mondiale de la culture du maïs 17
2.2.2. Situation mondiale de la culture du maïs..... 17
2.3 Biologie et physiologie du maïs 18
2.4 Phases de développement du maïs 18
2.4.1. La phase végétative 19
2.4.2. Phase reproduction 19
2.4.3. La phase de développement de grain et de maturation 20
3. Le Riz 22
3.1. Taxonomie 22
3.2. Origine du riz 22
3.3. Production du riz 23
3.3.1. Production mondiale du riz..... 23
3.3.2. Le Riz en Mauritanie 24
a. Les contraintes pour le développement de la riziculture en Mauritanie sont essentiellement 24
3.4. Morphologie du riz 25
3.4.1. Les organes reproducteurs 25
3.4.2. Les organes végétatifs 25

3.5. Cycle de développement du riz 26
3.5.1. La phase végétative.....27
3.5.2. La phase reproductive 27
3.5.3. La phase de maturation 27
4. Pathologies 28
4.1. La Fusariose 29
4.1.1. Symptamologie de la fusariose.....30
4.1.2. Epidémiologie de la Fusariose.....31
4.1.3. Les toxines produites par les champignons du genre *Fusarium*.....33
a. Les fumonisines.....34
b. Les Trichothécènes 35
c. Zéaralénone 36
4.2. Tache foliaire de *Curvularia* 36
4.3. Brûlure des feuilles (Helminthosporiose) 38
5. Moyens de lutte 39
5.1. Les pratiques culturales.....39
5.2. Lutte biologique.....39
5.3. La lutte chimique 40
5.4. La lutte intégrée.....40
Chapitre 2 . Matériels et Méthodes 41
2.1.Matériel végétal.....41
2.1.1. Échantillons de maïs, blé et riz analysés.....41
2.2 Méthodes.....42
2.2.1. Isolement de la flore fongique 42
a. Désinfection des semences.....42
b. Isolement des semences.....42
2.2.2. Méthodes de purification.....43
a.Repiquage successif.....43
b. Culture monospore.....43
2.2.3. Methodes de conservation.....44
2.2.4. Methodes d'identification morphologique des isolats.....44
a. calcule de la Fréquence des espèces fongiques.....45
b. calcule de la Densité relative des espèces fongiques.....45
c. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de Fusarium spp. sur graines de riz par GC-MS.....46

Chapitre 3: Résultats et Discussions……..……...…….47

3.1. Identification de la flore fongique responsable de la contamination des grains de blé, maïs et riz ……..47

3.1.1. Fréquence de la flore fongique……47

3.1.2. Description morphologique des espèces obtenues des isolements ……49

a. Alternaria spp……..49

b. Curvularia spp……..49

c. Aspergillus spp. et Penicillium spp……..50

d. Pyrenophora tritici-repentis ……..50

e. Ulocladium sp ……..51

f. Colletotrichum sp……..51

3.2. Identification et caractérisation morphologique et culturale des isolats de Fusarium spp. obtenus……..…56

3.2.1. Description morphologique des espèces de Fusarium identifiées à partir des …….. semences……...…56

a. F. cerealis (Syn. F. crookwellense)……..56

b.Fusarium sporotrichioides Sherbakoff……..56

c. Fusarium. Gibberalla fujikuroie……..57

d. Fusarium acuminatum Ellis & Everh……..57

e. Fusarium verticillioides……57

3.3. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de Fusarium ……..……..…..60

3.3.1. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de F. cerealis (Syn. F. crookwellense) sur grains de riz par GC-MS……60

Discussions ……..……62

Conclusion……..……..65

Références Bibliographiques……..……..……..…….67

Annexe 1……..……..……..……..81

Liste des Figures

Figure 1. Illustration de l'origine du blé dans le croissant fertile et des voies d'expansions de l'agriculture depuis le Néolithique……..6

Figure 2 . Histoire évolutive du blé dur et du blé tendre……...…….6

Figure 3. La planète du blé : répartition de la production en 2023……..……..8

Figure 4 . Production mondiale du blé……...….9

Figure 5. Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2021 à 2023…….9

Figure 6. Anatomie de l'épi de blé, de l'épillet et de la fleur ……..12

Figure 7. Les différentes parties constituant un grain de blé mature. ……..13

Figure 8 : Cycle de développement du blé ……..14

Figure 9 : Production de céréales au niveau mondial en 2022/2023…….17

Figure 10 : Structure d'un pied de maïs……19

Figure 11.les différents stades de développement du grain de maïs…….……20

Figure 12 . Structure du grain de maïs (G : x30)……..21

Figure 13 .Plant de riz. …….25

Figure 14. Cycle de développement du riz……...28

Figure 15. Symptômes de la fusariose sur céréales……..31

Figure 16. Cycle de Fusariose……...32

Figure 17. Espèces fusariennes toxinogènes sur blé et maïs. ……...34

Figure. 18. Symptômes développées sur la graine (a), nœud (b), tige(c) et feuille (d) des plantes de riz…….37

Figure 19. Helminthosporiose chez le riz, maïs et blé …….39

Figure 20. Méthodes d'Isolement de la flore fongique…….43

Figure: 21. Diversité de la mycoflore et variation dans le taux de contamination des grains de blé , maïs et riz sur DCPA……...48

Figure 22. Aspect cultural et microscopique des espèces d'Alternaria spp. isolées à partir des grains de blé et de maïs (G x 40) et (G x 100)……52

Figure 23 . Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des grains de blé, après 7 - 10 jours d'incubation à l'obscurité sur milieu PDA…….53

Figure 24. Aspects macroscopiques et microscopiques des espèces de penicillium spp. et Aspergillus spp. (Gx400) ……54

Figure 25. Aspect cultural et microscopique de l'espèce de Pyrenophora tritici-repentis, Ulocladium sp et Colletotrichum spp . sur le milieu PDA isolée à partir des grains de blé, maïs et riz (G x 100)……55

Figure. 26. Aspects morphologiques et microscopique de Fusarium Crookwellense, F. Gibberalla fujikuroi et Fusarium sporotrichioides isolées à partir des grains de blé (G x 100) ……..58

Figure. 27 . Aspects cultural et microscopique de Fusarium accuminatum isolé à partir des grains de blé et riz (G x 100) …….59

Figure. 28 . Aspects morphologiques et microscopique de Fusarium verticillioides isolées à partir des grains de blé et maïs (G x 40) …….59

Figure 29 . Détermination du potentiel toxinogène des isolats de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*) sur grains de riz par GC-MS……61

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des échantillons analysés…….……41

Tableau 2. Pourcentage de contamination des semences de blé, maïs et riz par le genre fongique……...…….48

Tableau 3. Pourcentage (%) des espèces fongiques de *Fusarium* Spp. Dans les échantillons de blé, maïs et riz …….…….. ….56

Introduction

D'un point de vue mondial, les céréales représentent la base de l'alimentation humaine mais également animale. Elles représentent à elles seules près de 50% du régime alimentaire mondiale rendant la sécurité alimentaire fortement dépendante de la production céréalière, du marché mondial et des stocks (Mahideb et Merrouche, 2015 ; Gacem, 2011 et Belyagoubi, 2006). Le maïs, le blé et le riz sont les trois principales céréales cultivées dans le monde.

Le blé, céréale dominante à côté du riz et du maïs, caractérise fortement le régime méditerranéen et du proche –Orient ; le riz ; pour le régime Asiatique Africain et le maïs constitue la base principale de l'alimentation de l'Amérique centrale (Ait Slimane et *al.*, 2008).

Le riz constitue la première céréale en termes de superficie cultivée et de quantité produite dans le monde après le maïs, avec une production mondiale près de 746,8 millions de tonnes et un rendement moyen de 4,6 t/ha (FAO, 2016).

En effet, annuellement, le maïs est la céréale la plus produite dans le monde avec environ 850 millions de tonnes produites sur approximativement 162 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 5.2 t/ha (FAOSTAT, 2022).

Cependant, 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).

Sa production est d'environ 768 millions de tonnes, et 174 millions de tonnes de blé produites sont exportées dans le monde soit 22% au cours de la saison 2019-2020. 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. (Abis, 2015)

En Algérie, tout comme en Afrique du Nord, ces cultures représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation ; en semoulerie, en boulangerie et en industrie alimentaire. Le rôle important que les céréales ont joué dans le développement de ces civilisations tient à leur valeur énergétique (autour de 3 400 Kcal/kg de matière sèche). Une teneur en protéine proche des besoins des organismes, et leur facilité de transport et de stockage.

Malheureusement, ces cultures sont menacées chaque année par de nombreux agents de détérioration notamment abiotiques (sécheresse surtout), humaines (itinéraires techniques non appliqués) et les facteurs biotiques (les plantes adventices, les ravageurs et les maladies) et qui sont les causes de la perte d'une grande partie de récolte des céréales. Les maladies fongiques sont l'une des contraintes majeures qui affectent la production de maïs, blé et riz.

Parmi les maladies fongiques du blé et maïs, nous citons 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).

En ce qui concerne les maladies fongiques du riz, le gigantisme du riz (Bakanae), causé par des espèces de *Fusarium* dont *Fusarium fujikuroi* et *F. concentricum*, constitue une maladie émergente dans plusieurs pays producteurs de riz (Desjardins et al., 2000 ; Bashyal et al., 2016 ; Jeon et al., 2013 ; Raghu et al., 2018). Le Bakanae est responsable de pertes de rendement élevées allant de 3,0 à 95,4% (Gupta et al., 2015). Le genre Fusarium est considéré comme l'un des plus importants groupes d'agents pathogènes des plantes, car il contient un nombre d'espèces qui sont distribuées dans le monde entier et s'attaquent à de nombreux secteurs agricoles et horticoles d'importance économique (Ma et al., 2013).

D'autres maladies fongiques qui touchent le riz qui ont une importance non négligeable, il y a l'anthracnose causée par *Colletotrichum graminicola* (Kaboré et al. 2001), l'helminthosporiose provoquée par *Bipolaris maydis* (USAID 1984, Vincelli & Hershman 1995), *Helminthosporium turcicum*, *Bipolaris sorghicola* et *H. rostratum* (Elazegui & Exconde 1973), les fontes de semis dues à *Phytium*, *Rhizoctonia* et *Phoma* (Wrather & Sweets 1999) et la rouille, causée par *Puccinia purpurea* (Kucharek 1992, Birgiwa et al. 1997). Les champignons du genre *Curvularia* les plus fréquemment rencontrés sur les organes de riz sont des espèces *Curvularia lunata* (Walkker) Boedijn [9] et *Curvularia tuberculata* B.L. Jain.

Tous ces champignons phytopathogènes sont transmis par semences, et représentent mondialement les agents pathogènes les plus dangereux pour les céréales Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et que les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies. Les maladies

fongiques ont une influence sur le rendement puisqu'elles contaminent pour certaines une partie de la feuille voire la totalité (ex : l'helminthosporiose et curvulariose) ce qui inhibe le rendement photosynthétique. Certaines maladies affectent les épis et les grains (ex : la fusariose). De plus, certaines espèces fongiques synthétisent des mycotoxines qui s'accumulent dans les grains, c'est le cas pour la plupart des espèces responsables de la fusariose et curvulariose.

La contamination des grains en mycotoxines peut les rendre impropre à la consommation et soulève un réel problème de santé publique. (Parry *et al.*,1995 ; Xu et Berrie, 2005) Leur consommation régulière pourrait entraîner des pathologies diverses et en particulier des cancers de l'œsophages pour les fumonisines ainsi qu'un retard de la croissance et des troubles gastro-intestinaux pour les trichothécènes (Rocha *et al.*, 2005). L'espèce *F. culmorum*, majoritaire et présente dans le blé en Algérie, produit des mycotoxines appelé est richothécènes de type B (Touati-Hattab *et al.*, 2016 et Laraba *et al.*,2017).

L'identification des champignons pathogènes responsables de la contamination des grains (blé, maïs, riz) et des toxines associées est cruciale pour le développement de stratégies visant à réduire le risque de contamination des céréales et des denrées alimentaires par des mycotoxines (Shaafsma et Hooker, 2007).

Il est donc important de mener cette étude dont l'objectif global est de contribuer à améliorer la production de ces trois cultures sur le plan qualitatif et quantitatif. De façon spécifique, il s'agira d'identifier et caractériser les champignons phytopathogènes associés aux grains de blé, maïs et riz.

Le premier objectif de ce travail de mémoire s'attachera à isoler la flore fongique présente au niveau des grains de blé, maïs et riz actifs, cultivés et commercialisés en Algérie et l'identifier à l'aide d'analyses morphologiques. Le second objectif a été d'analyser le potentiel toxinogène de trois isolats et de caractériser le type de mycotoxines produites moyennant de GC-MS.

Les démarches suivies dans la réalisation de ce document sont les suivantes :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui rappelle des généralités sur le blé, maïs et riz ; le problème de maladies fongiques surtout la fusariose et mycotoxines associées ainsi que les méthodes analytiques de détermination des mycotoxines.

- Le deuxième chapitre est consacré aux matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre et discutés dans ce même chapitre. Et enfin nous terminerons par une conclusion et perspectives.

Chapitre 1. Synthèse Bibliographique

1. Le Blé

1.1. Généralités sur le Blé

Cultivé depuis la préhistoire, le blé est une céréale de la famille des Graminées et du genre *Triticum.* Cette monocotylédone constitue l'aliment de base dans plus de 40 pays et pour plus de 35 % de la population mondiale (Williams, 1993, Nevo et *al*., 2002).

Le blé est le produit d'une histoire évolutive complexe, faite d'une succession d'évènements de polyploïdisation (*doublement* du contenu chromosomique), de domestication, de migration, d'adaptation et de sélection. Il en résulte une grande diversité génétique et une souplesse adaptive qui font du blé l'une des espèces à l'aire de distribution mondiale la plus large (Figure 1). (INRAE,2020).

La domestication du blé prend ses origines il y a environ 12 000 ans dans la région anciennement appelée le « Croissant fertile » au Proche Orient (Thuillet et al., 2004, Bonjean, 2011). Cette première forme de blé domestiqué correspond à *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* et dérive de l'espèce sauvage *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* (Zohary et al., 2000).

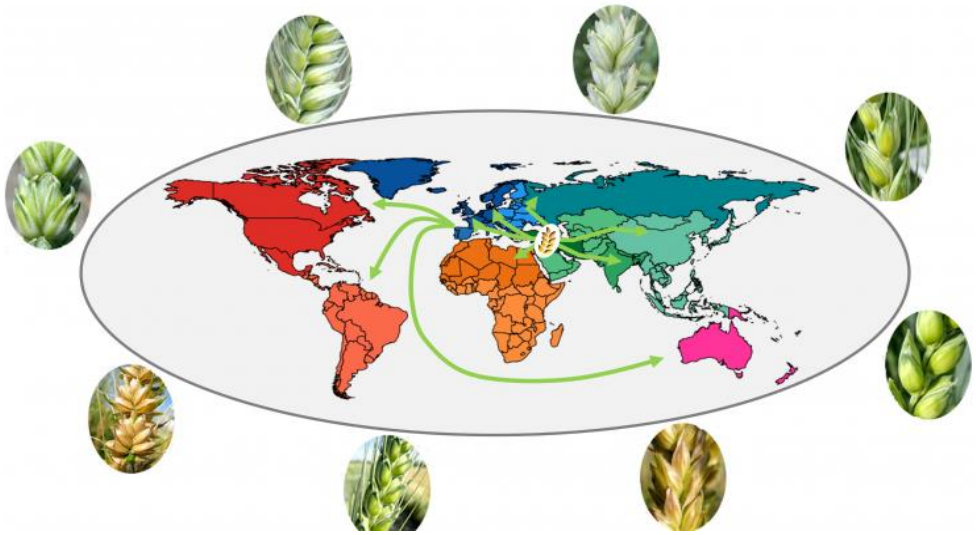
Cette dernière est tétraploïde (génome AABB) et résulte d'un évènement de polyploïdisation issu de l'hybridation entre le blé sauvage *Triticum urartu* (génome AA) et un diploïde inconnu (génome BB) (Haudry et al., 2007). Différentes espèces diploïdes ont été identifiées comme potentielle source de ce génome B. Toutefois, les blés sauvages *Triticum* de la section *Sitopsis* sembleraient être les candidats les plus probables (Goldringer et al., 2013).

Plusieurs espèces de blé existent, les plus répandus appartiennent principalement à deux espèces polyploïdes : le blé hexaploïde ou le blé tendre *Triticuma estivum L.* (2n = 6x = 42) et tétraploïde ou le blé dur *Triticum turgidum L.* (2n = 4x = 28). Les espèces cultivées de blé diploïde *T. monococcum* L. ou blé en grain (2n = 2x = 14) sont des reliques et ne se trouvent que dans certaines régions montagneuses méditerranéennes (Carver, 2009).

Aujourd'hui, seules les variétés de blé tendre (*Triticuma estivum L.*) ou de blé dur (*T.*

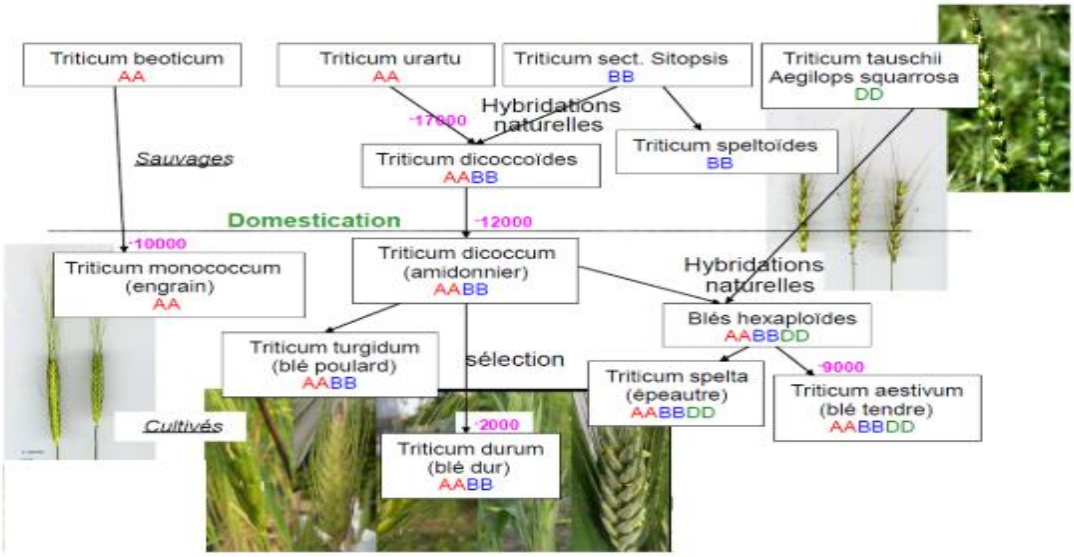
Turgidum (L.) *Thell.*spp. *durum L.*) Ont une importance commerciale internationale. Le blé Dur est généralement cultivé pour la production de semoule et la fabrication de pâtes

alimentaires, alors que le blé tendre est une matière première, de base, pour la fabrication du Pain, en raison de sa composition riche en gluten (Feillet, 2000).



(Source : INRAE, 2020).

Figure 1. Illustration de l'origine du blé dans le croissant fertile et des voies d'expansions de l'agriculture depuis le Néolithique.



(Source : Goldringer et al., 2013, s.d.)

Figure 2 . Histoire évolutive du blé dur et du blé tendre.

1.2. Importance de la culture de blé

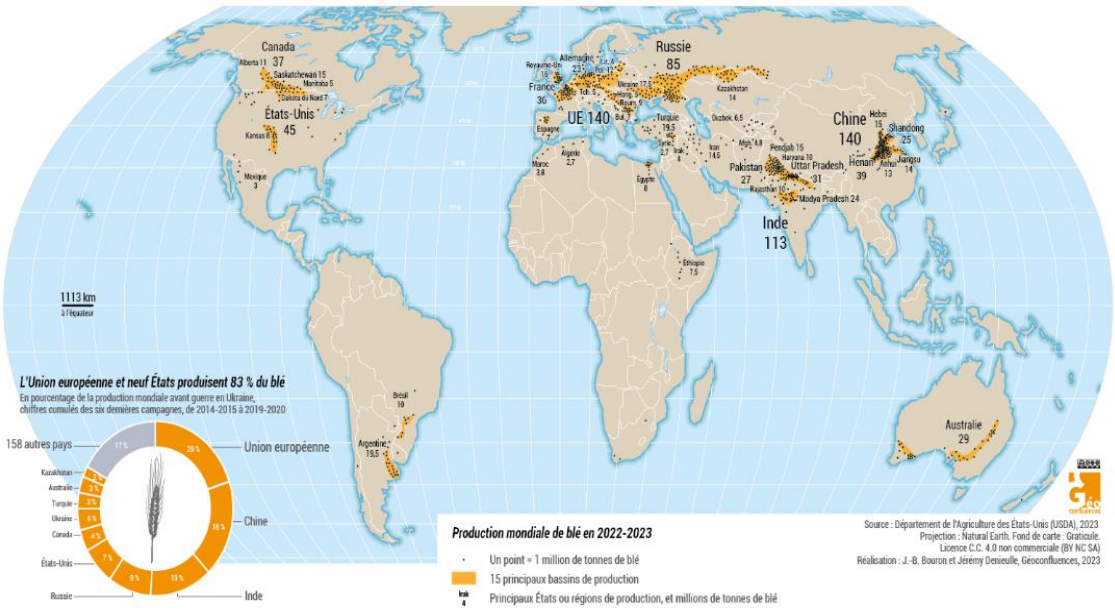
1.2.1. Importance de la culture de blé Dans le monde

Le blé occupe aujourd'hui 17 % de toutes les terres cultivées de la planète et est l'aliment de base de 35 % de la population mondiale**.** Entre 1970 et 2010, la production de blé a doublé afin de suivre le rythme imposé par l'évolution de la demande mondiale, passant de 330 à 700 millions de tonnes (Abis, 2015). En 2021, selon la FAO, ce sont 770 Mt de blé qui ont **été** produites dans le monde, illustrant l'augmentation constante des volumes consommés chaque année au niveau mondial : dans les années 1880, la production mondiale de blé était estimée à 50 Mt (Abis, 2015). Cette croissance est d'abord le fait de l'évolution des techniques et des progrès agronomiques et génétiques qui ont permis une grande amélioration des rendements. Bien que ces chiffres ne présentent que peu d'intérêt vu la diversité des situations, il reste remarquable que le rendement moyen du blé au niveau mondial soit passé de 1,08 tonne par hectare en 1961 à 3,49 en 2021.

Les dix plus importants producteurs représentent plus de 80 % de la production mondiale**.** Il s'agit en 2021 et selon la FAO, dans l'ordre d'importance de leur production de blé, de la Chine, de l'Inde, de la Russie, des États-Unis, de la France, de l'Ukraine, de l'Australie, du Pakistan, du Canada et de l'Allemagne.

De même, dix pays seulement réalisent 80 % des exportations mondiales : la Russie (13,8 % des exportations mondiales à elle seule), l'Australie, les États-Unis, le Canada, l'Ukraine, la France, l'Argentine, l'Allemagne, la Roumanie et le Kazakhstan. Le blé, dont un quart de la production mondiale est exportée, est très inséré dans la mondialisation. En 2021, un peu plus de 500 Mt de céréales sont placées sur les marchés internationaux : le blé en représente la plus grande part avec 198 Mt, soit un marché de 54,9 milliards de dollars (Denieulle Jérémy, 2023).

La Chine par exemple, premier producteur mondial de blé, doit nourrir une population si importante qu'elle s'est retrouvée à importer des quantités extrêmement importantes très récemment. Elle produit chaque année environ 130 Mt de blé, en a importé 3,1 Mt en 2018, 10,6 Mt en 2020 et 14 Mt en 2022 ; ces importations ont par ailleurs violemment secoué les marchés (internationauxWoessner Raymond, 2022).



(Source : FAO, 2023).

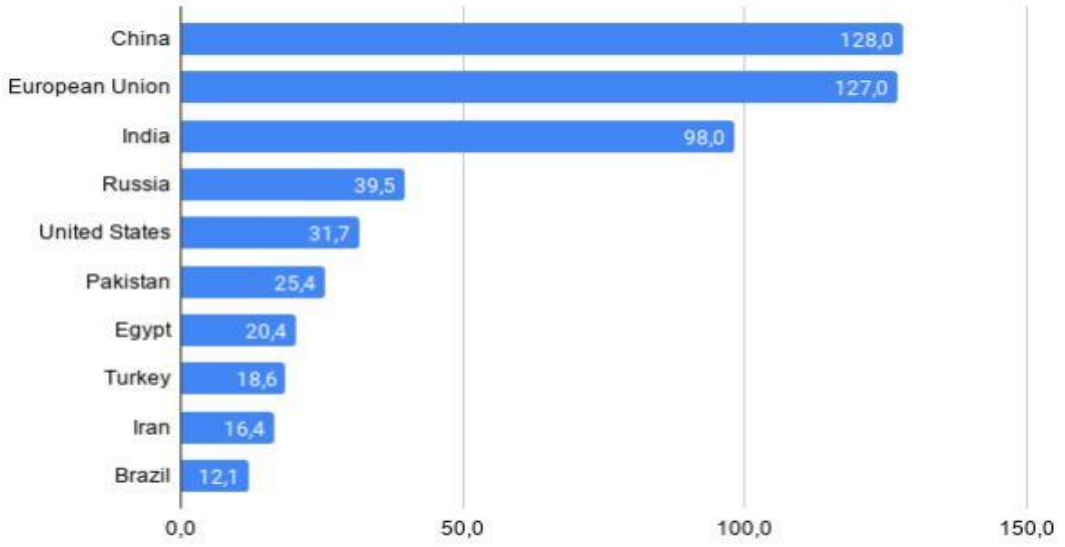
Figure 3. La planète du blé : répartition de la production en 2023.

