



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Djokhdem othman & Guenou Abde rahim

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

Approche de lutte chimique vis-à-vis des
Fusarium spp. agents causaux de la fusariose du blé

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
AMARA Yasmine	MCB	Président
AMEUR Djamilia	MAA	Examineur
TOUATI-Hattab Sihem	MCB	Rapporteur

Promotion : Juillet- 2022

Titre du mémoire : Approche de lutte chimique vis-à-vis des *Fusarium* spp. agents causaux de la fusariose du blé.

Noms : Djokhdem et Guenou **Prénoms** Othman et Abde rahim **Encadreur :** Mme Touati

Résumé:

Fusarium spp. sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs causant des flétrissements, échaudage et des pourritures racinaires de plusieurs espèces végétales. A ce niveau, la fusariose du blé causée Principalement par *Fusarium culmorum* a été confirmée en Algérie suite à plusieurs travaux récents.

Dans le but de lutter contre ce pathogène, l'effet d'un fongicide systémique « Tébuconazole » a été testé in vitro sur le taux de germination des grains ainsi que la croissance du blé. Nous avons testé aussi l'effet de cette molécule fongicide sur la croissance mycélienne de *Fusarium culmorum*. L'efficacité de ce fongicide a été confirmée in vivo sur l'agressivité de *F. culmorum*.

L'ensemble des résultats des taux de germination tout traitement confondu, présente des valeurs supérieures à 60%, ce qui signifie que les taux de germination du blé traité avec le fongicide à différentes doses, sont proche aux TG témoins. Contrairement au TG, les elongations racinaires (LG) présentent une réduction de la longueur des racines très importante par rapport au témoin non traité.

L'analyse de la variance a révélé une interaction hautement significative ; $ZI = f(D)$ entre le produit testé et les isolats de *F. culmorum*. pour les deux essais en plein champ traités, la réduction de l'indice d'attaque (IA) était importante, nous avons noté des (IA) inférieurs à 20% avec les deux doses. Cependant, les plants non traités ont montré des indices d'attaques supérieurs à 60%. Ces résultats montrent que l'utilisation de Tébuconazole pourrait lutter contre la fusariose de l'épi.

Mots clés : Fongicide, Blé, Vitron, Tébuconazole, *F. culmorum*.

عنوان المذكرة: مكافحة الكيمائية لـ *Fusarium spp.* العوامل المسببة للفيوزاريوم في القمح

اللقب: جخدم, قنو الاسم الأول: عثمان, عبد الرحيم المشرفة: السيدة تواتي

ملخص:

الفيوزاريوم هي من بين أكثر فطريات التربة عدوانية التي تسبب الذبول والحروق وتعفن الجذور في العديد من أنواع النباتات. على هذا المستوى، تم تأكيد ذبول القمح فيوزاريوم الناجم بشكل رئيسي عن *Fusarium culmorum* في الجزائر بعد عدة أعمال حديثة.

من أجل مكافحة هذا العامل الممرض، تم اختبار تأثير مبيد الفطريات الجهازية "Tebuconazole" في المختبر على معدل إنبات الحبوب وكذلك على نمو القمح. اختبرنا أيضًا تأثير جزيء مبيد الفطريات هذا على النمو الفطري لنسيج *Fusarium culmorum*. تم إثبات فعالية مبيد الفطريات هذا في الجسم الحي على عدوانية *F. culmorum*.

جميع نتائج معدلات الإنبات، وجميع المعالجات مجتمعة، تقدم قيمًا أكبر من 60٪، مما يعني أن معدلات إنبات القمح المعالج بمبيد الفطريات بجرعات مختلفة قريبة من TGs. على عكس TG، يُظهر استطالة الجذر (LG) انخفاضًا كبيرًا في طول الجذر مقارنةً بالتحكم غير المعالج.

كشف تحليل التباين عن تفاعل شديد الأهمية؛ $(ZI = f(D))$ بين منتج الاختبار وعزلات *F. culmorum* للتجربتين الميدانيتين اللتين تمت معالجتهم، كان الانخفاض في مؤشر الهجوم (AI) كبيرًا، ولاحظنا (AI) أقل من 20 ٪ مع كلتا الجرعتين. ومع ذلك، أظهرت النباتات غير المعالجة مؤشرات هجوم أعلى من 60٪. تظهر هذه النتائج أن استخدام التيبوكونازول يمكن أن يسيطر على لفحة الرأس الفيوزاريوم.

الكلمات المفتاحية: مبيد فطري، قمح، فيترون، توبوكونازول، *F. culmorum*.

Memory title: Approche de lutte chimique vis-à-vis des *Fusarium* spp. agents causaux de la fusariose du blé.

Name: Djokhdem, Guenou

First name: Othman, Abde rahim

Supervisor: Ms.

Touati

Abstract:

Fusarium spp. are among the most aggressive soil fungi causing wilting, scalding and root rot in many plant species. At this level, *Fusarium* wilt of wheat caused mainly by *Fusarium culmorum* has been confirmed in Algeria following several recent works.

In order to fight against this pathogen, the effect of a systemic fungicide "Tebuconazole" was tested in vitro on the rate of germination of grains as well as on the growth of wheat. We also tested