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 productrice 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.

(Source : FAO, 2023).

Figure 4 . Production mondiale du blé.



(Source : FAO, 2023).

Figure 5. Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2021 à 2023
****(en milliers de tonnes).***

1.2.2. Importance de la culture de blé En Algérie

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle **40%** de la Superficie Agricole Utile (SAU). (MADR,2021).

La superficie ensemencée en céréales durant la décennie 2000-2009 est évaluée à **3 200 930** ha, desquelles, le blé dur et l'orge occupent la majore partie de cette superficie avec **74%** de la sole céréalière totale.Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne **3 385 560** ha, en évolution de **6%** par rapport à la période précédente (2000-2009). (MADR,2021).

La production réalisée des céréales au cours de la période 2010-2017 est estimé à **41.2** Millions de quintaux en moyenne, soit un accroissement de **26%** par rapport à la décennie 2000-2009 où la production est estimée en moyenne à **32.6** Millions de quintaux. (MADR,2021).

La production est constituée essentiellement du blé dur et de l'orge, qui représentent respectivement **51%** et **29%** de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017. (MADR,2021).

Selon un rapport du Département américain de l'agriculture (USDA, 2024), La production de blé devrait augmenter de 11% en Algérie pour atteindre 3 millions de tonnes d'ici la fin de la campagne 2024/2025, (USDA, 2024).

Cette augmentation s'explique principalement par une meilleure pluviométrie dans les zones de production du centre et de l'est du pays, où les précipitations ont été fréquentes. L'USDA indique que la superficie cultivée restera inchangée à 1,8 million d'hectares, tandis que le rendement des cultures devrait augmenter de 11% pour atteindre 1,67 tonne par hectare. Si cette prévision se réalise, elle pourrait permettre à l'Algérie surpasser le Maroc pour devenir le deuxième producteur de blé en Afrique du Nord, après l'Égypte, pour la troisième fois en cinq ans, après 2020/2021 et 2022/2023 (USDA, 2024).

L'Algérie a importé 6,5 millions de tonnes (Mt) de blé tendre durant la campagne 2022/2023. Ce chiffre s'annonce en hausse pour 2023/2024, pour atteindre 7,2 Mt, soit une

augmentation de 11%. Ce qui place l'Algérie cinquième importateur mondial de blé tendre, après l'Egypte, la Chine, l'Indonésie et la Turquie (Imadalou,2024).

1.3. Biologie et Physiologie du Blé

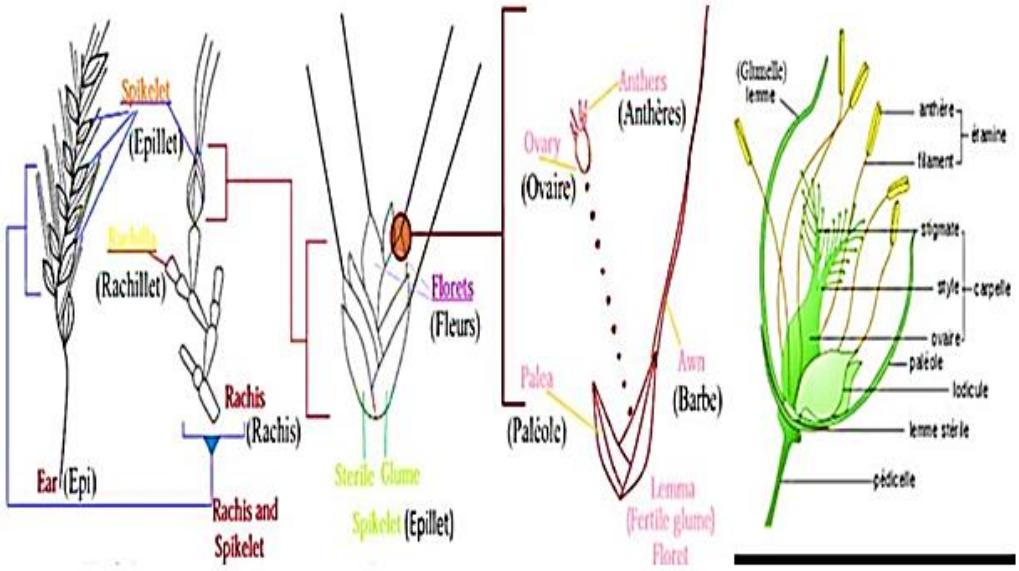
Le Blé est une plante annuelle, herbacée monocotylédone de la famille des *Poaceae* (anciennement graminées) regroupe de nombreuses espèces qui appartiennent aux angiospermes (plante à fleurs) (Mathieu CH., 2010), l'appareil végétative de blé se caractérise par un appareil radiculaire, tige et feuille, épi, épillets, fleurs et graines.

Les blés sont des plantes à feuilles alternes, formées d'une tige (chaume) portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis (figure 6). A l'extrémité des chaumes, les épillets sont constitués de fleurs petites et peu visibles. Les fleurs sont dépourvues de pétales et entourées de deux glumelles. Chaque fleur contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est libéré avant que les étamines ne sortent de la fleur. Il s'attache alors aux stigmates, où peut se produire la fécondation. L'autofécondation constitue donc le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés. Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Dans le cas du blé, le grain est à la fois le fruit et la graine. Les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine, on appelle ce type de fruit un caryopse.

Le grain de blé comporte trois parties distinctes (Feillet, 2000) : (figure 7) - L'albumen (80 à 85% du grain), constitué de l'albumen amylacé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique) et de la couche à aleurone. C'est l'albumen qui donnera la farine. - Les enveloppes de la graine et du fruit (13 à 17% du grain), constituées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture et deviennent les sons. - Le germe (3% du grain), composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation.

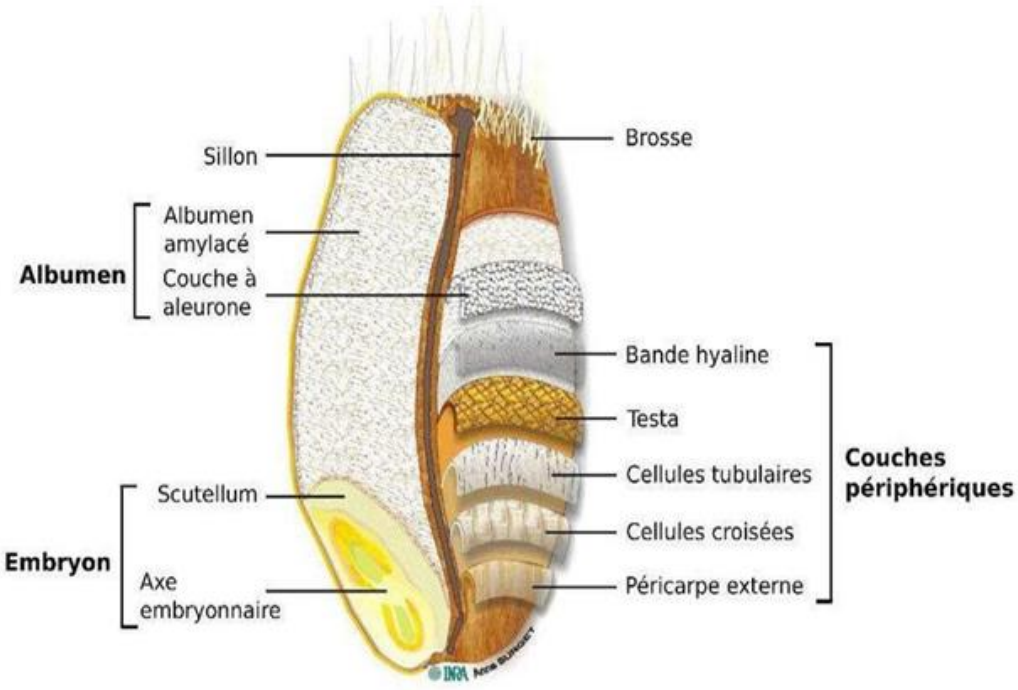
Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) et contient aussi en faibles quantités des lipides, de la cellulose, des sucres libres, des minéraux et des vitamines (Feillet, 2000). Les sons de blé sont constitués principalement de polysaccharides, incluant des arabinoxylanes, des xyloglucanes et de la

cellulose, mais contiennent aussi des quantités significatives d'acides phénoliques, de lignine et de protéines (Parker et al., 2005).



(Source :Setter and Carlton 2000).

Figure 6. Anatomie de l'épi de blé, de l'épillet et de la fleur .



(Source : Surget and Barron 2005).

Figure 7. Les différentes parties constituant un grain de blé mature. Le grain de blé est constitué de trois parties : l'embryon, l'albumen et les couches périphériques.

1.4. Le cycle de développement du blé

Le cycle de développement de blé est la succession de phases de croissance permettant à la plante de se multiplier dans un milieu favorable. Il comprend deux grandes périodes qui sont (Figure 8) :

1.4.1. La phase végétative

Elle est caractérisée par un développement strictement herbacé qui se divise en deux stades :

- Phase germination – levée

La germination est le passage de la semence de l'état de vie lente à l'état de vie active, caractérisée par l'émergence du coléorhize donnant la naissance à des racines séminales et à la coléoptile qui joue un rôle protecteur et mécanique pour percer le sol et protège la sortie de la première feuille fonctionnelle (Bada., 2007). La levée se fait réellement dès la sortie des

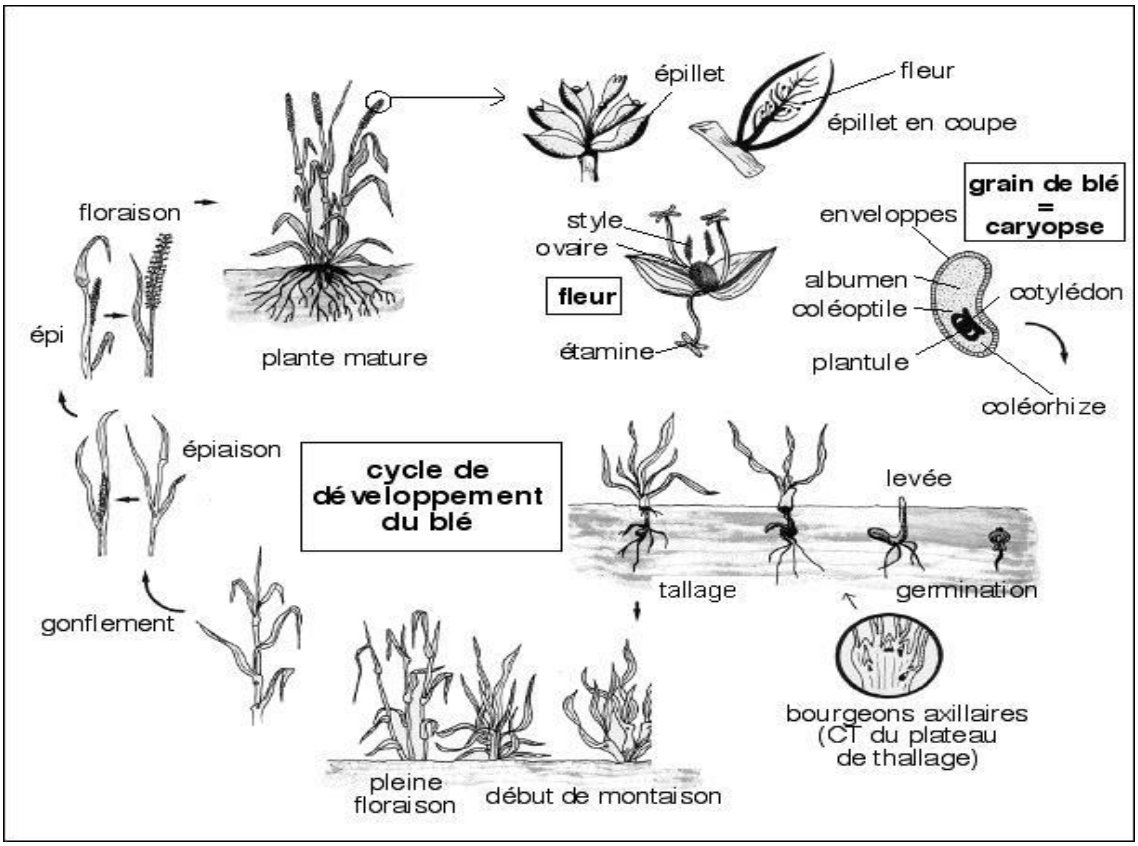
feuilles à la surface du sol et atteinte lorsque la majorité des lignes de semi sont visibles (Gate, 1995).

- Phase levée – tallage

Le début de la phase de tallage se fait à partir de l'apparition de la première feuille de la talle latérale primaire, et il est caractérisé par la formation du plateau de tallage, l'émission des tales et la sortie de nouvelles racines (Zaidi, 2017).

Selon Moule (1971), les talles commencent à se produire à partir du développement de la troisième feuille dans un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du maître brin, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires.

La fin de la phase de tallage marque le début de la phase reproductive conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).



(Source : Henry, 2000).

Figure 8 . Cycle de développement du blé .

1.4.2. La phase reproductrice

Elle se caractérise par trois phases :

- Phase montaison – gonflement

L'épi 1 cm marque la fin du tallage herbacé et le début de l'élongation des entre-nœuds de la tige principale (Belaid, 1996). Il est suivi du stade 1 à 3 nœuds, ici les nœuds sont aisément repérables sur la tige. Elle est caractérisée par la différenciation des pièces florales.

La montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé, elle s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoque les épis dans la gaine (Baldy, 1984).

- Phase épiaison – floraison Selon Gate (1995),

La phase de l'épiaison est marqué par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi de la gaine de la feuille étendard et durant cette phase la formation des organes floraux (l'anthèse) s'achèvent et s'effectue la fécondation.

- Phase de formation du grain

Elle comprend trois stades selon (Gigot, 2009) :

Stade grain laiteux : marque la fin des multiplications et différenciations cellulaires au sein du grain, fixant par la même le poids potentiel, car le nombre maximal de cellules est atteint.

Stade grain pâteux : correspond à la fin de la croissance des cellules de l'enveloppe et du remplissage des amyloplastes par des sucres essentiellement sous forme d'amidon.

Stade maturité : est atteinte des que la migration de matière sèche vers le grain a cessé, déterminant par la même la valeur maximale du poids sec. Une phase rapide de dessiccation se met alors en place, aboutissant à la maturité récolte, lorsque le grain est devenu suffisamment sec et dur pour pouvoir être récolté.

2. Le Maïs

2.1. Généralités sur le Maïs

La culture du maïs a probablement commencé en Amérique centrale, notamment au Mexique (Hubert, 1978). Le maïs a été introduit en Europe après la découverte de l'Amérique durant le XVI siècle et de là en Afrique et en Asie, à partir de l'Espagne il s'est répondu dans

l'Europe du sud, le Proche-Orient et l'Afrique du nord pour coloniser, au XVII siècle, toutes les zones de cultures traditionnelles (Iram et Meriem, 2013).

Le maïs est la première céréale produite au monde. La production mondiale de maïs a augmenté. Les rendements élevés et l'importante production en Amérique du Nord et en Amérique centrale sont principalement dus aux Etats-Unis, qui produisent davantage que des pays comme le Mexique où le maïs est la principale céréale de base (Lobell et *al*, 2011).

Le maïs est l'une des cultures importantes, qui sert de nourriture et d'huile de maïs à la consommation humaine (Hu et *al*, 2005).

L'expansion des populations avec plus de nourriture et les besoins énergétiques augmentent la demande d'une plus grande production mondiale de maïs. Malheureusement, les limitations d'environnement telles que la température et la sécheresse continuent de freiner les niveaux de production de maïs comme ils l'ont fait plus tôt des décennies et dans de nombreux domaines, qui devrait empirer avec l'évolution des climats (Battisti et *al*, 2009).

L'Europe, avec 5 % seulement de la production mondiale, Mais, la France en particulier, Avec une production moyenne annuelle d'environ 817 millions de tonnes en 2009, le maïs est la céréale la plus cultivée avant le blé (681 millions de tonnes) et le riz (678 millions). En Algérie la céréaliculture demeure le pivot de l'agriculture, c'est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie agricole (Mishra et *al*, 2010).

Le maïs était connu des indigènes avant 1830, il ne semble pas cependant que sa culture ait été très développée en Algérie avant l'implantation de la colonisation. (Rozet H, 1833).

2.2. Importance économique du Maïs

Le maïs est actuellement la culture la plus importante dans la production des aliments destinés aux animaux dans le monde, avec une superficie totale d'environ 200 millions d'hectares, plus que le blé (*Triticum spp.)* et le riz (*Oryza sativa*) (FAOSTAT, 2023). En effet, les rendements ont été augmentés, passant de 325 millions de tonnes dans les années 1980 à plus de 650 millions de tonnes dans la décennie actuelle, qui correspond à 4,2 tonnes par hectare (Loaisiga et *al*., 2011). En tête de production arrivent les États Unis, suivis d'autres grands pays producteurs tels que la Chine, le Brésil et l'Argentine. Selon la première estimation du IGC (International Grains Council) pour la campagne 2022-2023, la production mondiale du maïs sera de 1 207 millions de tonnes métriques, contre 1 210 Mt lors de la campagne précédente.

2.4.2. LA Phase reproductrice

La phase de reproduction correspond à la formation et au développement des organes reproducteurs. Entre le stade 50 % des feuille visible soit 8 à 10 feuilles, et le stade « sortie de la panicule » se détermine le nombre potentiel d'ovules.

Les stades reproductifs commencent dès la fécondation et concernent uniquement le développement des grains qui achèvent leur maturation le plus généralement en octobre (Renoux, 2014).

2.4.3. La phase de développement de grain et de maturation

La fécondation des ovules dure pendant deux à trois jours après l'émergence des soies. Une fois l'embryon complètement formé, l'épi a atteint sa taille définitive et les soies commencent à dépérir. Les grains accumulent alors de l'amidon puis commencent à se déshydrater, jusqu'au stade considéré comme mature avec environ 30% d'humidité résiduelle**.** (Gauthier, 2015).

(Source :Nielsen, 2013)

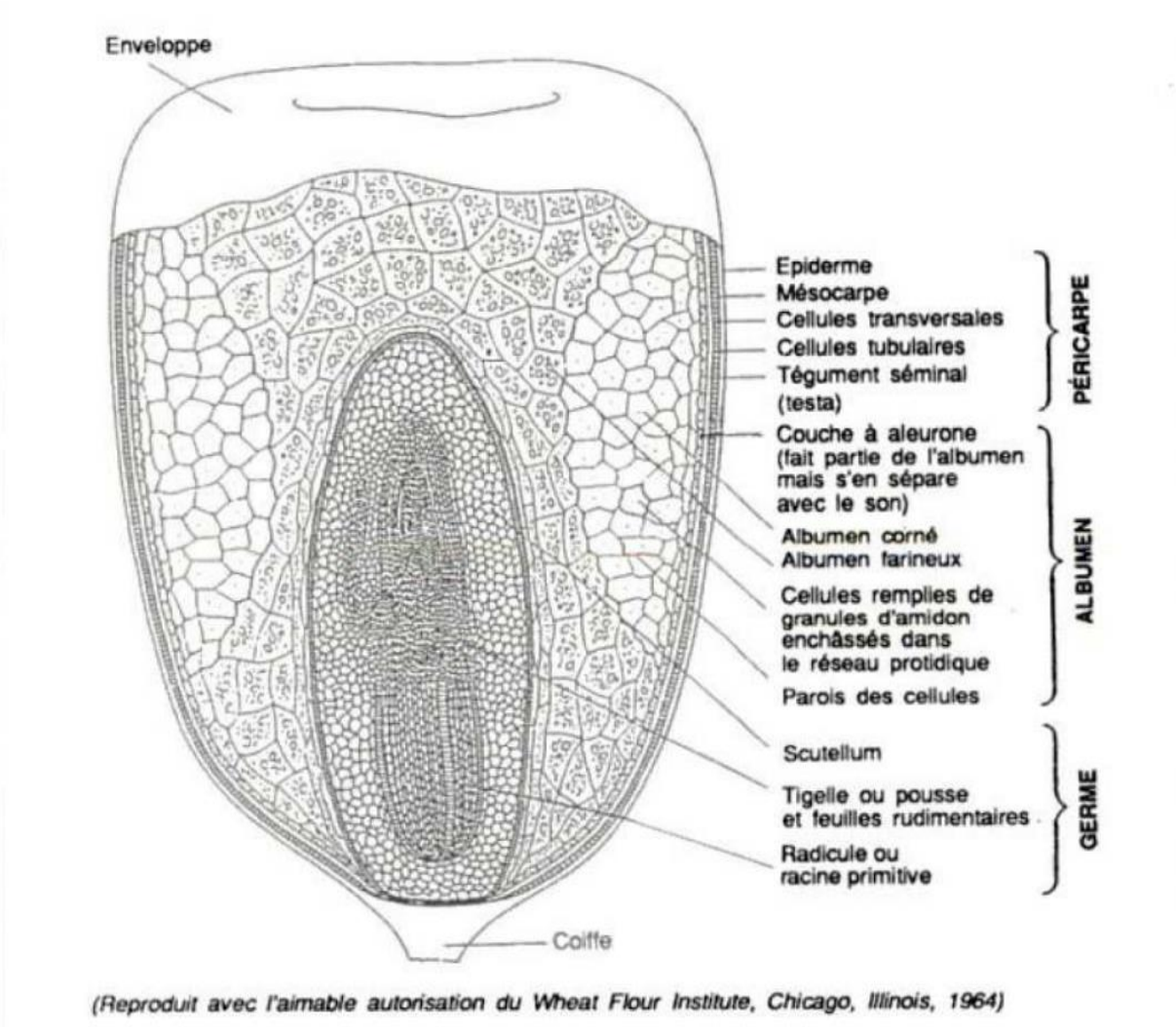
Figure 11.les différents stades de développement du grain de maïs.

➢ La Composition des grains

 Le grain de maïs est un caryopse (fruit sec indéhiscent) composé de trois parties (Figure 12) : Le péricarpe, enveloppe extérieure

 L'albumen, tissu de réserve du grain, est composé d'une couche à aleurone et de grains d'amidon. L'amidon est un polysaccharide de glucose, mélange de deux homopolymères, l'amylose (polyoside de glucose légèrement ramifié) et l'amylopectine (polyoside constitué d'α-D-glucopyranose).

 Le germe, constitué de l'embryon et du scutellum, est riche en lipides et protéines.



(Source : Wheat Flour Institute (Chicago, USA)).

Figure 12 . Structure du grain de maïs (G : x30).

3. Le Riz

Le riz constitue la première céréale en termes de superficie cultivée et de quantité produite dans le monde après le maïs, avec une production mondiale près de 746,8 millions de tonnes et un rendement moyen de 4,6 t/ha (FAO, 2016). Il est cultivé sur 163,5 millions d'hectares en 2013 (FAO Rice Monitor Market, 2013). Le riz est la 2ème céréale alimentaire la plus produite dans le monde avec une production mondiale de près de 15 200 kilos de riz par seconde (compteur), soit 479.2 millions de tonnes (2013-14) de riz par an (FAO Rice Monitor Market, 2013). La production mondiale de riz de la campagne 2018/19 a atteint un record absolu de 497 Mt, en équivalent blanchi, selon le CIC (498 Mt selon l'USDA), soit une augmentation de près de 1 % environ par rapport à la campagne précédente.

Cette progression est la conséquence de plus grosses récoltes chez les principaux producteurs asiatiques, notamment l'Inde dont la production a atteint un record de plus de 116 Mt (FranceAgriMer, 2019). La Chine et l'Inde fournissent ensemble plus de la moitié du riz mondial, la production mondiale est actuellement de l'ordre de 450 millions de tonnes de riz usiné (ce qui correspond à environ 675 millions de tonnes de paddy). La Chine et l'Inde sont de très loin les principaux pays producteurs, suivies par l'Indonésie et différents pays d'Asie du Sud et du Sud-Est (USDA, 2022).

L'importance du riz en tant que denrée alimentaire et source économique ne cesse d'augmenter partout dans le monde et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest sous l'accroissement de la population, les changements climatiques et la salinisation des sols qui constituent actuellement un défi de taille pour la sécurité alimentaire mondiale.

3.1. Taxonomie

Avec un nombre de chromosomes de 2n=24, le riz est une plante annuelle, monocotylée, autogame, angiospermeet d'origine tropicale. Il appartient à la famille des *Poaceae,* à la sous-famille des *Oryzoideae* et au genre *Oryza* (Angladette, 1966). Ce genre comprend une vingtaine d'espèces dont seulement deux sont cultivées à savoir *Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud, (Sun et Zheng,1990).

3.2. Origine du Riz

Oryza sativa, originaire d'Asie, comprend deux types principaux : *Indica et Japonica* (AfricaRice et *al.* 2011). Le type *INDICA*, est caractérisé généralement par, des feuilles vertes-

claires, longues, larges ou parfois étroites, un potentiel de tallage important, des grains généralement longs et fins, des ramifications secondaires importantes. Le type *JAPONICA*, originaire de la zone tempérée et subtropicale de l'Asie a, les feuilles vertes foncées et étroites, un potentiel de tallage moyen, une taille courte à intermédiaire, des grains souvent courts et ronds. *Oryza glaberrima* (riz africain) est originaire du delta central du Niger et est reconnaissable par les caractères suivants :

- Un développement végétatif luxuriant
- Des feuilles glabres - Une ligule courte et arrondie ;
- Une faible densité de ramifications
- Des thalles secondaires quasi inexistants
- Un caryopse rouge
-Une longue dormance des grains.

Aujourd'hui, l'espèce asiatique *(Oryza sativa*) est beaucoup plus cultivée que l'espèce africaine, *(Oryza glaberrima)* (AfricaRice et *al.* 2011). Des avancées considérables sont notées de nos jours dans le domaine de la sélection qui permettent d'obtenir des nouvelles variétés cumulant des propriétés intéressantes.

3.3. Production du riz

3.3.1. Production mondiale du riz

La production mondiale de riz devrait croître de 1,3 pour cent en 2023-2024 pour atteindre 523,5 millions de tonnes, tandis que le volume des échanges international devrait chuter de 4,3 pour cent pour s'établir à 53,6 millions de tonnes. La hausse attendue de la production résulte principalement des incitations positives fournies par la hausse générale des prix à la production, la baisse des coûts des engrais et le maintien de mesures d'aide publique. La production mondiale de blé, elle, devrait diminuer de 3,0 pour cent en 2023 par rapport au volume record de 777 millions de tonnes atteint en 2022, ce qui s'explique principalement par la baisse attendue de la production de la Fédération de Russie et de l'Australie, qui avait atteint un volume record l'année dernière. Ce recul prévu tient essentiellement aux effets probables des phénomènes météorologiques extrêmes, qui devraient conduire à une baisse de la superficie ensemencée (FAO, 2023).

3.3.2. Le riz en Mauritanie

Le riz contribue à près de 45 pourcents de la production brute en céréales en Mauritanie. Le système de production rizicole dominant est le système irrigué avec maîtrise totale de l'eau. La production brute moyenne nationale du riz en Mauritanie par campagne agricole annuelle (hivernage et contre saison chaude) est d'environ 81 000 tonnes. Le Trarza et le Gorgol représentent à elles seules plus de 87 pourcents des productions moyennes réalisées. Le riz joue un rôle de premier plan en contribuant avec plus de 14 pourcents à la satisfaction du besoin national en céréale, et à près de 10 pourcents du revenu des producteurs ruraux (APRAO, 2023).

a. Les contraintes pour le développement de la riziculture en Mauritanie sont essentiellement

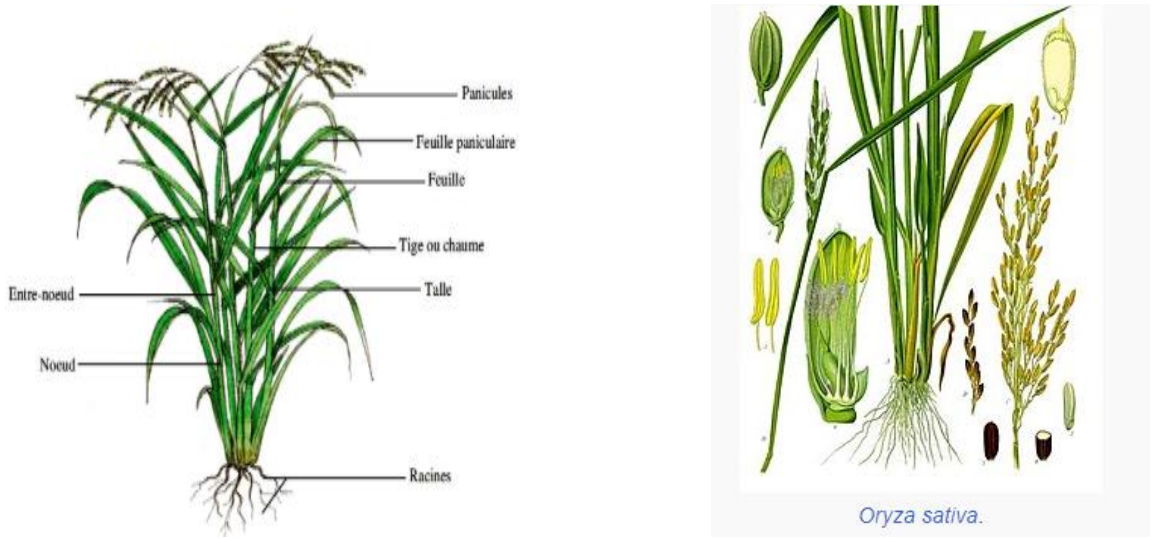
- Les défauts de conception des aménagements et les choix inappropriés des cultures
- L'insuffisance de la maîtrise des techniques de production par les exploitants
- Une stratégie de vulgarisation inadaptée
- Les maladies, les insectes, les adventices et autres parasites tels que les nématodes
- Des difficultés d'accès aux intrants majeurs que sont les semences et les engrais minéraux
- Un manque de formation des producteurs et des agents d'encadrement sur la gestion des périmètres et des ressources (équipements, matériels, intrants, etc.)

Les **atouts majeurs** dont dispose la Mauritanie pour le développement de sa riziculture et qui sont entre autres les suivants:

- Une riziculture irriguée est bien adaptée aux sols de la vallée du fleuve Sénégal
- Un potentiel de 137 000 ha de terre irrigable dans la vallée
- Des aménagements de petits périmètres irrigués villageois de 25 à 30 ha réalisés le long du fleuve Sénégal dans les régions du Trarza, du Brakna et du Gorgol
- Le développement d'aménagements hydro-agricoles en priorité orientés vers le développement de la riziculture
- L'existence d'un nombre appréciable de technologies améliorées (ex. variétés et pratiques culturales améliorées) (APRAO, 2023).

3. Morphologie du riz

Le plant de riz est une plante à tige (chaume) rond, creux et articulé, à limbe plat et sessile, avec une panicule terminale et des racines fibreuses comportent des radicules et des poils absorbants (Traoré, 2012). Une plante de riz comprend des organes reproductifs (panicules constituées d'un ensemble d'épillets, la fleur, la graine. L'albumen et l'embryon) et des organes végétatifs (racines, tiges et feuilles) (SAED et AfricaRice, 2011).



Source : (Sié et al. 2009).

Figure 13 .Plant de riz.

3.4.1. Les organes reproducteurs

La panicule c'est la partie terminale de la plante qui est portée par le dernier entrenœud et elle constitue l'inflorescence du riz. La panicule est composée de rachis (ramifications primaires) et de racémules (ramifications secondaires) portant les épillets (SAED et AfricaRice, 2011). L'épillet comporte : deux glumelles (lemma et paléa) de taille différente, de couleur verdâtre à la floraison et le plus souvent de teinte paille clair à maturité (Lacharme, 2001).

La fleur à la différence de la plante allogame, la fécondation du riz est assurée par le pollen de la fleur, elle-même. La fleur renferme les organes reproducteurs mâles qui sont les anthères contenant le pollen et les organes femelles dont l'ovaire qui contient l'ovule (SAED et AfricaRice, 2011).

Les organes reproducteurs mâles regroupent 6 étamines et un couple d'anthères soudé sur chaque étamine (Lacharme, 2001).

Les organes reproducteurs femelles sont constitués par le pistil avec un style et un stigmate à structure plumeuse à son sommet ; à sa base est situé l'ovaire qui lorsque fécondé constitue avec les glumes et les glumelles le grain du riz : Les glumes et ses structures associées (glumes stériles, barbes, rachis, etc.) forment la balle du grain. Elle peut être séparée du grain arrivé à maturité (paddy) par une pression rotative (décorticage) donnant ainsi le riz brun. Le paddy renferme l'embryon qui contient les réserves nécessaires au grain pour assurer sa germination et aussi la feuille embryonnaire (tigelle) et la racine embryonnaire (radicule) (Lacharme, 2001).

3.4.2. Les organes végétatifs

Les racines : leurs fonctions principales consistent à absorber et véhiculer l'eau et les éléments nutritifs contenus dans le sol tout en y ancrant la plante. Comme la plupart des graminées, le système racinaire du riz, est du type fasciculé et peu profond (SAED et AfricaRice 2011).

La tige (ou chaume) : les tiges renferment des vaisseaux dont le rôle est de véhiculer les éléments nutritifs et l'eau absorbés par les racines mais aussi d'approvisionner les racines en air. La tige est composée d'une série de nœuds portant une feuille et un bourgeon qui peut se transformer en talle (talles secondaires et talles tertiaires) et d'entrenœuds creux, avec une surface lisse. L'ensemble des talles produit par un seul plant constitue la touffe de riz. Les talles représentent le premier composant rendement du riz (Bèye et Mbaye, 1998).

Les feuilles : en raison d'une feuille à chaque nœud, les feuilles se développent alternativement sur la tige. N'ayant ni de limbe et ni considérée dans le comptage du nombre de feuilles au stade plantule, la première feuille qui apparait après la germination est appelée coléoptile et la dernière feuille qui enveloppe la panicule est appelée feuille paniculaire ou feuille drapeau. Les principales parties d'une feuille sont : le limbe, la gaine, le collet, l'auricule et la ligule (SAED et AfricaRice, 2011).

3.5. Cycle de développement du riz

Le développement et la croissance sont les deux phénomènes majeurs et interdépendants du cycle de développement du riz. Ce cycle comprend trois phases : la phase végétative, la phase productive et la phase de maturation ou phase de remplissage du grain et de maturation (Lacharme, 2001). Cependant chaque phase est divisée en plusieurs stades.

3.5.1. La phase végétative

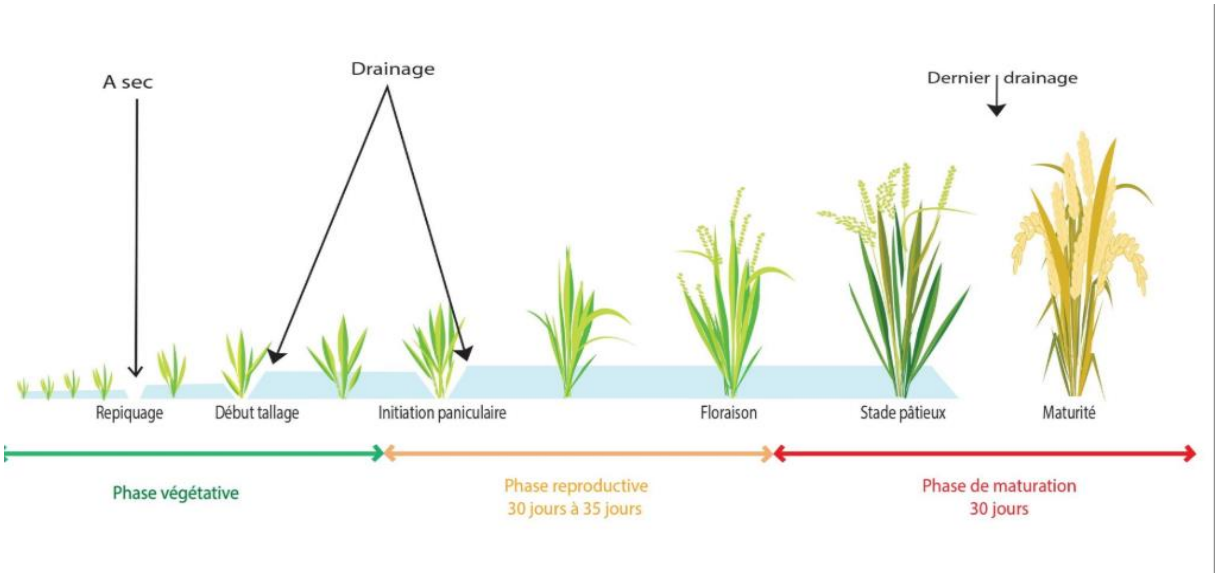
Selon les pratiques culturales, les conditions climatiques et la variété, la durée de la phase est très variable; Mais aussi affectée par la longueur du jour (ou photopériode) et par la température chez certaines variétés. La plante traverse au cours de la phase végétative les stades suivants: Stade Germination (stade 0), Stade Plantule (stade 1), Stade Tallage (stade 2), Stade de l'élongation du chaume (stade 3), (SAED et AfricaRice, 2011).

3.5.2. La phase reproductive

La phase reproductive dure 19 à 25 jours et par l'initiation paniculaire à la fécondation. Le plant de riz est très sensible aux basses températures, à la salinité et aux stresses hydriques durant cette phase (Lacharme, 2001). Le Stade de l'initiation paniculaire (IP) (stade 4), le Stade de la montaison (stade 5) et le Stade d'épiaison - floraison (stade 6) sont les stades traversés par la plante durant la phase reproductive (SAED et AfricaRice, 2011).

3.5.3. La phase de maturation

La durée de la phase de maturation est d'environ moins de 30 jours, quelle que soit la variété, la saison et selon les conditions de température et d'humidité du milieu (Lacharme, 2001). L'ovaire gonfle, le caryopse ou grain de riz se développe jusqu'à la maturité pendant la phase de maturation. Durant cette phase la plante traverse le stade grain laiteux (stade 7), le Stade grain pâteux (stade 8) et Stade maturité (stade 9) (SAED et AfricaRice, 2011).



(Source : SAED et AfricaRice, 2011).

Figure 14. Cycle de développement du riz

4. Pathologies

Comme toutes les plantes, les céréales peuvent être touchées par de diverses maladies, Certains pathogènes peuvent nuire aux cultures céréalières, en termes de rendement et / ou qualité. Plusieurs ravageurs tels que les insectes s'attaquent aux racines (taupins, chrysomèle) et aux parties aériennes (pyrale, sésamie, cicadelle, noctuelle, puceron, oscinie) ((Boulal et *al.*, 2007).

En effet Les chenilles de La Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) sont connues pour attaquer les cultures de maïs, dont elles sont le principal ravageur, en s'alimentant de la moelle des tiges, les larves fragilisent les plantes qui deviennent plus sensibles à la verse, perturbent leur développement et favorisent l'infestation par des champignons tels les *Fusarium*. Les dégâts sont donc directs (baisse du rendement, récolte plus difficile en raison de la verse) et indirects (incidence plus forte des fusarioses, elles-mêmes responsables de la présence de mycotoxines*). (ARVALIS,2024).*

Les nématodes, parasites des plantes, sont des vers microscopiques qui pénètrent les racines au stade larvaire et y forment des galles (ex : *Heteroderaavenae* Wollenweber ; *Heteroderamani* Mathews). En parasitant le système racinaire, ils affectent considérablement le développement de la plante (Mokabli, 2002 ; Khenioui, 2011).

Quelques bactéries de type *Erwinia, Xanthomonas,* Enterobacter et *Pseudomonas* se développent sur les céréales, Ces bactéries vivent dans la tige, exploitant des voies d'entrées naturelles, type blessure.

Un grand nombre de maladies fongiques peuvent détériorer différentes parties de la plante à plusieurs stades de son cycle de vie. Parmi celles-ci on peut notamment citer l'anthracnose (*Colletotrichum graminicola*), la rouille (*Puccinia sorghi*), le charbon (*Ustilago maydis*), l'helminthosporiose (*Exserohilum turcicum*) ou encore la fusariose (*Fusarium* spp.). En plus de provoquer de sérieuses pertes de rendement, certaines espèces fongiques produisent des mycotoxines qui s'accumulent dans les grains, ce qui induit un réel enjeu pour la santé publique (Aouali et Douici, 2009).

4.1. 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.
- "Fusarium Head Blight": fusariose de l'épi

La fusariose a été décrite pour la première fois en 1884 en Angleterre. Depuis, la fusariose a progressé à travers le monde et de récentes épidémies ont été rapportées en Asie, au Canada, en Europe et en Amérique. C'est d'Amérique du Nord, et en particulier des Etats-Unis, que sont partis les premiers efforts concernant l'étude de la fusariose. La fusariose peut infester de nombreuses plantes ayant un fort intérêt économique, ce qui peut entraîner de lourdes conséquences financières.

Les champignons phytopathogènes responsables de la fusariose chez le maïs et le riz appartiennent exclusivement au genre *Fusarium* tandis que chez le blé on retrouve également *Michrodochium nivale* et *M. majus* (Parry et *al.*,1995).

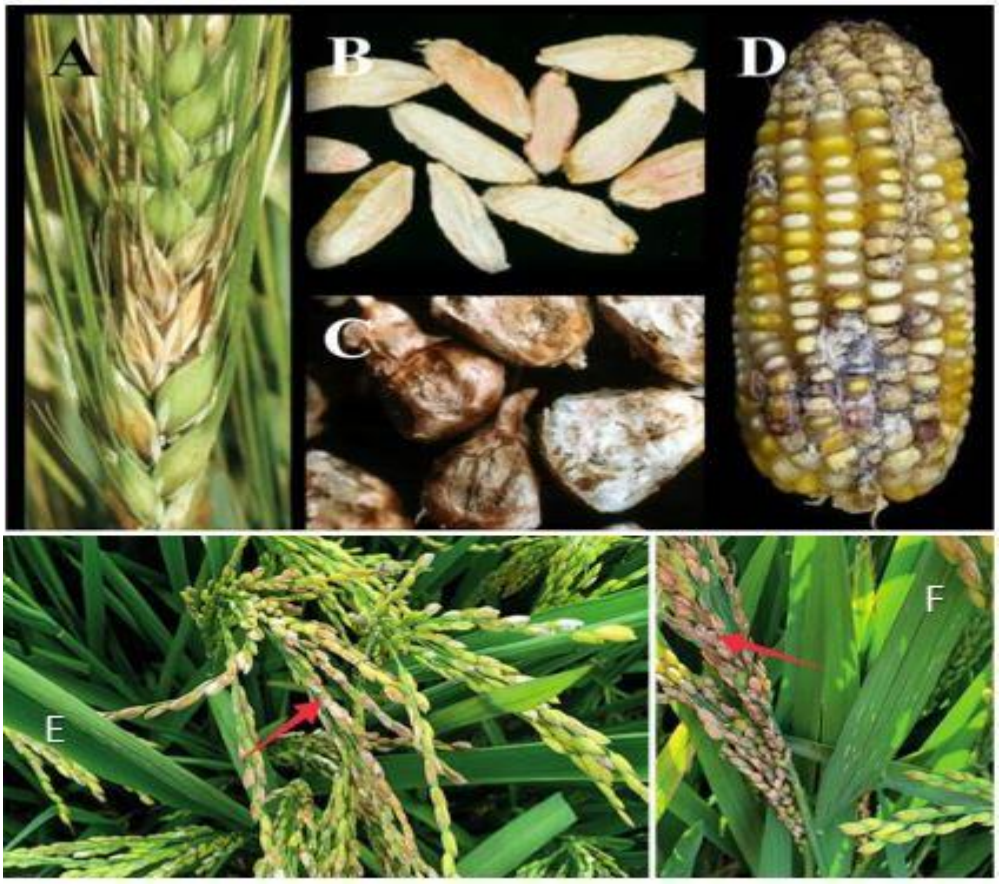
En effet, ces espèces peuvent cohabiter et d'autres agents pathogènes peuvent également être présents comme par exemple *Aspergillus* et *Penicillium*.

4.1.1. Symptomologie de la Fusariose

Les attaques de l'épi ont lieu lors de la floraison. Le champignon peut attaquer les glumes, l'attache d'un épillet, le rachis ou le col de l'épi. Au début, seuls quelques épillets sont atteints, tandis que le reste de l'épi est encore vert. Ensuite, la partie supérieure de l'épi sèche prématurément avant que tout l'épi ne meure.

Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas. Les épillets attaqués prennent une coloration violacée. La maladie se développe et se propage parfois très rapidement et peut affecter la totalité de l'épi. Quand la base de l'épi est attaquée, la totalité de l'épi se dessèche.

La fusariose de l'épi est souvent associée à une coloration rose- orangée ou violacée au niveau des épillets qui correspond aux fructifications du champignon (Clavel, 2006 ; Carver, 2009). Les grains contaminés sont plutôt ratatinés, petits et de coloration blanchâtre à rosâtre à cause de la présence de mycélium dans le sillon du grain (Bailey et *al.*, 2004 ; Shaner, 2003 in Bérubé, 2010).

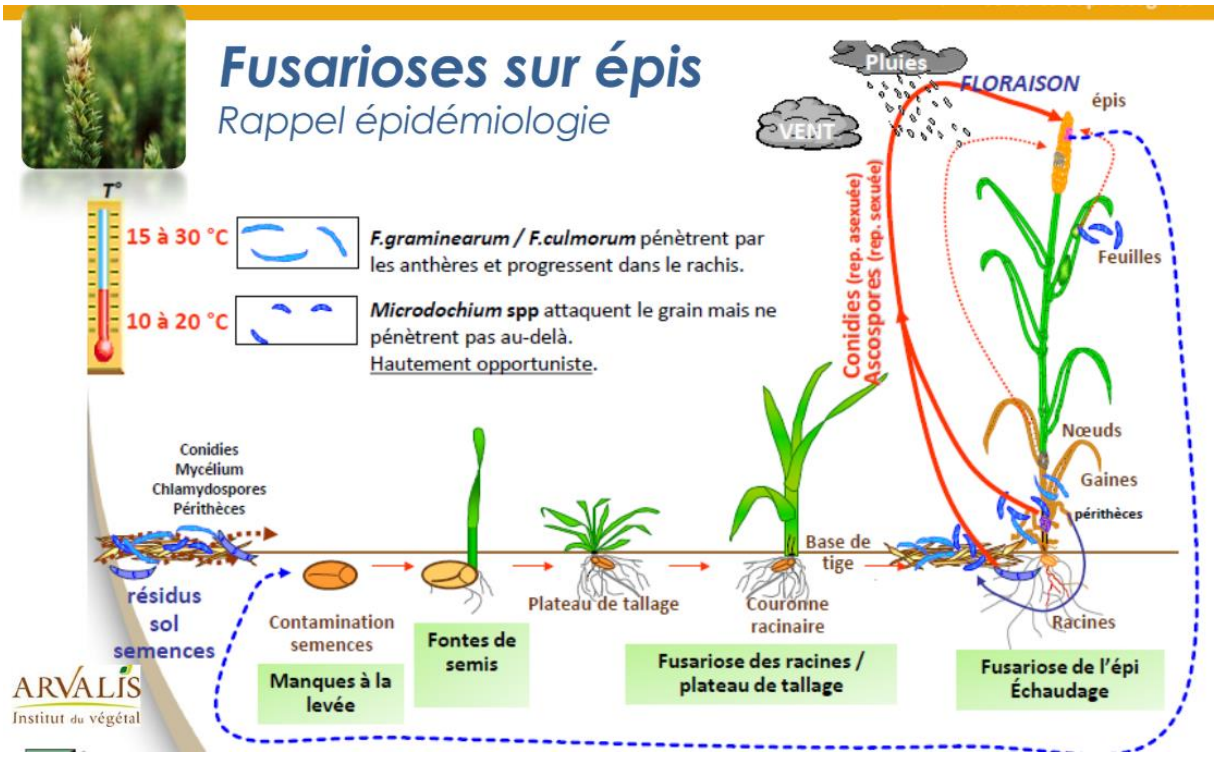


(Source : McMullen et al., 2008 ; Liu et al. 2022d).

Figure 15. Symptômes de la fusariose sur céréales : épis de blé avec des grains fusariés (A), grains de blés ridés et rosâtres (B), grains de maïs fusariés (C), épi de maïs fusariés (,D), (E et F)épis de riz blancs et roses fusariés (McMullen et al., 2008 ; Liu et al. 2022d).

4.1.2. Epidémiologie de la Fusariose

La source principale d'inoculum se trouve dans le sol, principalement sur les résidus du précédent cultural (Sutton, 1982). Le maïs étant généralement cultivé en rotation courte avec une ou deux autres cultures, on retrouve très souvent des résidus de culture de maïs dans le sol. Le pathogène survit d'autant mieux que les résidus se dégradent lentement comme ceux de maïs. Les adventices des cultures sont aussi suspectées d'entretenir un certain inoculum mais leur impact n'est pas encore clairement défini (Jenkinson et Parry 1994 ; Parry et Jenkinson,1995). Le grain de maïs semé peut être déjà contaminé et alors devenir une source d'inoculum importante (Parry et Jenkinson, 1995).



(Source : Munkvold, 2003).

Figure 16. Cycle de Fusariose

F. graminearum survit sous forme de mycélium ou de chlamydospsores (forme saprophyte) puis se propage par la formation de périthèces sur les résidus. Les ascospores éjectées par les périthèces peuvent être dispersées par le vent, l'eau ou les insectes avant d'atteindre les épis de maïs. La voie d'inoculation primaire se fait via le canal des soies juste après leur émergence (Munkvold, 2003).

Au printemps, quand les conditions de température et d'humidité sont maximales, ce sont principalement les ascospores issues de la reproduction sexuée qui sont libérées des périthèces. La maturation des périthèces prend environ deux semaines et la décharge des ascospores a lieu principalement la nuit à des températures douces (10°C à 20°C), lorsque l'humidité ambiante n'est pas saturante après déshydratation des périthèces. Les spores sont éjectées à 5 mm du périthèce en moyenne (Trail, Gaffoor et *al.*, 2005) et l'intervention de vecteurs est obligatoire pour atteindre les soies situées en hauteur. Des pluies accompagnées de températures comprises entre 15°C et 25°C favoriseraient la production des périthèces sur les résidus de culture, cette production n'est pas permise pour des températures en dessous de 15°C et supérieures à 30°C (Dufault, De Wolf et *al.*, 2002a ; Dufault, De Wolf et *al.*, 2002b).

Les macroconidies (reproduction asexuée) et les ascospores (reproduction sexuée) peuvent se retrouver à des distances de l'ordre du kilomètre dispersées par le vent ou certains insectes (Francl, Shaner et *al.*, 1999 ; Maldonado-Ramirez, Schmale Iii et *al.*,2005).

(Miller, Reid et *al.*, 2007) ont montré que quatre à six heures après inoculation des soies, les conidies de *F. graminearum* commençaient à germer et 48 h après, l'hyphe pénétrait dans les cellules de l'épiderme des soies pour ensuite croître à la fois à la surface et dans les soies. Le mycélium blanc se propage à travers le canal des soies jusqu'à atteindre les grains où il prend une teinte rouge-rosé. L'infection se propage alors jusqu'aux grains les plus précoces à travers le pédicelle.

F. graminearum ne possède pas de structures spécialisées comme un appressorium et un haustorium. La colonisation est donc favorisée grâce à des enzymes de dégradation de la paroi cellulaire (CWDE pour Cell wall degrading enzymes) comme des cellulases, des pectinases, des xylanases ou encore des feruloylesterases (Wanjiru, Zhensheng et *al.*, 2002 ; Kikot, Hours et *al.*, 2009 ; Phalip, Goubet et *al.*, 2009).

L'épi peut également être infecté suite à une blessure du grain par un insecte, même si cette voie d'infection reste mineure (Matarese et *al.*,2012). Dans ce cas, le développement fongique commence au site de la blessure puis se répand vers les extrémités de l'épi (Reid et Shina, 1998).

La conservation d'un pathogène constitue un stade important dans le cycle de développement de la maladie.

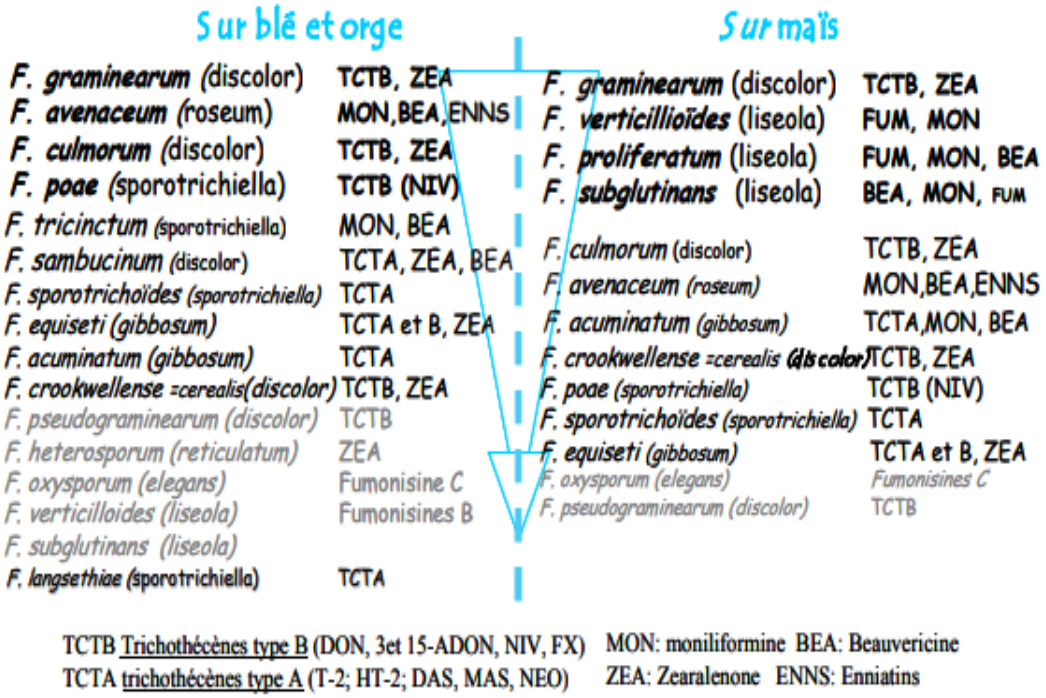
En effet, la capacité d'un pathogène à survivre sur les débris des plantes peut constituer une vraie menace en raison des problèmes que pourrait entraîner la présence de l'inoculum du champignon et son incidence sur la culture (Dickinson & Lucas 1982). Ces débris laissés au champ constituent un réservoir d'inoculum pouvant contribuer à une augmentation de la sévérité de la maladie de la culture installée.

4.1.3. Les toxines produites par les champignons du genre *Fusarium*

Certaines espèces de *Fusarium* ont la capacité de produire des mycotoxines. Ces molécules toxiques, issues du métabolisme secondaire fongique, sont nocives pour l'homme comme pour les animaux d'élevage. Il existe différentes mycotoxines, produites par les mêmes ou différentes espèces de *Fusarium* nommées également « fusariotoxines ».

Parmi les plus connues on trouve la famille des **trichothécènes** produites par certaines espèces appartenant à la section **Discolor** et la famille des fumonisines produites par de nombreuses espèces appartenant à la section **Liseola.** La **zéaralénone**, suite à ses effets oestrogéniques, est également bien étudiée (Bennett et Klich, 2003).

La figure 17 montre les Différentes mycotoxines associées aux espèces de *Fusarium* présentes sur blé ET maïs en Europe (Bottalico et Perrone, 2002 ; Waalwijk et al., 2003 ; Ioos et al., 2004 ; Roháčik et Hudec, 2005 ; Schollenberger et al., 2007). Parmi les fusariotoxines présentent sur céréales, les trichothécènes, la zéaralénone et les fumonisines sont les plus rencontrées sur le maïs et blé.



(Source :Pons, 2010).

Figure 17. Espèces fusariennes toxinogènes sur blé et maïs.

a. Les Fumonisines

Les fumonisines constituent une famille de mycotoxines regroupant 28 analogues séparés en quatre types : A, B, C et P. Les fumonisines les plus abondantes sont de type B, elles représentent plus de 95% du total des fumonisines contaminant le maïs (Rheeder et *al*., 2002).

Les fumonisines sont des aminopolyalcools dérivés de l'alanine. Elles sont constituées d'une chaîne de 20 carbones estérifiée en C14 et C15.

Plus d'une soixantaine de fumonisines ont été décrites jusqu'à présent (Bartók et *al.*, 2006) mais les fumonisines B1, B2 et B3 restent les fumonisines les plus abondamment produites par les champignons *F. verticillioides et F. proliferatum*.

b. Les Trichothécènes

Les trichothécènes sont des mycotoxines produites par de nombreux *Fusarium* dont les principaux sont *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium poae* et *Fusarium sporotrichioides*. Plus de 190 molécules ont été identifiées comme appartenant à ce groupe de mycotoxines. Ils sont divisés en quatre catégories ou types (A, B, C, D) le trichothécène des groupes A et B sont largement présents sur céréales et denrées alimentaires tandis que les types C et D sont rarement rencontrée et ne se pas étudies. Le groupe A : ce sont les trichothécénes qui ne possèdent pas de fonction cétone en C8, tandis que le groupe B : ce sont les trichothécénes caractérisés par une fonction cétone en C8.

Dans l'alimentation, les plus fréquemment retrouvés sont le nivalénol (NIV), le déoxynivalénol (DON), sont les toxines de groupe B et les toxines T2 et HT2 de groupe A, ces toxines sont les plus fortement associées avec des toxicoses chroniques et fatales chez l'homme, ainsi que chez l'animal (Desjardins, 2006 ; Li et *al.*, 2011 ; Parent-Massin et *al.*, 2013).

La toxine T2, et sa forme dé-acétylée HT2, sont celles qui ont attiré le plus l'attention ces dernières décennies en raison de leur toxicité, bien qu'elles soient peu détectées en comparaison à d'autres trichothécènes. La toxine T2 a été isolée pour la première fois en 1968 chez *Fusarium tricinctum*, renommé aujourd'hui *Fusarium sporotrichioides*, à partir de maïs moisi en France. Le DON, également appelé vomitoxine du fait des symptômes engendrés, est le trichothécène le plus important en termes d'exposition humaine, mais un des moins toxiques (Desjardins, 2006 ; Li et *al*., 2011 ; Richard, 2007).

Les trichothécènes du groupe B sont produites, principalement, par *Fusarium graminearum, F. nivale et F. culmorum*. Les trichothécène de groupes A et B peuvent être produites aussi par d'autres espèces de *Fusarium : F. acuminatum et F. sambuccinum* produisent des trichothécènes du groupe A et *F. croockwellense* des trichothécènes du groupe B. Les TCT B comprennent, entre autres, le déoxynivalenol (DON) et ses formes 15- et 3-acétylées (15-

ADON et 3-ADON), le nivalenol (NIV) et sa forme acétylée la fusarenone X (FX) (Bottalico et Perrone, 2002) .

Le groupe C réuni des trichothécènes produites par les espèces de genres *Trichoderma* et *Trichothecium*. Les trichothécènes du groupe D sont produites par les espèces de genres Myrothecium et Stachybotrys. Les trichothécènes de ce groupe, les plus connues, sont la roridine, la verrucarine et les satratoxines (DiMello et *al.*, 1997 ; Placinta et *al*., 1999).

C. Zéaralénone

La première description des symptômes cliniques provoqués par cette toxine a été effectuée en 1927 par Buxton, bien que la toxine elle-même n'ait pas été identifiée. En effet, elle n'a été nommée et décrite structurellement qu'en 1966 par Urry et *al*. (Desjardins, 2006 ; Gaumy et *al.*, 2001).

La ZEA a été détectée comme contaminant naturel du maïs, de l'orge, du blé et du sorgho (Siame et *al.*, 1998 ; Vargas et *al.*, 2001; Fazekas et Tar, 2001; Odhav et Naicker, 2002).

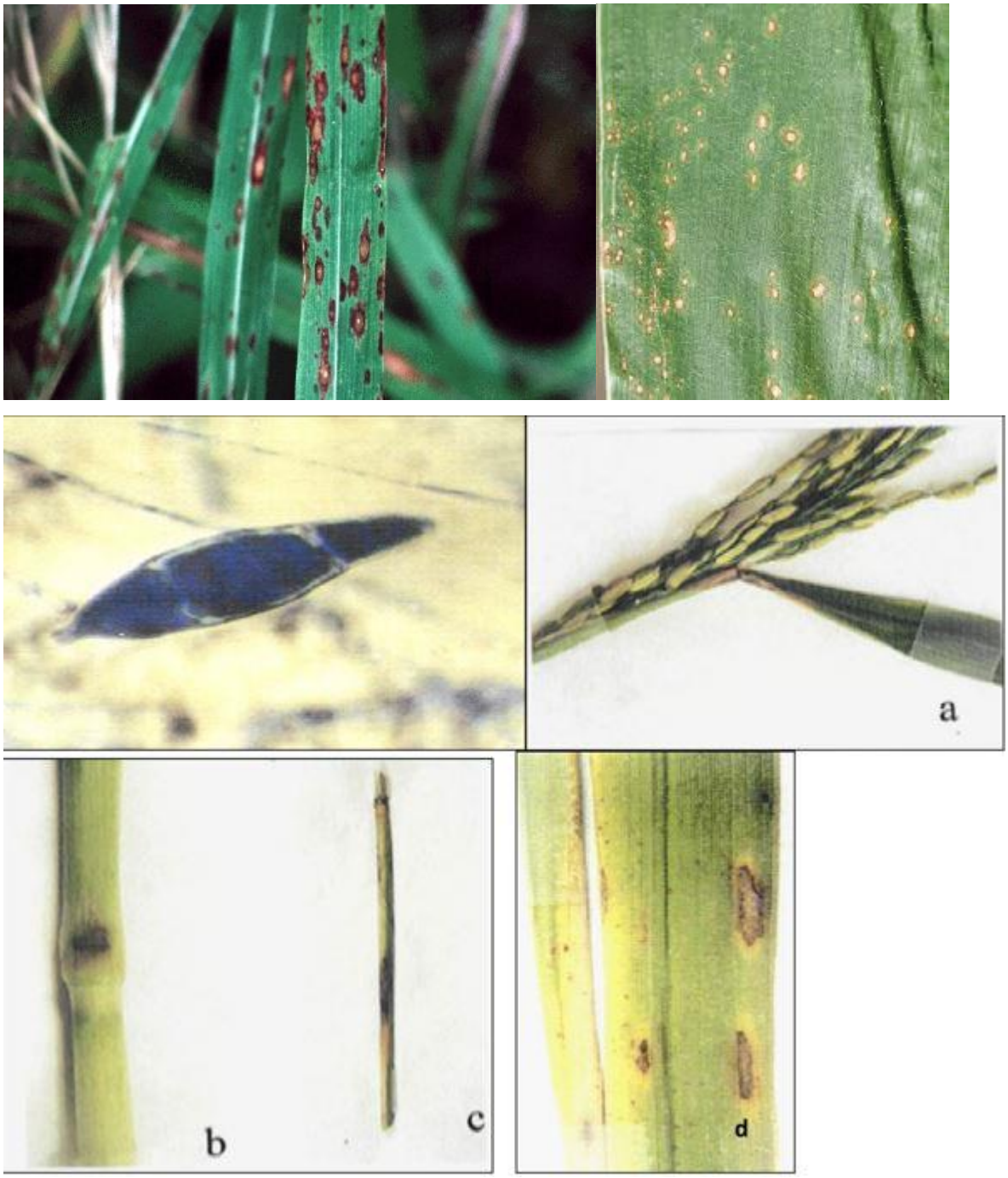
La zéaralénone est produite principalement par *Fusarium graminearum,* mais aussi *Fusarium culmorum, Fusarium equiseti, Fusarium oxysporum, Fusarium verticillioides* et *Fusarium crookwellense*, dans les champs de maïs. La synthèse de la mycotoxine dépend des conditions environnementales, puisqu'elle est favorisée par une humidité élevée et une faible température. Elle est majoritairement produite dans les zones tropicales et/ou tempérées (Magan et Olsen, 2004 ; Ripert, 2013).

La zéaralénone est une toxine fréquente dans le maïs et les produits de maïs, mais sa présence a été aussi détectée dans le soja et diverses céréales et graines, ainsi que dans leurs sous-produits. La présence de zéaralénone est régulièrement observée en association avec d'autres fusariotoxines, en particulier le déoxynivalénol, le nivalénol et les fumonisines (DiMello et al., 1997).

4.2. Tache foliaire de *Curvularia*

L'agent pathogène responsable de la culvulariose appartient au genre *Curvularia.* Ce champignon produit de petites taches nécrotiques ou chlorotiques avec un halo de couleur claire. (Figure 18) Les lésions ont un diamètre d'environ 0,5 centimètre lorsqu'elles sont

complètement développées. La maladie est répandue dans les zones chaudes et humides et peut provoquer des dommages de manière significative (Jeffers, 2004 ; Debnath et *al*., 2012).



(Source :Benkirane,2001)

Figure. 18. Symptômes de *Curvularia* développées sur la graine (a), nœud (b), tige(c) et feuille (d) des plantes de riz.

4.3. Brûlure des feuilles (Helminthosporiose)

La tache bronzée ou la tache helminthosporienne ou encore Brûlure des feuilles, est une grave maladie foliaire des céréales causée par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis* 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 19) (ABDI, 2015).

Sur maïs l'agent pathogène est *Bipolaris maydis* (Y. Nisik. & C. Miyake) Shoemake (teleomorphe: Cochliobolus heterostrophus (Drechsler) Drechsler) c'est un champignon Ascomycète qui peut infecter le maïs par des conidies ou des ascospores, provoquent des petites lésions bronzées (0,6 cm sur 2,5 cm) qui peuvent couvrir presque toute la feuille. Il existe trois races de *Bipolaris maydis*. Certaines races du champignon s'attaquent également aux tiges, les gaines foliaires, les enveloppes des épis, et les épis de maïs. Les plantules infectées peuvent présenter les symptômes de flétrissement et la plante infectée mourra après la plantation en quelques jours (Agrios, 2005).

Aussi l'Helminthosporiose est considérée comme une maladie cryptogamique très importante du riz (Bouslim et al., 1997). L'agent causal est *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker appartient au phylum des *Ascomycota*, à la classe des Dothideomycetes, à l'ordre des Pleosporales et à la famille des *Pleosporaceae* (GBIF, 2021, www.gbif.org/fr/species/2615973). L'espèce a été décrite pour la première fois comme *Helminthosporium oryzae* par Breda de Haan (1900). Il s'agit de l'espèce la plus associée à l'helminthosporiose du riz.

(Source : Madhava Rao et al., 2006).

Figure 19. Helminthosporiose chez le riz, maïs et blé.

5.Moyens de lutte

5.1. Les pratiques culturales

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour lutte contre la fusariose de l'épi, mais ce sont principalement les conditions météorologiques qui vont influencer la présence ou l'absence de maladie (Schaafsma et Hooker 2007; Landschoot et coll. 2012).

Cependant La rotation des cultures 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).

Certaines cultures, comme le maïs et le blé, sont plus sensibles aux attaques de fusariose ; les résidus issus de ces cultures sont des sources d'inoculum pour l'année suivante (Parry et *al*., 1995). L'utilisation des semences saines et de la fumure azotée de façon rationnelle, ainsi que l'élimination des résidus de culture contaminés par incinération ou enfouissement profond réduit la contamination par les *Fusarium* spp. (Mauler et *al.*, 1997).

5.2. La Lutte biologique

Diamond et Cooke (2003) ont rapporté que l'inoculation des épis par *Phomabetae*a pu réduire les symptômes de la fusariose de l'épi causés par *F. culmorum* de l'ordre de 60%. Les bactéries du genre *Bacillus*, *Pseudomonas*, et *Lysobacter* sont les plus utilisées pour la lutte biologique contre la fusariose de l'épi (Schisler et *al.*, 2002 ; Khan et *al.*, 2004). Deux souches de *Pseudomonas fluorescen*s ont montrés aussi un niveau satisfaisant d'inhibition de la croissance in vitro et in vivo de *F. culmorum* (Bojanowski, 2011).

5.3. La Lutte chimique

Un programme de traitement par fongicides suivant un calendrier peut diminuer l'impact de la maladie et réduit 50 à 60% de sa sévérité. L'efficacité des fongicides est liée au stade physiologique de la plante au moment de l'application (Mc Mullen et *al.*, 2008).

Enfin, l'utilisation de fongicides apparaît comme un remède aux effets limités. Ainsi, leur application présente des effets variables qui dépendent de la molécule active mais également de la date d'application et des espèces fongiques présentes sur l'épi.

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.,* 2010).

5.4. La Lutte intégrée

Quelles stratégies pour diminuer les maladies ? Comme il n'existe aucun traitement chimique efficace, la gestion et la prévention passe par la mise en œuvre de pratiques culturales adaptées**.** Des outils d'aide à la décision existent pour aider à diminuer les risques liés aux maladies, Ils sont basés sur les données climatiques, les dates de semis et de récolte, les précédents culturaux, la gestion des résidus et le facteur variétal donnent des prévisions cohérentes entre elles (Decoin ,2006).

En effet, la lutte intégrée contre les maladies 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).

Chapitre 2. Matériels et Méthodes

2.1. Matériel végétal

2.1.1. Échantillons de Maïs, Blé et Riz analysés

Dans cette présente étude, le matériel végétal utilisé est constitué de trois graines de céréales. Les échantillons de maïs, blé et riz utilisés dans cette étude sont au total 17 variétés. Ils ont été collectés dans différentes régions céréalières de l'Algérie ; de la Mauritanie et de diverses variétés (Tableau 1).

Les échantillons sont divisés en trois lots. Un premier lot comporte des échantillons de blé et maïs produit en Algérie et collectés de Wilayas différentes auprès des paysans ; un deuxième composé de deux échantillons de riz, qui ont été fournis par des structures agricoles de la Mauritanie et les échantillons du troisième lot ont été prélevés de deux points de vente dans la région de Laghouat, afin d'obtenir une hétérogénéité des prélèvements. Le poids minimum de l'échantillon est de 500g. Tous les échantillons ont été conservés à °C dans des sacs en polyéthylène jusqu'à l'analyse.

Tableau 1. Liste des échantillons analysés

Espèce	Variétes	Variété	Régions	Année de récolte
Blé	V1	Ouad El Bared	Menia	2022
	V2	Chen's	Ouad Mora	2019
	V3	Vitron	Sétif	2022
	V4	Vitron	Ménea	2019
	V5	MBB	Nacre Ben Chehra	2020
	V6	Ouad El Bared R1	Oued Samar	2023
	V7	Vitron	Oued Samar	2023
	V8	Mansoura R1	Oued Samar	2023
	V9	Simeto RA	Oued Samar	2023
Riz	V1	Rosso	Mauritanie	2022
	V2	Rosso	Mauritanie	2022
	V3	ND	L'Inde	2023
	V4	ND	L'Inde	2023
Mais	V1	Hytech 2066	Laghouat	2023
	V2	SPEED	Laghouat	2023
	V3	ND	Adrar	2020
	V4	ND	Menia	2022

2.2. Méthodes

2.2.1. Isolement de la flore fongique

La méthode que nous avons adoptée dans notre travail est celle utilisée par l'institut de l'LNPV. Deux milieux nutritifs ont été utilisés pour l'isolement des champignons à partir des grains : Dichloran-Chloramphenicol-Peptone-Agar (DCPA) et Potato-Dextrose-Agar (PDA) (annexe 1).

a. Désinfection des semences

Après échantillonnage et prise d'essai, l'analyse des échantillons de grains au laboratoire a été effectuée sur un sous échantillonnage représentatif. Ces grains analysés seront prélevés aléatoirement. Un sous-échantillon de 100 grains de chaque échantillon a été désinfecté superficiellement dans une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium à 2 % pendant 2 min, puis a été rincé trois fois avec de l'eau distillée stérile pendant 1 min.

Ensuite après avoir égoutté les grains, ces derniers ont été placés à sécher sur du papier filtre stérile pendant 15 m (Cromey et *al.*, 2002).

b. Isolement des semences

Méthode Dichloran Chloramphenicol Peptone Agar (DCPA)

Apres désinfection les grains sont placés à l'aide d'une pince stérile dans des boite de pétri de 90 mm coulées avec le milieu DCPA a raison de dix grains par boite. Les boîtes de pétri DCPA sont incubée dans une étuve à 22°C +-3°C à l'obscurité 12h/12h (Figure 20).

Après 10-12 heures d'incubation, les *Fusarium* spp. infectant les grains se sont bien développés sur le milieu semi sélectif DCPA. Ce dernier ne permet pratiquement aucune pigmentation du thalle des champignons qui s'y développent. Les cultures apparaissent donc généralement blanches à rose très pâle. Le milieu étant semi sélectif, seuls les champignons du genre Fusarium vont se développer de manière conséquente sur le milieu (vitesse de croissance radiale >2 mm / jour et mycélium aérien abondant). Les autres genres de champignons peuvent croître mais vont présenter une vitesse de croissance radiale relativement faible.

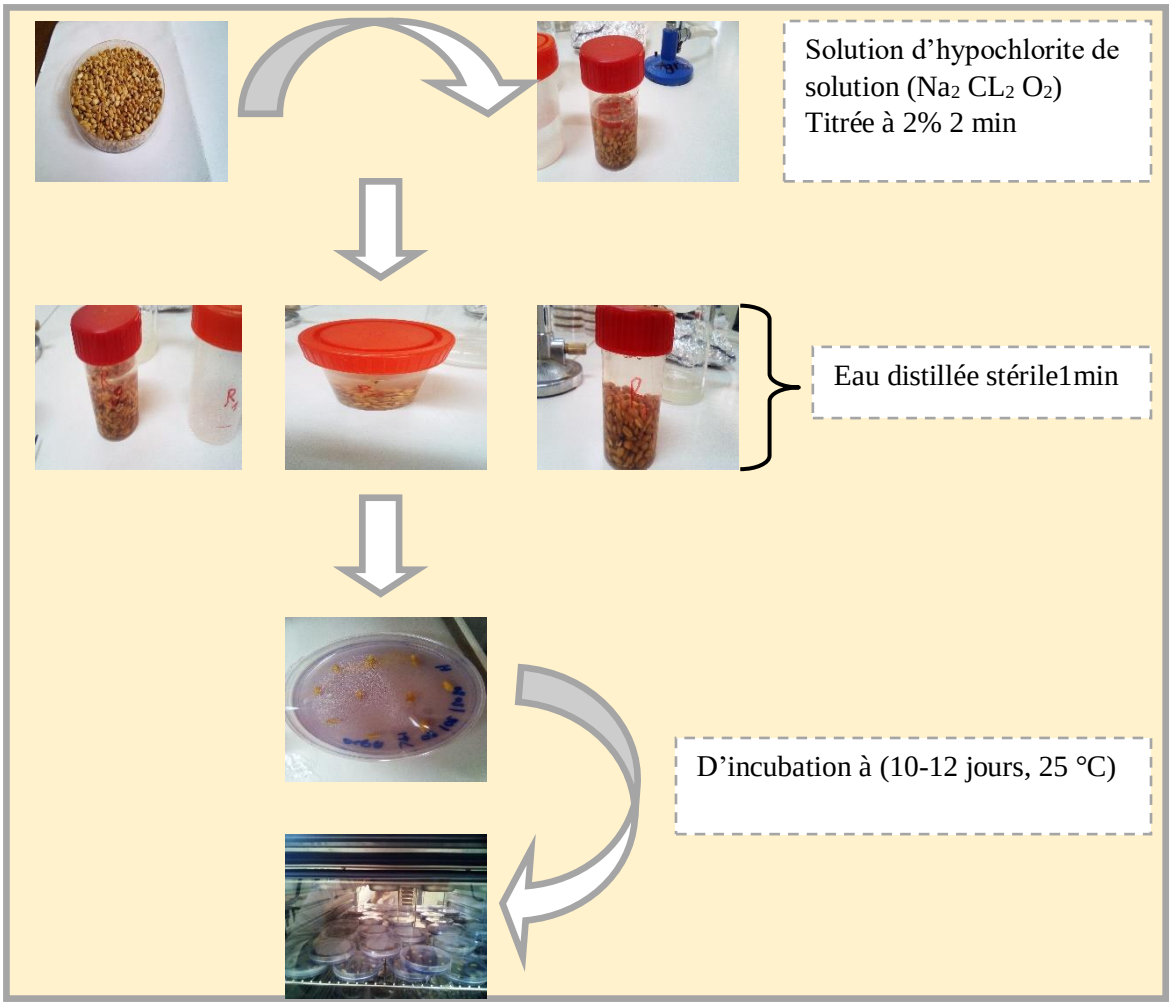


Figure 20. Méthodes d'Isolement de la flore fongique.

2.2.2. Méthodes de Purification

a. Repiquage successif

Consiste à faire plusieurs repiquages successifs de notre souche isolée sur milieu PDA, jusqu'à l'obtention de l'isolat pure. On peut aussi utiliser des milieux sélectifs, (Botton et *al.* 1990).

b. Culture monospore

Deux techniques ont été adoptées pour l'obtention de culture axénique. La première technique a été décrite par (Guettatni, 1954 *In* Bounar, 2009). Le mode opératoire consiste à stériliser des boites de Pétri en verre contenant chacune une lame porte objet, puis à couler dessus l'eau gélosée a 2%, de façon à obtenir une couche mince de 1 à 2 mm d'épaisseur Apres

solidification, on prépare une suspension de spores à partir de cultures relativement jeunes, des dilutions successives sont réalisées de manière à obtenir une concentration finale de l'ordre de 10^{-2} a 10^{-3} spore/ml.

Une goutte de suspension est étalée uniformément sur la lame porte objet. Les boites sont ensuite incubées à une température comprise entre 20 et 25° C. Après 24 à 48 h des spores individualisées en germination apparaissent, ces dernières ont été repiquées dans des boites de Pétri contenant du PDA et ont été mise à incuber dans la chambre de culture.

La deuxième technique est la « single spore » par scarification **:**

Le protocole a été établi dans le laboratoire MycSA Bordeaux par Christian Barreau.

Les suspensions de spores requises pour inoculer les boites de pétri contenant le milieu PDA, ont été obtenues en ajoutant un morceau d'implant de chaque échantillon dans 6 mL d'eau distillée stérile par tube suivi par une agitation modérée, de façon à obtenir une faible concentration finale de 10^2 spores/mL par comptage sur cellule de Thoma. Enfin, chaque boite a été inoculée par 10µL d'une suspension sporale, à l'aide d'une anse de platine un étalement sous forme des striés (scarification) ou bien en forme de L sont réalisée ce qui permet la sédimentation des spores dans la gélose. Puis les boites ont été placées à l'obscurité à 25 °C. Après 24 heures d'incubation, les spores commencent à émettre des tubes germinatifs, un prélèvement monosporale est effectué et repiqué en boite pétri contenant le milieu PDA. Après 7 à 10jours d'incubation, les colonies obtenues sont pures.

2.2.3. Méthode de conservation

Les champignons, une fois purifiés, sont conservés en tubes sur des milieux courants tels que le milieu PDA, ou les milieux a l'extrait de malt (Botton et al., 1990).Il est prudent d'utiliser un système rationnel d'étiquetage de façon à ce que chaque isolat, tout en étant désigné par un minimum de signes, puisse être identifié sans ambiguïté (Davet et *al.*, 1997). Toutes les géloses inclinées ont été incubées à 22°C pendant 7 jours et conservé à 4 ± 1 ° C, (Bensmira, 2006). Les souches doivent être repiquées tous les 8 à 10 mois, (Botton et al., 1990).

2.2.4. Méthodes d'identification morphologique des isolats

La détermination morphologique des espèces des isolats obtenus repose sur l'observation de nombreuses caractéristiques anamorphiques sur des milieux de culture bien définis.

La morphologie des colonies à savoir la densité, la pigmentation du mycélium, ainsi que l'extension de la colonie ont été notées. Les caractéristiques microscopiques ont été déterminées aussi. Il s'agit de l'observation des types de spores développées, de la forme, de la taille et de la septation des macroconidies, ainsi que de la présence ou de l'absence des chalamydospores et peritheces. Avec toutes les informations l'identification pourra être réalisée en utilisant les différentes clés de références de (Aoki et O'Donnell ,1999), (Mady et *al*.,2015) ; (Warham et *al*.,1997**)** et (Leslie et Summerell ,2006).

Les résultats de l'identification des espèces fongiques contaminant le blé sont exprimés en pourcentage de grains infectés dans chaque échantillon de la façon suivante :
La fréquence et densité relative des genres et des espèces sont calculées selon les formules de Marasas et *al.* (1988) .

a. Calcule 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 :

% d'apparition = NAC/NTATC x 100

Dont :

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

b. Calcule de la Densité relative des espèces fongiques

La densité relative nous renseigne sur le Pourcentage (%) des espèces fongiques de *Fusarium* spp. dans les échantillons des semences de blé, maïs et riz.

- **La Densité relative** (%) =**Nombre d′isolats d'un genre ou d'une espèce/ Nombre total des genres des ou espèces isolées×100.**

c. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de *Fusarium* spp. sur graines de riz par GC-MS

Les isolats de *F. crookwellense =cerealis, F.verticilloides et F.accuminatum* ont été cultivés dans des flacons sur un substrat à base de riz. Ce substrat a été inoculé par 5 explants mycéliens de chaque isolat. Les flacons sont ensuite incubés à 28°C pendant 15 jours.

Après 2 semaines d'incubation, les milieux de cultures ont été séchés à 75 °C pendant 48 h, puis broyés afin d'obtenir une poudre fine.

Pour l'analyse, des fractions de 5 g de chaque échantillon broyé, ont été extraites par 20 ml de l'acétate d'éthyle, puis mises en agitation pendant 1 heure suivie d'une centrifugation pendant 10 minutes ; 3 ml de filtrat ont été purifiés, Ensuite 3 ml de la phase organique ont été évaporés a l'aide d'un Rota-vapeur. Les échantillons ont été conservés à -20°C pour l'analyse par GC-MS. Cette analyse a été effectuée à l'aide d'un chromatographe couplé à un spec-tromètre détecteur de masse 5973 (Agilent, Santa Clara CA) équipé d'une colonne HP-5MS (30 m, 0,25 mm, 0,25 μm). L'élium a été utilisé comme gaz vecteur avec un débit de fractionnement de 20 mL/min et un rapport de division de 20 :1. L'identification des composés a été réalisée par comparaison avec une base de données.

Chapitre 3. Résultats et Discussions

➢ Résultats

3.1. Identification de la flore fongique responsable de la contamination des grains de blé, maïs et riz

3.1.1. Fréquence de la flore fongique

Des isolements ont été réalisés à partir des échantillons provenant de l'Algérie et la Mauritanie, dans le but d'identifier les genres et les espèces fongiques associés aux semences de blé, maïs et riz. Ainsi une population de **711** isolats a été récupérée à partir des trois graines des céréales analysées, composés **15 espèces fongiques** réparties entre **8 genres** ont été identifiées à des taux variables dans les échantillons (Figure 21). L'inventaire des champignons révèle que les espèces du genre : ***Aspergillus 1*4%, *Fusarium* 32%, *Alternaria* (13%), *Penicillium (*11%)** sont les plus fréquents dans presque tous les échantillons (Tableau et 1). Parmi ces champignons cités, le genre Fusarium a été identifié dans tous les échantillons de grains de blé, maïs et riz analysés. La contamination par le genre ***Fusarium*** est non seulement fréquente, mais le **taux de contamination** des échantillons peut atteindre **66 %** chez certaines variétés (Tableau 2). Nous avons également relève la présence d'autres genres fongiques sur les trois espèces de céréales, Il s'agit du genre ***Curvularia* 6%** avec des espèces différentes, ***Pyrenophora 5%, Colletotrichum Sp 4% et Ulocladium* 4%.**

Figure: 21. Diversité de la mycoflore et variation dans le taux de contamination des grains de blé , maïs et riz sur DCPA

Tableau 2. Pourcentage de contamination des semences blé, maïs et riz par les genres fongiques.

Espèce	Variete	*Fusarium*	*Alternaria*	*Penicillium*	*Aspergillus*	*Pyrenophora*	*Curvularia*	*Ulocladium*	*Colletotrichum Sp*
Blé	V1	25%	54%	0%	21%	0%	0%	0%	0%
Blé	V2	63%	13%	0%	0%	19%	6%	0%	0%
Blé	V3	66%	7%	0%	15%	3%	0%	4%	4%
Blé	V4	31%	13%	2%	26%	3%	5%	14%	5%
Blé	V5	28%	31%	4%	9%	8%	4%	13%	2%
Blé	V6	23%	32%	0%	0%	12%	21%	9%	2%
Blé	V7	22%	21%	0%	0%	14%	32%	11%	0%
Blé	V8	57%	21%	0%	0%	14%	7%	0%	0%
Blé	V9	37%	24%	0%	1%	3%	26%	9%	0%
Riz	V1	31%	0%	38%	31%	0%	0%	0%	0%
Riz	V2	29%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	57%
Riz	V3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Riz	V4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mais	V1	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Mais	V2	25%	0%	25%	50%	0%	0%	0%	0%
Mais	V3	55%	5%	0%	40%	0%	0%	0%	0%
Mais	V4	59%	0%	0%	41%	0%	0%	0%	0%

3.1.2. Description morphologique des espèces obtenues des isolements

L'identification des genres fongiques isolés à partir des échantillons **des grains de blé, maïs et riz** a été basée sur les critères décris dans la clé de Barnett et Huneter (1998) ainsi que les descriptions décrites dans les ouvrages de Warham et *al.* (1996) et Champion (1997).

a. ***Alternaria* spp.**

La colonie, blanc-gris au départ, devient rapidement foncée (vert foncé à noire) au recto comme au verso. La texture est duveteuse à laineuse. Les colonies mycéliennes sont vertes à marron foncé. Le mycélium aérien est ras et renferme une multitude de spores. Les conidiophores sont bruns, ils supportent un grand nombre de spores, produites le plus souvent isolées.

Plusieurs types de spores sont présents dans la même culture :

- Spores de type sphérique découpées par des cloisons en 2 ou 4 loges ;
- Spores de type elliptique, ressemblant à des spores de certains *Stemphylium*. L'apex est rétréci et souvent arrondi aux deux extrémités ;
- Spores de type *Alternaria* typique, munies d'un rétrécissement apical plus ou moins allongé.

Cette description correspond à celle du genre *Alternaria* selon la description de Woudenberg et *al.* (2013).

Selon les résultats obtenus pour l'espèce *Alternaria spp*, (Figure 22) Les colonies ont une couleur grisâtre, brun foncé à noire, la colonie est très dense, on a aussi la pigmentation du mycélium. Les caractéristiques microscopiques ont été déterminées aussi.

Les hyphes *d'Alternaria spp*. sont septés et de couleur brunâtre. Ils sont souvent assez larges, les conidies sont généralement de forme allongée, avec plusieurs cloisons (septées). On a la présence des conidiophores, qui portent les conidies.

***b. Curvularia* spp.**

Curvularia sp. forme des colonies cotonneuses. Ces colonies sont d'abord grises ou brun clair puis, deviennent brun foncé au recto tout comme au verso en formant des anneaux concentriques. Au microscope, le mycélium de *Curvularia sp*. est constitué de hyphes segmentés et ramifiés de couleur brun clair. Les conidies sont pluricellulaires. Elles sont brunes, ovales et parfois recourbées au niveau de la troisième cellule. En outre, elles possèdent trois (03) cloisons transversales dans leur quasi-totalité.

Les colonies ont une couleur foncée avec un duvet blanc, la colonie est très dense, selon les caractéristiques microscopiques des résultats obtenus, les conidies sont brunes et pluricellulaires (Figure 23).

c. *Aspergillus* spp. et *Penicillium* spp.

Les Aspergillus sont caractérisés par un appareil végétatif (thalle) formé de filaments mycéliens hyalins. Les conidiophores sont caractérisés par une cellule pied basale et sont renflés à leur extrémité distale en une vésicule sphérique ou ovoïde (Rapert & Fennell, 1965 ; Varga) .

Une ou deux rangées de stérigmates (selon les espèces) prennent naissance sur cette vésicule. C'est à partir de ces stérigmates que les spores se forment en de très longues chaines. Les spores sont claires, plus ou moins colorées ou noirâtres. Elles sont globuleuses à ovoïdes et mesurent de 2,5 à 4. Cette description correspond à celle du genre *Aspergillu*s selon Warham et *al*. (1996) ainsi que Champion (1997).

Les colonies du genre *Aspergillus* se sont caractérisées par une croissance rapide sur le milieu PDA. En effet, au bout de 24 à 48 h de culture, il a été observé des colonies plates, formées de courts filaments aériens blancs. A la maturation des spores (à partir de 48 h).

Les isolats d′*A. flavus* ont été identifiés morphologiquement sur la base de la couleur verte olive. Les isolats noirs ont été identifiés morphologiquement comme *A. niger* sur la base de l'aspect des colonies noir, de têtes de conidies bisériées (metulae) et de petites conidies.

En ce qui concerne le genre *Penicillium* les colonies mycéliennes sont vertes. Les conidiophores sont simples et divisés en plusieurs articles parallèles. A l'extrémité de chaque article, un ou plusieurs stérigmates donnent naissance à une multitude de spores.
Les spores sont très nombreuses ; elles sont sphériques et lisses. Cette description correspond à celle du genre *Penicillium (Figure 24)* selon la description de (Visagie et *al*., 2014). La texture de *Penicillium* ***spp*** est poudreuse ,la surface est réduite, la colonie est de couler verte et la Croissance, elle est moyenne.

d. *Pyrenophora tritici-repentis*

La colonie sur semence est pale à brun moyen foncé avec très peu de mycélium aérien blanc Les conidiophores sont séparés ou en groupes de 2 à 6 droits ou courbés de couleur brun olive

Clair à foncé, de taille moyenne à longs , parfois très longs , et mesurent 150-300 x 7-11 µm . Les conidies 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 jaunâtre ou gris olive, ont 4-9 septes et mesurent 50-144 x 18-33 µm. Les périthèces sont noirs et sphériques. Les asques 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 brun jaunâtre, droites ou légèrement courbes , plus étroites aux deux extrémités ,avec une cellule basale faisant saillie au point d'attachement (Tizioulou, 2009).

e. ***Ulocladium sp***

Les conidies sont brun, ovoïdes, à paroi lisse ou rugueuses (Botton et *al.*, 1990), la colonie est de couleur Brun olive à noire, avec une texture duveteuse et un mycélium septé.

Le genre *Ulocladium* comprend des mycètes saprophytes omniprésents; ces moisissures sont largement distribuées dans le sol, sur le bois et sur des végétaux en décomposition. Quelques espèces sont des pathogènes s'attaquant aux plantes et des agents détériorant les aliments (surtout des noix, des haricots et des céréales). À l'extérieur, les espèces d'*Ulocladium* sont souvent trouvées sur la végétation morte ainsi que dans le sol, l'air et la poussière. (INSPQ,2024).

Les conidies sont brun, ovoïdes, à paroi lisse ou rugueuses (Botton et *al.*, 1990), la colonie est de couleur Brun olive à noire, avec une texture duveteuse et un mycélium septé.

Les colonies d'*Ulocladium* ressemblent à celles d'*Alternaria alternarta.*

Les hyphes sont septés et sont de brun clair à brun foncé. Les conidiophores sont brun doré, simples ou parfois ramifiés. Les conidies sont en général brun foncé, pluricellulaires, obovoïdes (un ovale plus étroit à la base) et souvent à parois rugueuses. (Figure 25).

f. Colletotrichum sp.

La colonie sur semence est blanche cotonneuse avec des spores noirs, les isolats de *Colletotrichum* sp ont présenté un mycélium cloisonné (et hyalin) .

Les conidies des souches de *Colletotrichum* isolées ont présenté des formes cylindriques et fusiformes. (Figure 25).

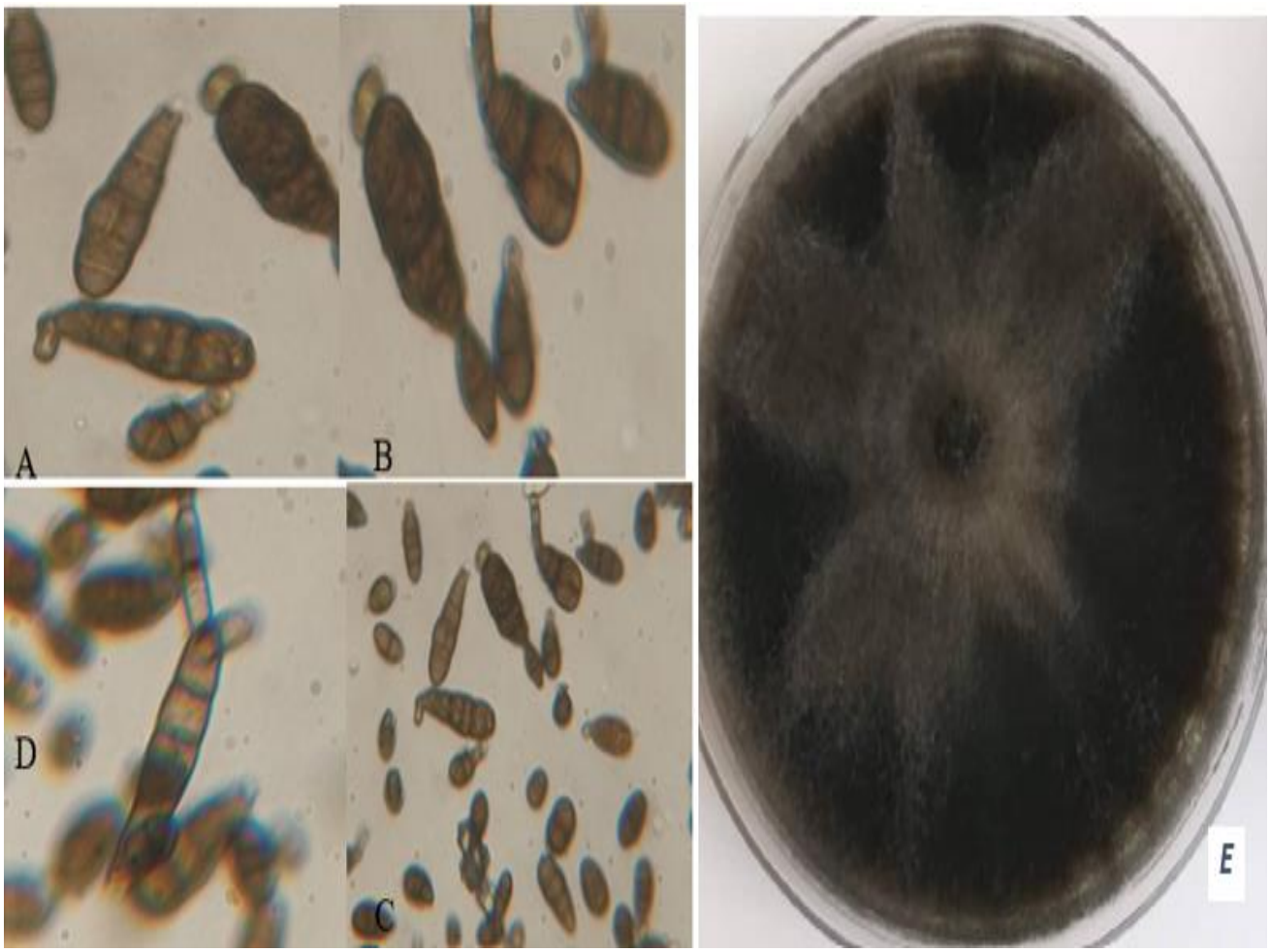


Figure 22. Aspect cultural et microscopique des espèces d'*Alternaria* spp. isolées à partir des grains de blé et de maïs (G x 40) et (G x 100).

A.et B. Macroconidies d' *Alternaria* spp ; C.D Macroconidies et Microconidies d' *Alternaria*.

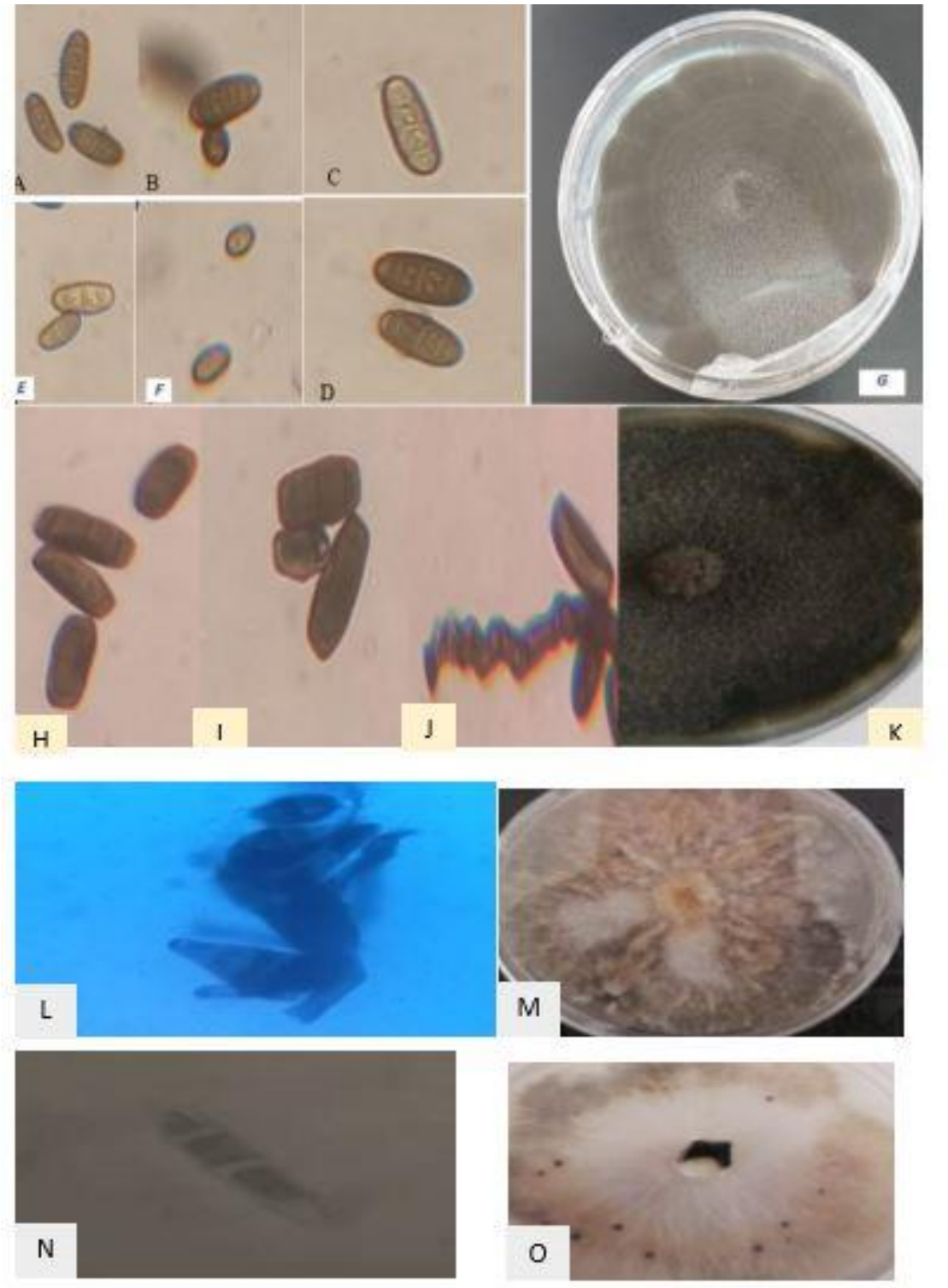


Figure 23 . Aspect cultural des espèces fongiques isolées à partir des grains de blé, après 7 - 10 jours d'incubation à l'obscurité sur milieu PDA.

A. *Curvularia spicifera* B. *Curvularia* lunata *C. Curvularia* spp. A, B, C, D macroconidies conidies de *Curvularia spicifera* ; E, F microconidies de de *Curvularia spicifera* ; G, H Conidies de C. lunata J. Conidiophore de C. lunata. ; L,M,N et O *Curvularia* spp.

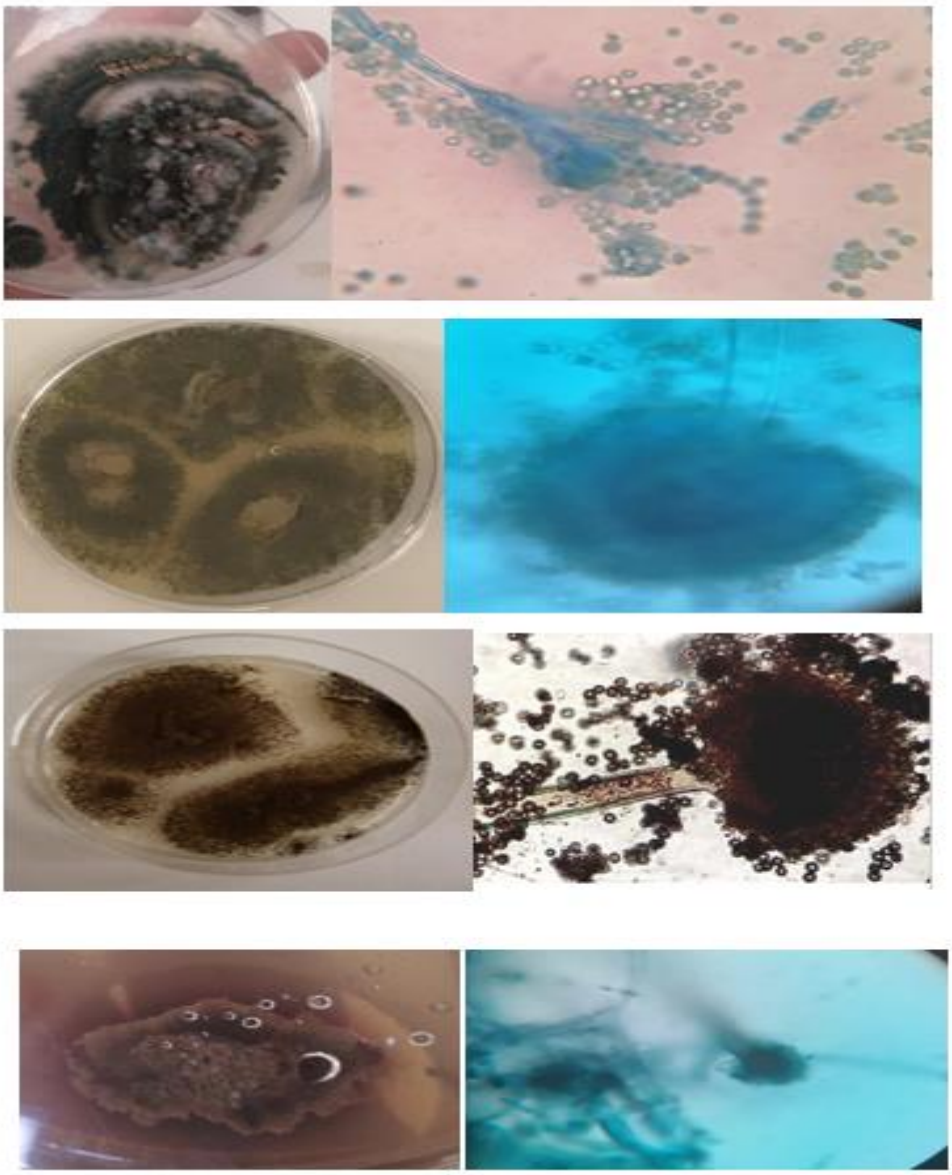


Figure 24. Aspects macroscopiques et microscopiques des espèces de *penicillium* spp. et *Aspergillus* spp. (Gx400) .

A. colonie verte avec touffes blanches de *penicillium* spp ;

B. phialides et Conidiophore avec conidies de *penicillium* spp

C. Aspects culturaux respectivement *d'Aspergillus flavus,* d'*Aspergillus niger et Aspergillus spp.*

Conidiophore avec conides *d'Aspergillus flavus, Aspergillus niger et Aspergillus sp* .

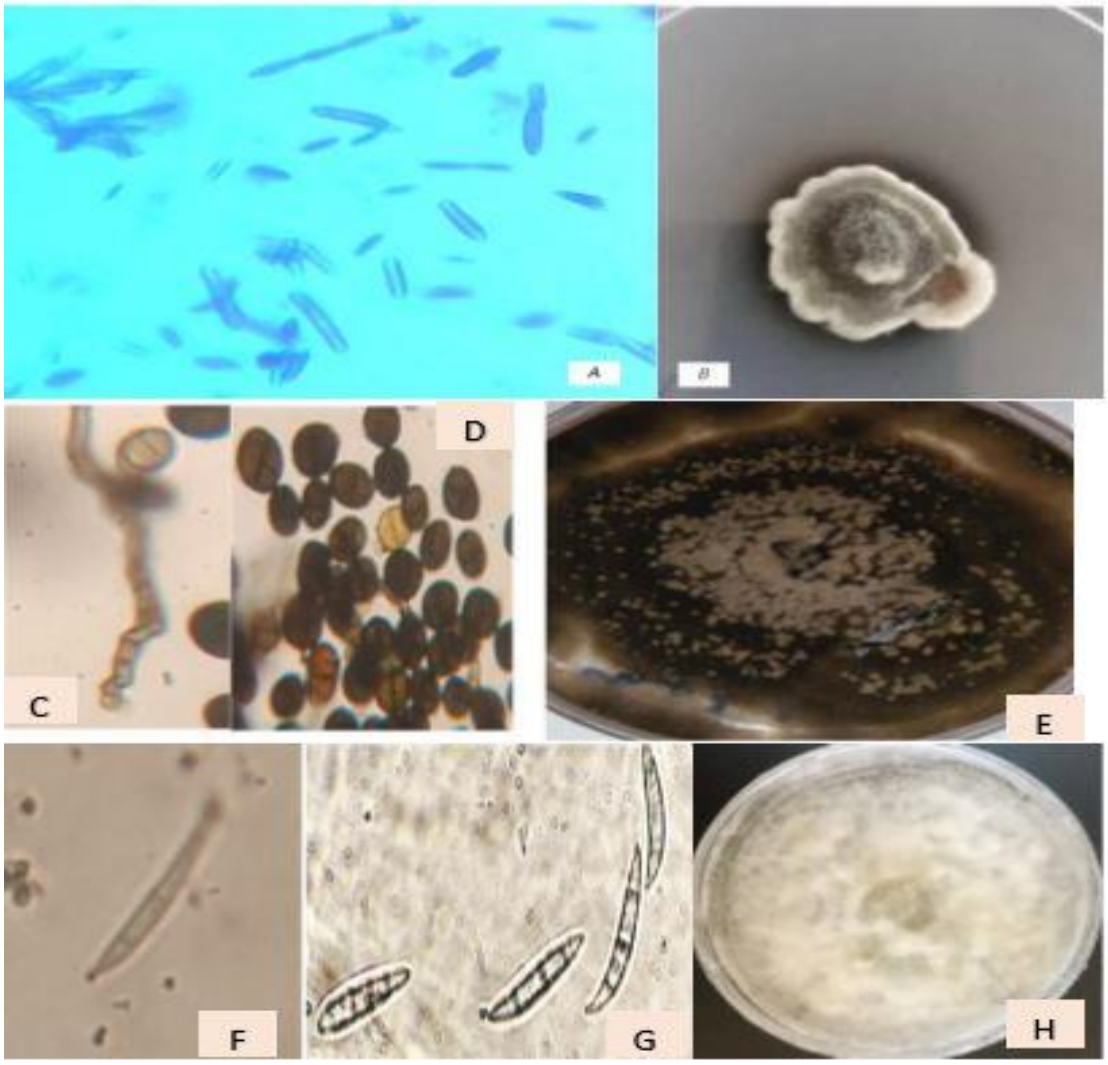


Figure 25. Aspect cultural et microscopique de l'espèce de *Pyrenophora tritici-repentis, Ulocladium sp* et *Colletotrichum* spp . sur le milieu PDA isolée à partir des grains de blé, maïs et riz (G x 100).

A . conidies tubuleuses de *Pyrenophora tritici-repentis* ; B. colonie avec une croissance radiale très réduite ; E. aspect morphologiques de la colonie de *Ulocladium sp*. A. conidiophore m de *Ulocladium sp* ; B. Spores bicellulaire et unicellulaire colorées en marron et jaune ; H. Aspects morphologiques de colonie de *Colletotrichum* spp. , G et F. Aspects microscopique de *Colletotrichum* spp. : macroconide; (X100) .

3.2. Identification et caractérisation morphologique et culturale des isolats de *Fusarium* spp. obtenus

Les isolats de *Fusarium spp.* **(33 d'isolats**) obtenus à partir des analyses de la mycoflore des semences de **blé, maïs et riz** ont été identifiés comme suit : ***F. verticillioides (30.33 %), F. sporotrichioides (18%), F. acuminatum (21.21%),F. Crookwellense (27%), F. Gibberalla fujikuroi*** **(3%).(Tableau 3).**

Tableau 3 : Pourcentage (%) des espèces fongiques de *Fusarium* spp. dans les échantillons des semences de blé, maïs et riz.

	Nombre d'apparition des isolats				
Especes *Fusarium*	Blé	Mais	Riz	DENSITE %	FREQUENCE%
F. Crookwellense	9	0	0	27.3	0.3
F. accminatum	4	0	3	21.21	0.66
F. verticillioide	2	8	0	30.33	0.66
F. sporotrichioides	6	0	0	18.18	0.33
F. Gibberalla fujikuroi	0	0	1	3.03	0.33
TOTAL *Fusarium*	**33**				

3.2.1. Description morphologique des espèces de Fusarium identifiées à partir des semences

a. F. cerealis (Syn. *F. crookwellense*)

Les colonies de *F. cerealis* se développent plus au moins lentement avec un mycélium aérien, épars, blanc à violet. Les isolats produisent des pigments violets à rouges dans l'agar. Les macroconidies épaisses, pourvues de 3 à 5 cloisons montrent un côté ventral presque droit et un côté dorsale fortement courbé. Les cellules apicales de ces macroconidies sont effilées alors que celles ba-sales sont bien développées (Figure 26). Les microconidies sont absentes chez cette espèce.

b.Fusarium sporotrichioides Sherbakoff

Sur milieu PDA les isolats de cette espèce produisent un mycélium aérien, de couleur blanchâtre ou légèrement violette et qui devient rose à rouge brunâtre avec l'âge (Figure 26). Il s'agit d'un champignon à croissance rapide. Les macroconidies (25-40 × 3,5-5 µm) sont formées sur les hyphes et sur les sporodochies en forme de faucille, possèdent 3-5 septa, mais

principalement 3 septa, la cellule apicale est courbée et effilée et la cellule basale est généralement non pédicellée,. Les microconidies (5-10 × 2,5-7,5 µm) sont unicellulaires ovoïdes ovales à pyriformes.

c. Fusarium. Gibberalla fujikuroie

***d. Fusarium acuminatum* Ellis & Everh**. Sur milieu PDA les isolats de cette espèce présentent un mycélium aérien blanc, floconneux et présente une pigmentation rose saumon à la périphérie (Figure B et D), F. acuminatum est une espèce à croissance relativement lente. Les sporodochies de couleur brun foncé se forment au centre de la colonie. Les macroconidies produites sont arquées dotées de 3-6 cloisons, avec une cellule basale pédicellée et une cellule apicale relativement allongée (Fig. A et B). Les microconidies sont absentes (Figure 27).

e. ***Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (syn : *F. moniliforme*) S**ur mileiu PDA, les colonies présentent un mycélium cotonneux blanc mais peuvent développer des pigments violets avec l'âge. Les cultures peuvent produire une pigmentation orange à gris violet dans la gélose . Les cultures de *F. verticillioides* ont un développement modérément lent sur milieu PDA à 25°C. monophialidiques, aucune cellule conidiogène polyphialide n'a été produite par les isolats de F. *verticillioides* (Figure 28). Les chlamydospores sont absentes.

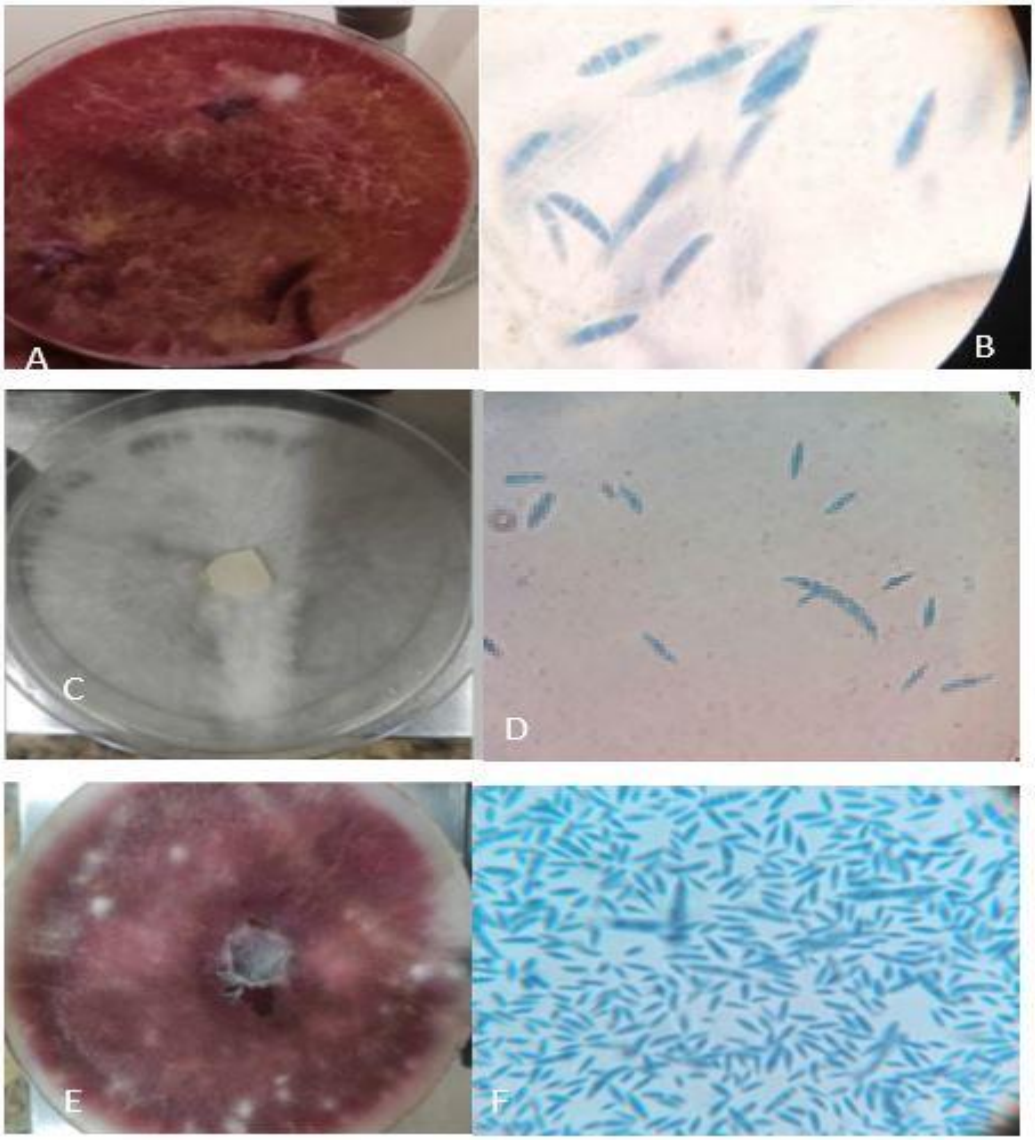


Figure. 26. Aspects morphologiques et microscopique de *Fusarium Crookwellense, F. Gibberalla fujikuroi* et *Fusarium sporotrichioides* isolées à partir des grains de blé (G x 100) :

A : Aspect cultural de couleur rouge, avec mycélium abondant, B : macroconidies de *Fusarium Crookwellense* ; C : colonie blancche de F. *Gibberalla fujikuroi*e, D : macroconidies et microconidies ;

E : Colonies rouge avec des touffes blanches, F : macroconidies et microconidies de *Fusarium sporotrichioides*

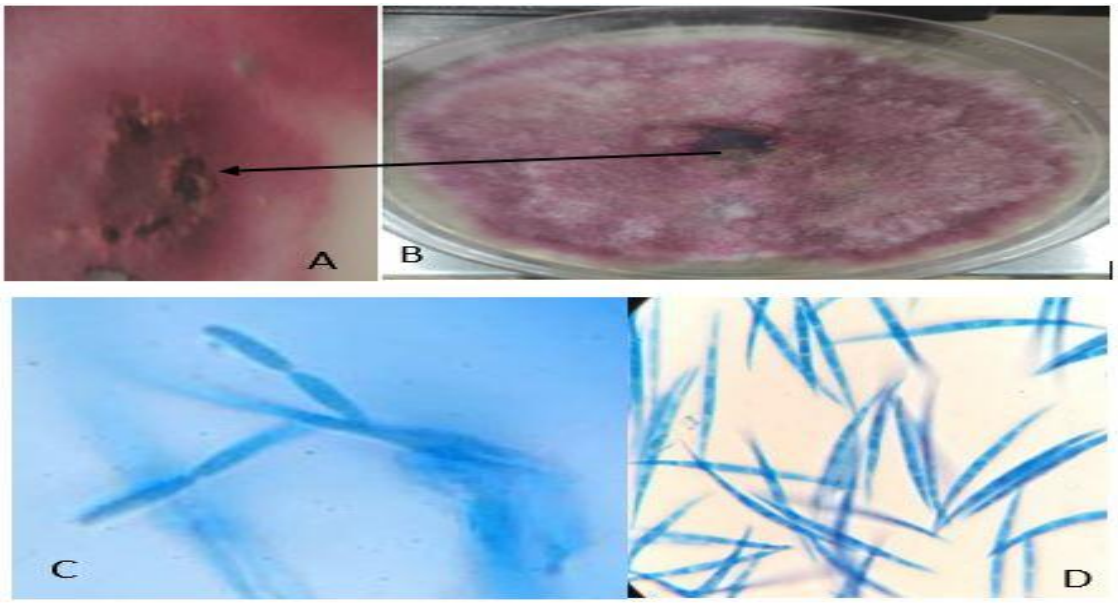


Figure. 27 . Aspects cultural et microscopique de *Fusarium accuminatum*

isolé à partir des grains de blé et riz (G x 100) :

B. Aspects morphologiques de la colonie de *Fusarium accuminatum* sur le milieu PDA de couleur rose blanche. A. Sporodochies formées au centre de la colonies ; C. petits phialides formés sur le thalle ; D. macrconidies de *Fusarium accuminatum* .

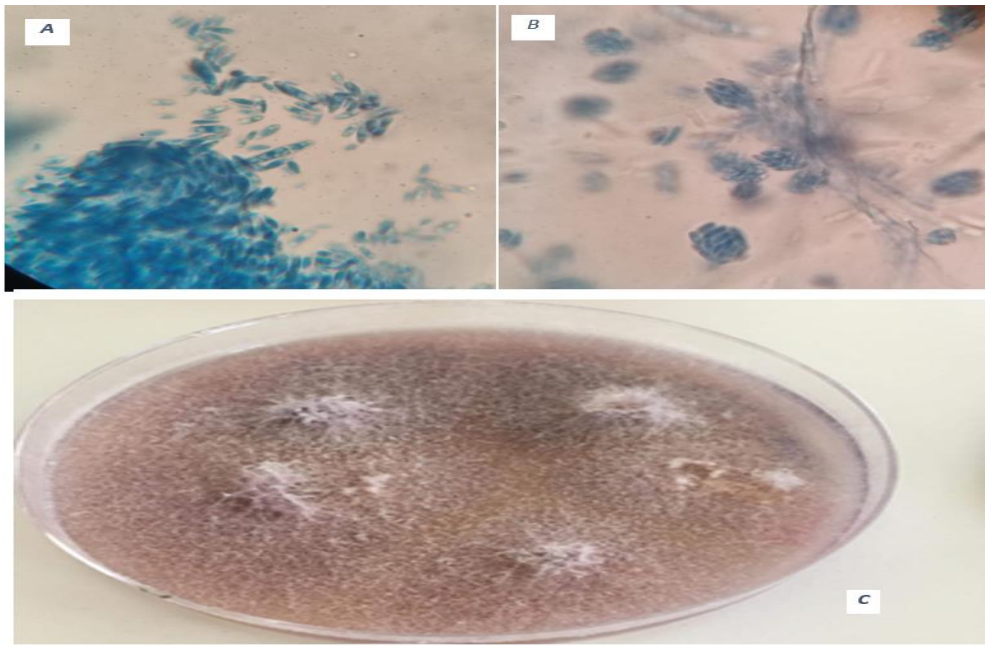


Figure. 28 . Aspects morphologiques et microscopique de *Fusarium verticillioides* isolées à partir des grains de blé et maïs (G x 40) ;

C. Aspects morphologiques de colonie de *Fusarium verticillioides* sur le milieu PDA. A. B. Aspects microscopique de *Fusarium verticillioides*: A macroconide; B microconidies en amas (G x 40).

3.3. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de *Fusarium*

3.3.1. Détermination du potentiel toxinogène des isolats de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*) sur grains de riz par GC-MS

La capacité des isolats de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*), *Fusarium verticillioides* et *Fusarium accminatum* originaires d'Algérie et de la Mauritanie à produire *in vitro* les trichothécènes (déoxynivalénol et nivalénol), la zéaralénone et la fumosine ou encore les TCTA a été mesurée sur grains de riz par GC-MS.
La quantification de ces toxines a montré que les 3 isolats testés, ont produit des **toxines** à des niveaux détectables (Figure 29).

Les résultats obtenus confirment que les trois isolats ont produit des toxines, ceci confirme qu'ils sont toxinogènes. Aussi, les chromatogrammes obtenus ont révélé une grande variabilité entre les isolats dans les niveaux de production, notons que la quantité des toxines détectée est faible. Nous avons constaté que **le *Fusarium verticillioides*** contient le plus de pics 6 pics après le pic du **solvant.** Puis le ***F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*),** contient un seul pic chromatographique après celui de solvant à **5.7** min.

En conclusion, L'échantillon 1 *Fusarium verticillioides* est le plus riche en toxine puis le 3^{ième} *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense)*. La plus faible quantité de toxine notée est chez *Fusarium accminatum.* Ces chromatogrammes obtenus par GC-MS ne peuvent être utilisés qu'à titre qualitatif,

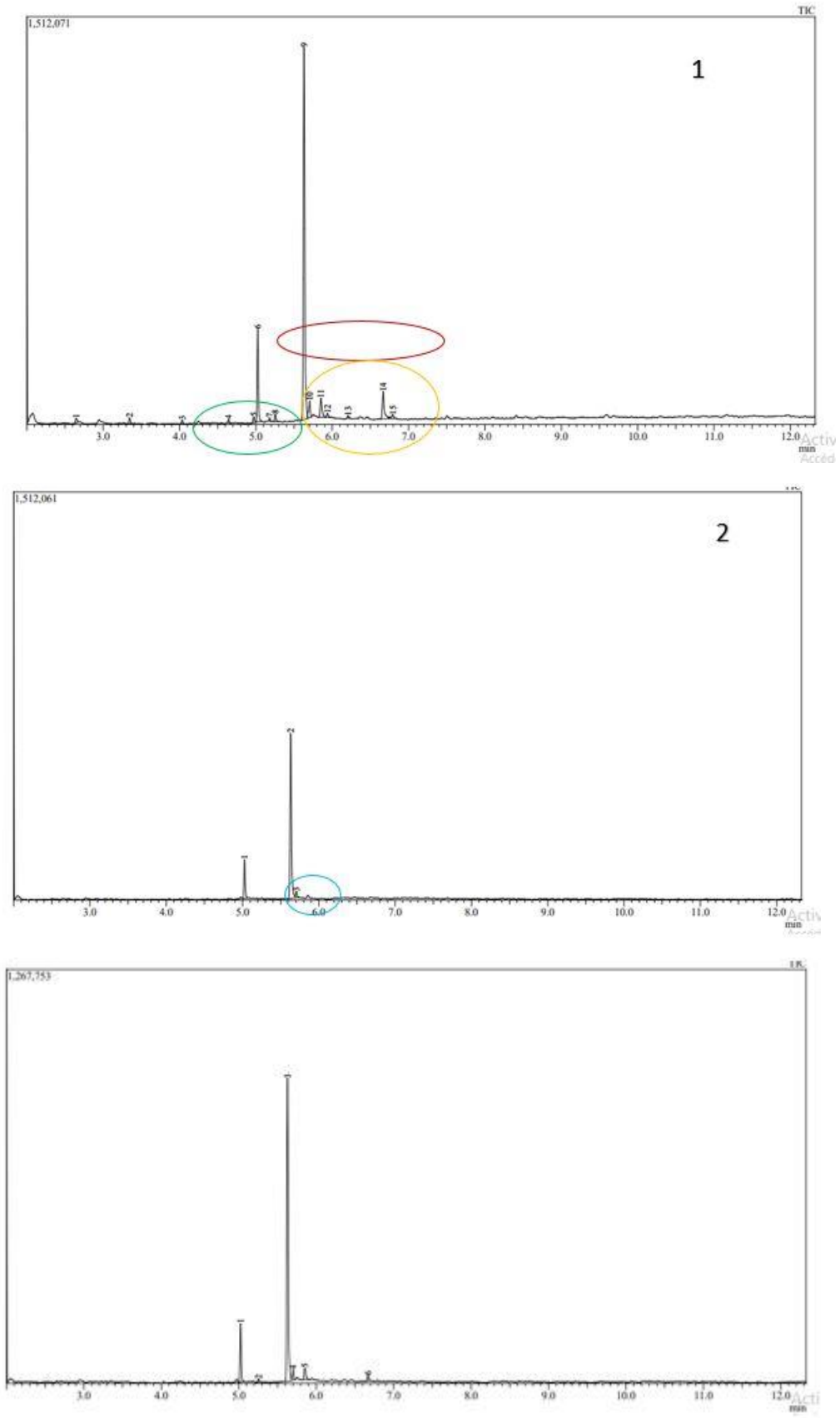


Figure 29 . Détermination du potentiel toxinogène des isolats de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*) sur grains de riz par GC-MS.

Discussions

Les analyses sanitaires effectuées sur les semences de blé, maïs et riz, nous ont permis de mettre en évidence la flore fongique associée à ces variétés d'une part et d'identifier et caractériser les espèces du genre *Fusarium* et *curvularia d*'autre part.

Malgré l'apparence saine de la plupart des grains, nous avons constaté qu'ils ont un taux élevé de contamination. Cependant, les deux échantillons de maïs (variétés Hytech 2066, SPEED) et une variéte de riz de la Mauritanie ont révélé un taux de contamination très faible, Cette baisse de contamination fongique, revient peut-être à la résistance de ces variétés.

Sur l'ensemble des variétés, 8 principaux genres ont été identifiés dont le classement par ordre de prévalence est : ***Fusarium* 32%, *Aspergillus* 14%, *Alternaria* (13%), *Penicillium (11%)*** sont les plus fréquents dans presque tous les échantillons après vient ***Curvularia* 6%** avec des espèces différentes**, *Pyrenophora 5%, Colletotrichum Sp et Ulocladium* 4%.**

En se référant à la bibliographie, ces genres contaminent les grains de blé, maïs et riz au sein de l'épi dès la récolte jusqu'au stockage. Les genres Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Curvularia, *Colletotrichum, Pyrenophora* sont considérés comme agents pathogènes sur blé, maïs et riz, les genres Alternaria sont généralement des agents saprophytes (Champion, 1997 ; Hao et al., 2020 ; Sanna et al., 2022 ; Desjardins et al., 2000 ; Bashyal et al., 2016 ; Jeon et al., 2013 ; Raghu et al., 2018).

Les résultats obtenus dans la présente étude concordent avec ceux obtenus par Madbouly et al. (2014), Ghaemmaghami et al. (2016) et Chiotta et al. (2020) et qui ont rapporté dans leur étude concernant les champignons contaminant les semences du maïs que les trois genres Fusarium, Aspergillus, et Penicillium sont dominants mais avec des proportions variables. Aziz et al. (2000) ont également constaté que Fusarium est le champignon le prédominant sur le maïs, l'orge et le blé.

Parmi ces champignons cités, le genre *Fusarium* a été identifié dans tous les échantillons de blé, maïs et riz analysés. L'identification morphologique a permis de montrer l'implication de 5 espèces de *Fusarium spp.* à savoirs ***: F.Verticilloide ; F. Crookwellense F. proliferatum ; F. sporotrichioies ; F.*Gibberalla fujikuroi*; F. accminatum.***

Les espèces de *Fusarium* spp. ont été retrouvés sur tous les échantillons étudiés, ce qui confirme des résultats obtenus précédemment en Algérie (Khoweild, 2016, CHelbak, 2021). Ces résultats sont aussi en accord avec ceux classiquement obtenus dans les pays du nord de l'Europe comme le nord de la France, l'Allemagne, la Norvège, la Belgique, la Pologne ou les Pays-Bas (Isebaert et *al.,* 2005 ; Krysinska-Traczyk et *al.,* 2007 ; Shothorst et *al.,* 2004 ; Schollenberger et *al.,* 2006).

L'espèce *F. verticillioides* présentait une fréquence d'apparition élevée sur la majorité des échantillons de maïs , c'est un agent pathogène important du maïs qui peut causer la pourriture rose de l'épi (Leslie et Summerell, 2006). Cette maladie est plus fréquente dans les zones les plus chaudes et sèches, par rapport à la pourriture rouge de l'épi causé par Fusarium graminearum (Gibberella zeae) (Munkvold, 2003), ce qui explique le taux élevé d'apparition de F. subglutinans, F. *verticillioides et F. sporotrichioides* dans les échantillons du sud ou le climat est aride ou semi-aride. De plus, F. verticillioides et dans une certaine mesure *F. sporotrichioides* ont été signalés comme les espèces les prédominent en Tunisie, au Maroc, en Espagne, en Italie, et en Amérique du Sud (Chulze et al., 1996 ; Bottalico, 1998; Castella et al., 1999 ; Houmairi et al., 2018 ; Jedidi et al., 2021).

L'espèce *Fusarium fujikuroi* présentait une fréquence d'apparition élevée sur les deux échantillons de riz, c'est un agent pathogène important du riz qui peut causer la pourriture rose de l'épi.

En effet, La production du riz au Burkina Faso est limitée par certaines maladies fongiques transmises par les espèces du genre Fusarium. A cet effet, l'importance de ces champignons a été évaluée sur 59 échantillons provenant de 7 variétés de riz par la méthode du papier buvard. Fusarium spp. a été identifié dans 81,35% des échantillons à des taux d'infection de 1 à 41%. Fusarium spp. est présent dans toutes les zones agroécologiques avec des taux de prévalence variant de 78,2 à 83,87% (Wendyam NIKIEMA, 2020).

Nous avons aussi relevé la présence du genre *Curvularia* avec ses deux espèces *Curvularia lunata* et *C. spicifera* et qui était très fréquent. Ce qui confirme les résultats obtenus par (Kusai et *al.,* 2016 ; Manamgoda et *al.*,2017 et Wise et *al.*,2017).

C*urvularia lunata* et *C. spicefira,* 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 du maïs, avec des pertes sérieuses pouvant atteindre jusqu'à 60 % **(**Chang et *al*., 2020) .

L'étude (Abalo Itolou KASSANKOGNO et al.,2021) a permis de décrire les symptômes foliaires de la Curvulariose et d'évaluer le pouvoir pathogène d'isolats de *Curvularia lunata* sur trois variétés de riz, cependant les 4 variétés de riz analysées dans notre étude n'ont pas montré de contamination par *curvularia* spp..

Le genre Aspergillus a été recensé avec une fréquence assez élevée, ce genre est associé à plusieurs cultures, telles que le blé, maïs et riz et l'infection peut entraîner la pourriture des grains de maïs Néanmoins, il existe des preuves qui suggèrent que certaines espèces d'Aspergillus colonisent les tissus végétaux en tant qu'endophytes. L'espèce A. flavus est connue depuis longtemps comme producteur des aflatoxines dans les grains céréales, tandis que d'autres espèces ont été associées à une mauvaise germination des graines et à une mauvaise croissance des semis (Terna et 2021).

Le potentiel toxinogène est défini par la capacité d'un champignon à produire des mycotoxines, de façon qualitative et quantitative (Ponts, 2005).

Afin de déceler une éventuelle capacité à produire des toxines, ces 3 isolats ont été cultivés sur un substrat à base de graines de riz.

Les résultats de la quantification par GC-MS des différentes toxines produites *in vitro* par les trois isolats de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*), *Fusarium verticillioides* et *Fusarium accminatum* confirment leur capacité à produire des toxines. L'échantillon 1 *Fusarium verticillioides* est l'isolat qui a présenté le plus de chromatogrammes avec des surfaces différentes montrant une diversité dans les concentrations en toxine differentes suivi par *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense)*. La plus faible quantité de toxine notée est chez *Fusarium accminatum isolés à partir du riz.* Ces chromatogrammes obtenus par GC-MS ne peuvent être utilisés qu'à titre qualitatif.

Conclusion

Les céréales telles que le blé, maïs et le riz constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins et africains.

Les recherches menées sur l'identification des espèces fongiques pathogènes responsables des contaminations de grains de ces trois céréales, et la connaissance des complexes d'espèces susceptibles d'infecter les grains est essentielle pour aider les sélectionneurs à orienter leur recherche vers des variétés plus adaptées pour un meilleur comportement aux maladies et détecter les types de mycotoxines qui y sont associées.

Le but de cette étude était d'évaluer l'état phytosanitaire des semences de blé, maïs et le riz, et de chercher les principaux genres fongiques contaminant les grains du maïs, et la caractérisation d'une collection de Fusarium spp. Du point de vue contamination fongique nos résultats ont révélé que la mycoflore était diversifiée, 8 principaux genres ont été identifiés dont le genre ***Fusarium, Aspergillus, Alternaria et Penicillim*** sont les plus importants. L'apparition de ces genres de champignons dans les semences des trois céréales analysées dans notre étude a été rapportée dans plusieurs études dans de nombreux pays, en Europe en Afrique du Sud, en Égypte, et notamment dans des pays voisins, au Maroc.

Par la suite **33** espèces de ***Fusarium*** ont été isolées et identifiées à partir des semences blé, maïs et le riz sur la base de leurs critères morphologiques.

Parmi elles, ***F. verticillioides, F. accminatum et F. Crookwellense*** étaient les plus répandus. Ces espèces ont été connues depuis longtemps comme colonisatrices de la semence du maïs, blé et maïs en plus ce sont les agents responsables des maladies de la pourriture de la tige et des épis (pourriture rose).

Les résultats obtenus par GC-MS révèlent clairement le potentiel toxinogène des isolats **de *F. cerealis* (Syn. *F. crookwellense*) *Fusarium verticillioides* et *Fusarium accminatum.***

Dans la continuité de ce travail, il serait 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 fongique de ces trois céréales. Pour cela, il est nécessaire de tester la pathogénicité des espèces fongiques isolées à partir des semences, ***Fusarium*** en particulier. Ces derniers devraient être identifiés sur la base d'analyses

moléculaires, car les caractéristiques morphologiques ne permettent pas de distinguer ces espèces, surtout entre les espèces du complexe ***Gibberella fujikuroi*** et une analyse plus large des mycotoxines.

Références bibliographiques

Abalo Itolou Kassankogno, Adama Zongo, Kadougoudiou Abdourasmane Konate, Abdoulaye Nana, Soumana Kone, Elise Sanon,2021. Evaluation Des Performances Agronomiques Et Du Comportement De 11 Hybrides Et De 3 Lignées De Sorgho (Sorghum Bicolor (L) Moench) A l'Anthracnose A La Station De Farako-Bâ A l'Ouest Du Burkina Faso. *European Scientific Journal, ESJ.* Vol.18, No.40 .102-118 p.

ABDI, Y. 2015. Distribution Spatiale Des Maladies Fongiques Du Blé Dur (Triticum Durum Desf) Et Effet De La Fusariose Sur Le Rendement En Zones Semi Arides De Sétif. Mémoire Magister : Génétique Et Amélioration Des Plantes. Sétif : Université Ferhat ABBAS Sétif 1, 112p.

Abis, S. 2015. Le blé au cœur des enjeux géostratégiques mondiaux. *Géopolitique de l'agriculture*,04 juin, vol.156, n. 1, p. 125-137.

Adel, K. Madbouly, 2014. Control Of Fusarium Wilt Of Tomato In The Greenhouse Using Silver Nanofungicides. *Novel Research In Microbiology Journal.*

Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26-27, 398-401p.

Alexandre, R. Rocha, Víctor M. García-Suárez, Steve W. Bailey, Colin J. Lambert, Jaime Ferrer, Stefano Sanvito, 2005. Towards Molecular Spintronics. *Nature Materials*. 335–339 p.

Amadou , M., Bèyaminata Bâ Mbaye, 1998. Manuel De Formation Sur Les Normes Et Les Techniques De Production De Semences De Riz. Institut Scnégalais De Recherches Agricoles , Dakar, 93 P.

And Moisture To Gibberella Zeae Perithecial Development In A Controlled Environment. P.

Angladette A., 1966. Le Riz. Techniques Agricoles Et Productions Tropicales. Les Cahiers d'Outre-Mer , 219 p.

Anonyme, 2020. L'origine Des Blés Modernes Révélée. INRAE. Disponible Sur : Https://Www.Inrae.Fr/Actualites/Lorigine-Bles-Modernes-Revelee Date De Consultation : 20/04/2024.

Anonyme, 2024. Le Rendement Du Blé Tendre Chuterait De 13% A 64 Quintaux Par Hectare.Lafranceagricole. Disponible Sur :

Https://Www.Lafranceagricole.Fr/Moisson/Article/869363/Le-Rendement-Du-Ble-Tendre-Chute-De-13-A-64-Q-Ha : Date De Consultation : 12/04/2024.

Aouali S. Et Douici-Khalfi A., 2009. Recueil Des Principales Maladies Fongiques Des Céréales En Algérie : Symptômes, Développement Et Moyens De Lutte ; ITGC, EL Harrach, Alger. P 56.

Aziz, N. H., El-Far, F. M., Shahin, A. A. M., & Roushy, S. M. (2007). Control Of Fusarium Moulds And Fumonisin B1 In Seeds By Gamma-Irradiation. Food Control, 18(11), 1337–1342.

B. M. Bashyal, Rashmi Aggarwal, Sapna Sharma, Sangeeta Gupta, Kirti Rawat, Dhiraj Singh, A. K. Singh , S. Gopala Krishnan, 2016. Occurrence, Identification And Pathogenicity Of Fusarium Species Associated With Bakanae Disease Of Basmati Rice In India. *European Journal Of Plant Pathology*, 144(2), 457–466.

Bada L. (2007). Variabilité Génotypique Du Blé Dur (*Triticum Durum Desf.)* Vis-A-Vis De La Nuisibilité Directe Du Brome (*Bromus Rubens L.*) En Conditions Semi-Arides. Mémoire Magister : Université El Hadj Lakhder de Batna. 46 p.

Bailey, K.L.Couture, L., Gossen, B.D., Gugel, R.K., & Morrall, R.A.A. (2004). Maladies Des Grandes Cultures Au Canada. Société Canadienne De Phytopathologie, 318.

Baldy C., 1984. Utilisation Efficace De L'eau Par La Végétation En Climat Méditerranéen. Bull. Soc. Bot. Fr. 131 : 441-444.

Bartók T., Szécsi Á., Szekeres A., Mesterházy Á., Bartók M. (2006). Detection Of New Fumonisin Mycotoxins And Fumonisin-Like Compounds By Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography/Electrospray Ionization Ion Trap Mass Spectrometry. Rapid Communications *In* Mass Spectrometry, 20(16), 2447–2462.

Battisti, C., Luiselli, L., & Teofili, C. (2009). Quantifying Threats In A Mediterranean Wetland: Are There Any Changes In Their Evaluation During A Training Course? Biodiversity And Conservation, 18, 3053–3060 p.

Bekele Shiferaw , Melinda Smale , Hans-Joachim Braun ,Etienne Duveiller ,Mathew Reynolds , Geoffrey Muricho, 2013. Crops That Feed The World 10. Past Successes And Futurechallenges To The Role Played By Wheat In Global Food Security. Food Sec., 5:291-317p.

Belaid Dj., 1996. Aspects De La Céréaliculture Algérienne. Offices De Publications Universitaires. 203p.

BELYAGOUBI, L.2006. Effet De Quelques Essences Végétales Sur La Croissance Des Moisissures De Détérioration De Céréale. Magistère :Université Aboubekr Belkaid, 110 p.

Benmehidi O., Boukaabache Y., 2018. Pépinière Des Principales Maladies Fongiques Du Blé Dur Dans La Région De Constantine. Mémoire De Master : Biologie Et Physiologie Végétale. Constantine: Université Des Frères Mentouri Constantine, 87p.

Bérubé M E., 2010. Effet Du Gluphosate Sur La Fusariose De L'épi Chez Le Blé Et L'orge Selon Différents Travaux Du Sol, Mémoire Pour L'obtention Du Grade De Maitre En Science : Université Lavel, Qubec.131p.

Birgiwa G., Adipala E. & Esele P. 1997. Sorghum Downy Mildew:A Disease Of Maize, Sorghum And Johnson Grass In Uganda.African Crop Science Conference Proc., 3, 933-937

Bonjean A, 2011. Histoire De La Culture Des Céréales Et En Particulier De Celle Du Blé Tendre, Dossier De L'Environnement De L'INRA N°21.

Bottalico, A., Perrone, G. 2002. Toxigenic Fusarium Speciesand Mycotoxins Associated With Head Blight In Small-Graincereals In Europe. European Journal Of Plant Pathology,108, 611 – 624.

Botton B., Bretton A.,Feuvere M.,Guy Ph.,Larpent JP.,Veau P.1985. Moisissures Utile Et Nuisible, Importance Industrielle. Biotechnologie .Masson .139-145pp.

Boulal Hakim, Zoghouane Omar, El Mourid Mohammed, Rezgui Salah ,2007. Guide Pratique Du Conduit Des Céréales D'automne (Blés, Orge Et L'avoine) Dans Le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), 20 P.

Bounar R., 2009. Etude Des Potentialités Biologiques, Cartographie Et Aménagement De La Chaîne Des Babors Dans La Démarche Du Développement Durable.Thése De Doctorat , Université Ferhat Abbas Sétif-1,Algérie ; 141P.

BOUZERA Razika, 2020. Le Rôle Des Céréales Dans La Sécurité Alimentaire : Cas Du Blé. Mémoire De Master, Université A. MIRA – Béjaia, Algérie, 61p.

Carlos Henry Loáisiga, Agnese Kolodinska Brantestam, Oscar Diaz, Björn Salomon & Arnulf Merker, 2011. Genetic Diversity In Seven Populations Of Nicaraguan Teosinte (Zea

Nicaraguensis Iltis Et Benz) As Estimated By Microsatellite Variation. *Genetic Resources And Crop Evolution* : 58, 1021–1028.

CARVER B.F. 2009. Wheat Science And Trade. Ed. Wiley-Blackwell. 6-160 P.

Carver, B. F., 2009. Wheat: Science And Trade. *World Agriculture Series* ; 4 : 616 Pp.

Champion R., 1997. Identifier Les Champignons Transmis Par Les Semences. Ed : INRA. Paris.398pp.

Chang X., Yan L., Naeem, M., Khaskheli M. I., Zhang H., Gong G., Chen W. (2020). *Maize/Soybean Relay Strip Intercropping Reduces The Occurrence Of Fusarium Root Rot And Changes The Diversity Of The Pathogenic Fusarium Species. Pathogens, 9(3), 211.*

Changlin Liu,Ming Kong, Jinjie Zhu, Xiantao Qi, Canxing Duan, Chuanxiao Xie, 2022. Engineering Null Mutants In *Zmfer1* Confers Resistance To Ear Rot Caused By *Fusarium Verticillioides* In Maize. *Plant Biotechnol J.* ; 20(11): 2045–2047.

Chi Sung Jeon, Gyoung Hee Kim, Kyeong In Son, Jae-Seoun Hur, Kwon-Seok Jeon,3 Jun-Hyuck Yoon, Young Jin Koh , 2013. Root Rot Of Balloon Flower (*Platycodon Grandiflorum*) Caused By *Fusarium Solani* And *Fusarium Oxysporum. Plant Pathol J.,* 29(4): 440–445pp.

Chiotta M. L., Fumero, M. V., Cendoya, E., Palazzini, J. M., Alaniz-Zanon, M. S., Ramirez, M. L., & Chulze, S. N. (2020). Toxigenic Fungal Species And Natural Occurrence Of Mycotoxins In Crops Harvested In Argentina. Revista Argentina De Microbiología.

Christian Ripert,2013. Mycologie Médicale.Ed. Lavoisier Tec & Doc :690P.

Christie E. Williams , Dina A. St. Clair , 1993. Phenetic Relationships And Levels Of Variability Detected By Restriction Fragment Length Polymorphism And Random Amplified Polymorphic DNA Analysis Of Cultivated And Wild Accessions Of *Lycopersicon Esculentum.*Genome : 36(3).

CLAVEL A.J. 2006. Diagnostic Des Accidents Du Blé Dur . ARVALIS Institut Du - Végétal. Paris. 105p.

Cromey, M.G., Shorter, S.C., Lauren, D.R., Et Sinclair, K.I.,2002. Cultivar And Crop Management Influences On Fusarium Head Blight And Mycotoxins In Spring Wheat(Triticum Aestivum) In New Zealand. New Zealand Journal Of Crop And Horticultural Science 30: 235-247.

Debnath M., Sultana A., & Rashid A. 2012. Effect Of Seed-Borne Fungi On The Germinating Seeds And Their Bio-Control In Maize. Journal Of Environmental Science And Natural Resources, 5(1), 117–120.

Desjardins, A. E., Manandhar, G., Plattner, R. D., Maragos, C. M., Shrestha, K., & Mccormick, S. P. 2000. Occurrence Offusariumspecies And Mycotoxins In Nepalese Maize And Wheat And The Effect Of Traditional Processing Methods On Mycotoxin Levels. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry,* 48(4), 1377–1383.

Dickinson C.H.Lucas John A.,1998. Plant Pathology And Plant Pathogens - Couverture Souple.Ed. Blackwell Science Ltd, 237p.

Disponibilité Du Phosphore Dans La Rhizosphère. Thèse Ingéniorat. ENSA. EL

Djamel Belaid, 2016 . Le Semis Direct, Une Opportunité De Développement. *Revue Agriculture.* Numéro Spécial 1 : 146 – 151.

D'Mello, J.P.F. ,1997.(Ed.), Handbook Of Plant And Fungal Toxicants. CRC Press, Boca Raton, FL, 269-285 Pp**.**

Dufault, N., E. De Wolf, P. Lipps, And L. Madden. 2002. Relationship Of Temperature

E Nevo, AB Korol, A Beiles And T Fahima. Evolution Of Wild Emmer And Wheat Improvement Springer-Verlag, Heidelberg; 2002. 364 Pp.

Elazegui F.A. & Exconde O.R. 1973. Host-Parasite Relationship Inhelminthosporium Leaf Spot Of Sorghum. Phil. Agric., LVII,210-218.

Elazegui F.A. , Exconde O.R. 1973. Host-Parasite Relationship Inhelminthosporium Leaf Spot Of Sorghum. Phil. Agric., LVII,210-218.

Fazekas B., Tar A.K., Zomborszky-Kovács M., (2002) . Ochratoxin A Contamination Of Cereal Grains And Coffee In Hungary In The Year 2001, Acta Vet Hung., 50 (2), 177-188.

Feillet P., 2000. Le Grain De Blé (Composition Et Utilisation), Ed . INRA, P57-281

Francl L., Shaner G., Bergstrom G., Gilbert,J., Pedersen, W., Dill-Macky R., Wiersma J. (1999). *Daily Inoculum Levels Of Gibberella Zeae On Wheat Spikes. Plant Disease, 83(7), 662–666.*

Gacem M.A. 2011. Contribution A L'étude De L'activité Antifongique Et Antimycotoxinogéne Des Extraits Méthanolique Et Aqueux Des Graines De *Citrullus*

Colocynthis Sur La Croissance De Quelque Moisissure D'altération De Blé Tendre Stocké. Mémoire De Magister, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Algérie, 149p.

Galie, N., Manes, A., Negro, L., Palazzini, M., Bacchi-Reggiani, M. L., & Branzi, A. (2008). A Meta-Analysis Of Randomized Controlled Trials In Pulmonary Arterial Hypertension. European Heart Journal, 30(4), 394–403.

Gary P Munkvold ,2003. Cultural And Genetic Approaches To Managing Mycotoxins In Maize. *Annu Rev Phytopathol*:41:99-116 p.

Gate P., 1995.Ecophysiologie Du Blé : De La Plante A La Culture In: Techniques & Documentation Lavoisier, Paris. 429 P.

Gauthier, L. 2015. Approche métabolomique pour la compréhension des mécanismes de résistance à *Fusarium graminearum* et accumulation de trichothécènes chez le maïs. Thèse de doctorat. université de bordeaux.192 p.

Gigot ,C. 2009. Progression de la septoriose du blé au sein d'associations culturales sous l'action de la pluie. Mémoire de stage présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome. Option Protection des plantes et Environnement. Ecole de rattachement : Montpellier Sup Agro. 41 p.

GLYNN, N. C., HARE, M. C., PARRY, D. W., & EDWARDS, S. G. 2005. Phylogenetic Analysis Of EF-1 Alpha Gene Sequences From Isolates Of Microdochium Nivale Leads To Elevation Of Varieties Majus And Nivale To Species Status. Mycological Research, 109, 872–880.

Goldringer I., Bonnin I., David J., 2013. Rôle De La Sélection Dans La Dynamique De La Diversité Des Blés Cultivés : De La Domestication A La Sélection Moderne Au 20ème Siècle. *Innovations Agronomiques* 29, 1-15.

Gupta R., Vakhlu J. (2015). Native Bacillus Amyloliquefaciens W2 As A Potential Biocontrol For Fusarium Oxysporum R1 Causing Corm Rot Of Crocus Sativus. European Journal Of Plant Pathology, 143(1), 123–131.HARRACH. Alger, 5-18p

Haudry A, Cenci A, Ravel C, Bataillon T, Brunel D, Poncet C, Hochu I, Poirier S, Santoni S, Glémin S Et David J, 2007. Grinding Up Wheat: A Massive Loss Of Nucleotide Diversity Since Domestication Mol. Biol. Evol. 24(7):1506–1517.

Hu J.,Eriksson L., Bergman A.,Jakobsson, E. Kolehmainen, E. Knuutinen J., 2005. Molecular Orbital Studies On Brominated Diphenyl Ethers.Part 2-Reactivity And Quantitative Structure-Activity(Property) Relationshops.Chemosphere 59,1043-1047.

Hubert P., 1978. Recueil De Fiches Techniques d'Agriculture Spéciale A L'usage Des.

Imadalou, S. 2024. Avec des prévisions d'achat de plus de 7 millions de tonnes : L'Algérie, 5e importateur mondial de blé tendre en 2024[en ligne]. [Consulté en Mai 2024]. https://elwatan-dz.com/avec-des-previsions-dachat-de-plus-de-7-millions-de-tonnes-lalgerie-5e-importateur-mondial-de-ble-tendre-en-2024.

I.N.R.A.E.2020. L'origine des blés modernes révélée [en ligne]. [Consulté en Mai 2024]. https://www.inrae.fr/actualites/lorigine-bles-modernes-revelee.

Ioos, R., Belhadj, A. & Menez, M. 2004. Occurrence And Distribution Of Microdochiumnivale And Fusarium Species Isolated From Barley, Durum And Soft Wheat Grains In Francefrom 2000 To 2002. Mycopathologia, 158, 351-362.

Iram Et Merieme .2013. Essai De L'association Légumineuse Céréales (Mais) Sur La

Jedidi, I., Jurado, M., Cruz, A., Trabelsi, M. M., Said, S., & González-Jaén, M.T.,202. Phylogenetic Analysis And Growth Profiles Of Fusarium Incarnatum-Equiseti Species Complex Strains Isolated From Tunisian Cereals. International Journal Of Food Microbiology, 353, 109297.

Jérémy Denieulle ,2023. Accentuation De L'écart Entre La Production Et De La Consommation De Blé En Égypte (1961–2020). Geoconfluence. Disponible Sur : Https://Geoconfluences.Ens-Lyon.Fr/Images/Img-Ress-Eau-Energie-Matiere/Img-Denieulle/Chart-Conso-Prod-Ble-Egypte.Png/View : Date De Consultation 23/01/2024.

KABORE C., 2001. Les Acteurs De La Filière Bois-Energie Dans Le Contexte De La Libéralisation Des Prix Du Bois Et De La Décentralisation. In : Atelier Sur La Filière Bois-Energie Dans Le Contexte De La Libéralisation Des Prix Du Bois Et De La Décentralisation Au Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso.

Khan, S.H., Idress, M., Muhammad, F., Mahmood, A. Et Zaidi, S.H. 2004. Incidence Of Shisham (Dalbergia Sissoo Roxb.) Decline And In Vitro Response Of Isolated Fungus Spp., To Various Fungicides. International Journal Of Agriculture And Biology 6: 611-614.

Khenioui A., 2011. Impact Des Rotations Sur L'infestation Des Cultures De Céréales Et De La Pomme De Terre Par Les Nématodes A Kyste Du Genre Heterodera Et Globodera Dans La

Région De Mila. Mémoire D'ingénieur En Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Elharrach, Alger, 88p.

Kikot, G. E., Hours, R. A., & Alconada, T. M. (2009). Contribution Of Cell Wall Degrading Enzymes To Pathogenesis Offusarium Graminearum: A Review. Journal Of Basic Microbiology, 49(3), 231–241.

Klich M. A., Cary J. W., Beltz S. B., Bennett C. A. (2003). Phylogenetic And Morphological Analysis Of Aspergillus Ochraceoroseus. Mycologia, 95(6), 1252–1260.

Kucharek T. 1992. Foliar And Head Diseases Of Sorghum In Florida.Florida Cooperative Extensen Service/Institute Of Food Andagricultural Sciences/University Of Florida, Gainesville. US.Circular-1073p.

Lacharme M. 2001. Mémento Technique De Riziculture Pour La Vallée Du Fleuve Sénégal. Fascicule 5: La Gestion De L'irrigation Des Rizières. 11 P.

Laraba Et *Al*., (2017). Population Genetic Structure And Mycotoxin Potential Of The Wheat Crown Rot And Head Blight Pathogen *Fusarium Culmorum* In Algeria. Fungal Genet Biol 103:34-41.

Leslie J.F., Summerell B.A.2006. The *Fusarium* Laboratory Manual , Blackwell Publishing.369 p.

Li-Jun Ma , David M. Geiser , Robert H. Proctor , Alejandro P. Rooney , Kerry O'Donnell , Frances Trail , Donald M. Gardiner , John M. Manners, Kemal Kazan , 2013. Fusarium Pathogenomics. *Annual Review Of Microbiology,* 67:399-416.

Lobell D.B., Bänziger M, Magorokosho C, Vivek B.,2011. Nonlinear Heat Effects On African Maize As Evidenced By Historical Yield Trials. Nature Climate Change 1: 42–45 .
Lycées Agricoles A Madagascar. BDPA.
M.A.D.R. 2021. Statistique Agricole :Superficies er productions. [en ligne]. [Consulté en Mai 2024]. https://madr.gov.dz/wp-content/uploads/2022/04/SERIE-B-2019.pdf.

M.Brink ,G.Belay ,2006. Ressources Végétales De l'Afrique Tropicale 1. Céréales Et Légumes Secs. Foundation PROTA/Backhuys Publishers/CTA, Pays-Bas, Wageningen.

Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. Et Janardhan Reddy K. 2006. Printed In The Netherlands.Physiology And Molecular Biology Of Stress Tolerance In Plants. Springer: 1-14p.

Mahideb N., Merrouche H., 2015. Etude Des Moisissures Potentiellement Productrices De Mycotoxines Isolées A Partir Des Grains De Blé Dur (Traités Et Non Traités).Mémoire De Master, Université Des Frères Mentouri Constantine , Algérie, 107p.

Maldonado-Ramirez S. L., Schmale D. G., Shields E. J., Bergstrom G. C. (2005). The Relative Abundance Of Viable Spores Of Gibberella Zeae In The Planetary Boundary Layer Suggests The Role Of Long-Distance Transport In Regional Epidemics Of Fusarium Head Blight. Agricultural And Forest Meteorology, 132(1-2), 20–27.

Matarese F., Sarrocco S., Gruber S., Seidl-Seiboth V., Vannacci G. 2011. Biocontrol Of Fusarium Head Blight: Interactions Between Trichoderma And Mycotoxigenic Fusarium. Microbiology, 158(1), 98–106.

Mathieu C.H. (2010). Evolution Des Génomes Du Blé (Genre Aegilops Et Triticum) Au Sein Des Poaceae. Thèse De Doctorat, Ecole Doctorale GAO : Université d'Evry d'Essonne, 12p.

MC MULLEN, M., JONES, R. & GALLENBERG, D. 1997. Scab Of Wheat And Barley: A Reemerging Disease Of Devastating Impact. Plant Disease, 81, 1340-1348 .

Mcmullen M., Halley S., Schatz B., Meyer S., Jordahl J., Ransom J. (2008). Integrated Strategies For Fusarium Head Blight Management In The United States. Cereal Research Communications, 36(Supplement 6), 563–568.

Miller, S. S., Reid, L. M., & Harris, L. J. (2007). *Colonization Of Maize Silks By Fusarium Graminearum, The Causative Organism Of Gibberella Ear Rot. Canadian Journal Of Botany, 85(4), 369–376.*

Mishra, A., 2010: Research Trends In Management Issues Of Global Software Development: Evaluating The Past To Envision The Future. Journal Of Global Information Technology Management 14(4), 48-69.

Mohamed Naili, 2013. Production Du Maïs Pour Réduire Les Importations: L'Algérie Défie Le Marché Mondial, Mais A Quel Prix?. Vitaminedz. Disponible Sur : Https://Www.Vitaminedz.Com/Fr/Algerie/Production-Du-Mais-Pour-Reduire-Les-119335-Photos-0-679-1.Html : Date De Consultation : 10/03/2024.

Mokabli A., 2002. Biologie Des Nématodes A Kystes (Heterodera) Des Céréales En Algérie. Virulence De Quelques Populations A L'égard De Diverses Variétés Et Lignées De Céréales. Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach. 63p.

Moule C., (1971). Céréales 2. Phytotechnie Spéciale. Ed. La Maison Rustique, Paris, 236p.
Henry Y., J.Buyser .,2000 . L´Origine Du Blé .Pour La Science 26 : 60-62.

N. Magan, M.Olsen,2004. Mycotoxins In Food: Detection And Control.53p.

Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Et Marasas, W.F.O. 1983. Fusarium Species, An Illustrated Manual For Identification. The Pennsyvannia University Press, London.

Nielsen, R.2001. Grain fill stages in corn. Purdue University. Department of Agronomy.

Odhav B., Naicker V., (2002), Mycotoxins In South African Traditionally Brewed Beers, Food Addit. Contam., 19 (1), 55-61.

Parker M.L., Ng A., Waldron K.W. 2005. The Phenolic Acid And Polysaccharide Composition Of Cell Walls Of Bran Layers Of Mature Wheat (*Triticum Aestivum* L. Cv. Avalon) Grains. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 85, 2539-2547.
Parry, D. W., Jenkinson, P., & Mcleod, L. 1995. Fusarium Ear Blight (Scab) In Small Grain Cereals. *Plant Pathology*, 44(2), 207–238.

Placinta, C., D'Mello ,J. P., Macdonald A. M. 1999. A Review Of Worldwide Contamination Of Cereal Grains And Animal Feed With Fusarium Mycotoxins. Animal Feed Science And Technology, 78(1-2), 21–37 p.

PONTS, N. 2005. Influence De Stress Oxydatifs Sur La Biosynthèse De Mycotoxines De Fusarium Spp. Contaminantes De L'épi De Maïs. Bordeaux :Université Bordeaux 1: 415.

Raghu S., Yadav Manoj K., Prabhukarthikeyan S.R., Baite Mathew S., Lenka Srikanta, Jena Mayabini, 2018. Occurance, Pathogenicity, Characterization Of Fusarium Fujikuroi Causing Rice Bakanae Disease From Odisha And In Vitro Management. Oryza ,55(1) :214-223pp.

Reid L.M., Sinha R.C. 1998. Maize Maturity And The Development Of Giberrella Ear Rot Symptoms And Deoxynivalenol After Inoculation. Eur J Plant Pathol 104:147–154.

Renou M. (2014). L'identité Professionnelle Des Psychoéducateurs : Une Analyse, Une Conception, Une Histoire. Longueuil, Québec : Béliveau Editeur.

Rheederj. P., Marasas W. F. O., Vismer H. F. (2002). Production Of Fumonisin Analogs By Fusarium Species. Applied And Environmental Microbiology, 68(5), 2101–2105.

Rohacik T. & Hudec K. 2005. Influence Of Agro-Environmental Factors On Fusariuminfestation And Population Structure In Wheat Kernels. Annals Of Agricultural And Environmental Medicine, 12, 39-45.

Rozet. H, 1833 . Voyage Dans La Régence d'Alger. - Paris.

S.M. Canty, J. Lewis, L. Diler, And R.W. Ward (Ed.) Proc. Of The National *Fusarium* Head Blight Forum, Erlanger, KY. 7–9 Dec. 2002. Michigan State Univ., East Lansing.

SAED, Africarice, ISRA, JICA. 2011. Manuel Pratique De Riziculture Irriguée Dans La Vallée Du Fleuve Sénégal. Version 2, 118p

Salah B., 2023. Production Et Importation De Blé – Algérie : Quelle Stratégie Pour 2023 ?. Algerie360 . Disponible Sur : Https://Www.Algerie360.Com/Production-Et-Importation-De-Ble-Algerie-Quelle-Strategie-Pour-2023/ : Date De Consultation 12/12/2023.

Samira Imadalou, 2024. Avec Des Prévisions D'achat De Plus De 7 Millions De Tonnes : L'Algérie, 5e Importateur Mondial De Blé Tendre En 2024. Elwatan-Dz. Disponible Sur : Https://Elwatan-Dz.Com/Avec-Des-Previsions-Dachat-De-Plus-De-7-Millions-De-Tonnes-Lalgerie-5e-Importateur-Mondial-De-Ble-Tendre-En-2024 : Date De Consultation 19/02/2024.

Schaafsma A. W., Hooker D. C. (2007). Climatic Models To Predict Occurrence Of Fusarium Toxins In Wheat And Maize. International Journal Of Food Microbiology, 119(1-2), 116–125.

Schisler, D.A. Khan, N.I., Boehm, M.J., Et Slininger, P.J. 2002. Greenhouse And Field Evaluation Of Biological Control Of Fusarium Head Blight On Durum Wheat. Plant Disease 86: 1350- 1356 p.

Schollenberger M., Muller H.M., Rufle M., Terry-Jara H., Suchy S.,Plank S. & Drochner W. 2007. Natural Occurrence Of Fusariumtoxins In Soy Foodmarketed In Germany. International Journal Of Food Microbiology, 113, 142-146p.

Schollenberger M., Muller H.M., Rufle M., Terry-Jara H., Suchy S.,Plank S. & Drochner W., 2007. Natural Occurrence Of Fusariumtoxins In Soy Foodmarketed In Germany. International Journal Of Food Microbiology, 113, 142-146 p .

Sébastien, A. 2015. Géopolitique Du Blé : Un Produit Vital Pour La Sécurité Mondiale. . Paris, Institut De Relations Internationales Et Stratégiques / Armand Colin, Coll. « Enjeux Stratégiques », 270 P.

Sébastien Pons ,2010 . Importance Du Choix Variétal Dans La Maîtrise Des Niveaux De Contamination En Trichothécènes B Des Récoltes De Maïs.

S.E.M.A.E. 2024. Dossier Espèces et Utilisations : Mais. [en ligne]. [Consulté en Mai 2024]. https://www.semae-pedagogie.org/sujet/mais-origine-caracteristiques/.

Setter T.L., Carlton G. 2000. The Structure And Development Of The Cereal Plant. In The Wheat Book - Principles And Practice, W.K. Anderson, J.R. Garlinge, Eds. (Agriculture Western Australia), Pp. 23-36.

Seyed Soheil Ghaemmaghami, Mehrdad Modirsaneii, Ali Reza Khosravi, Mehdi Razzaghi-Abyaneh ,2016. Study On Mycoflora Of Poultry Feed Ingredients And Finished Feed In Iran. Iran J Microbiol.; 8(1): 47–54.

Shaner, G. E. 2003. Epidemiology Of Fusarium Head Blight Of Small Grain Cereals In North America. Pages 84-119 In: Fusarium Head Blight Of Wheat And Barley. K. J. Leonard And W. R. Bushnell, Eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

Siame B.A., Mpuchane S.F., Gashe B.A., Allotey J., Teffera G., (1998), Occurrence Of Aflatoxins, Fumonisin B1 And Zearalenone In Foods And Feeds In Bostwana, J. Food Prot., 61 (12), 1670-1673.

Sié M., Dogbé S. Et Diatta M. (2009). Sélection Variétale Participative Du Riz (Manuel Du Technicien). ADRAO

SIMPSON, D.R., THOMSETT, M.A., ET NICHOLSON, P. 2004. Competitive Interactions Between Microdochium Nivale Var. Majus, M. Nivale Var. Nivale And Fusarium Culmorum In Planta And In Vitro. Environmental Microbiology 6: 79-87.

SUN Z. X. And ZHENG K. L., 1990. Somaclonal Variation In Rice. In : BAJAJ Y.P.S. (Ed.), Biotechnology In Agriculture And Forestrv. Il : 288-325. Springerverlag, Berlin Heidelberg.

Surget A., C. Barron , 2005. Histologie Du Grain De Blé. Industrie Des Céréales 145:3–7.

Talas F., Wuerschum T., Reif J. C., Parzies, H. K., Miedaner T. (2012). Association Of Single Nucleotide Polymorphic Sites In Candidate Genes With Aggressiveness And Deoxynivalenol Production In Fusarium Graminearum Causing Wheat Head Blight. *BMC Genetics* ,13:14 ;1-10pp.

Tersoo P. Terna, Nik Mohd Izham Mohamed Nor , Latiffah Zakaria, 2021. Histopathology Of Corn Plants Infected By Endophytic Fungi. *Biology* 11, 641.

Thuillet AC, Bataillon T, Poirier S, Santoni S Et David JL, 2004. Estimation Of Long-Term Effective Population Sizes Through The History Of Durum Wheat Using Microsatellite. Datagenetics 169 : 1589 99.

TIZIOUALOU GHAZIA,2009. Recherche De Marqueurs De La Spécialisation Parasitaire De Pyrenophora Tritici-Repentis (Died.) Drechs., Agent De La Tache Bronzée Sur Blé Dur (Triticum Durum Desf.) Et Blé Tendre (Triticum Aestivum L.).Mémoire De Magister , Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, Algérie ; 91P.

Touati-Hattab, S., Barreau, C., Verdal-Bonnin, M.-N., Chereau, S., Richard-Forget, F., Hadjout, S., L.Mekliche , Z. Bouznad (2016). Pathogenicity And Trichothecenes Production Of *Fusarium Culmorum* Strains Causing Head Blight On Wheat And Evaluation Of Resistance Of The Varieties Cultivated In Algeria. European Journal Of Plant Pathology, 145(4), 797–814.

Trail F., Gaffoor I., Vogel S. 2005. Ejection Mechanics And Trajectory Of The Ascospores Of Gibberella Zeae (Anamorph Fusarium Graminearum). *Fungal Genetics And Biology:* 42:528-533

Traoré S., Zerbo L., Schmidt M., & Thiombiano L. (2012). Acacia Communities And Species Responses To Soil And Climate Gradients In The Sudano-Sahelian Zone Of West Africa. Journal Of Arid Environments, 87, 144–152.

USAID .1984. L'helminthosporiose Du Maïs, Drechslera Maydis(Nisikado) Subram. Et Jain Ou Helminthosporium Maydisnisikado, Stade Parfait: Cochliobolus Heterostrophus(Drech.) Drech. In : Projet De Lutte Intégrée Contre Lesennemis Des Principales Cultures Vivrières, Burkina. Annexeg1/PV/CILSS. G1.P-03.

V. Phalip, F. Goubet, R.Carapito, J.M. Jeltsch,2009. Plant Cell Wall Degradation With A Powerful Fusarium Graminearum Enzymatic Arsenal. *Journal Of Microbiology And Biotechnology :* Volume 19 Issue 6, Pages.573-581.

Vargas E.A., Preis R.A., Castro L., Silva C.M., (2001), Co-Occurrence Of Aflatoxins B1, B2, G1, G2, Zearalenone And Fumonisin B1 In Brazilian Corn, Food Addit. Contam., 18 (11), 981-986.

Vincelli P. & Hershman D.E. 1995. Diseases Of Grain Sorghum.Department Of Plant Pathology, University Of Kentucky,PPA-29.

Visagie C. M., Houbraken J., Frisvad J. C., Hong S.-B., Klaassen C. H. W., Perrone G., Samson R. A. (2014). Identification And Nomenclature Of The Genus Penicillium. Studies In Mycology, 78, 343–371.

Waalwijk C., Kastelein P., Vries I.D., Kerenyi Z., Lee T.V.D., Hesselink T.,Kohl J. & Kema G. 2003. Major Changes In Fusarium Spp.In Wheat In The Netherlands. European Journal Of Plant Pathology, 109, 743-754.

Wanjiru, W. M.; Zhensheng, K.; Buchenauer, H.,2002. Importance Of Cell Wall Degrading Enzymes Produced By Fusarium Graminearum During Infection Of Wheat Heads. European Journal Of Plant Pathology, Heidelberg, V. 108, N. 8, P. 803- 810.

Woessner Raymond (2022), « Le Rôle Des Politiques Agricoles Face Aux Changements Globaux », In Libourel Éloïse Et Gonin Alexis, Agriculture Et Changements Globaux, Atlande. Disponible Sur : Https://Geoconfluences.Ens-Lyon.Fr/Images/Img-Ress-Eau-Energie-Matiere/Img-Denieulle/Chart-Conso-Prod-Ble-Egypte.Png/View : 23/01/2024.

Wrather A. & Sweets L. 1999. Management Of Grain Sorghumdiseases In Missouri., 4 P

Zaidi C. A., Benbelkacem A. Et Brinis L. (2018). Etude De Lignées De Blé Tendre Utilisées Dans Un Programme D'amélioration Génétique Pour La Résistance A La Rouille Jaune En Algérie. Synthèse : Revue Des Sciences Et De La Technologie. Vol. 36 : 21-31.

Zohary D Et Hopf M, 2000. Domestication Of Plants In Theold World. Oxford University Press, New York .

Annexe 1

1. Composition des différents milieux d'isolement et de culture

DCPA (Dichloran Chloramphenicol Peptone Agar)

Pour un litre de milieu

· peptone bactériologique : 15 g

· K2HPO4 : 1 g

· MgSO4.7H2O : 0,5 g

· Chloramphénicol : 0,2 g

· dichloran (2-6-dichloro-4-nitroaniline) en solution alcoolique* : 1ml.

· crystal violet en solution aqueuse** : 1 ml

· agar : 15 g

· H2O distillée : 1000 ml

* : 0.2 g de dichloran dans 100 ml d'éthanol

** : 50 mg de crystal violet dans 100 ml d'eau distillée

PDA (Potato Dextrose Agar)

Pour un litre de milieu

- Agar agar 20 g
- Pomme de terre 200 g
- Dextrose 20 g
- Eau distillée 1000 ml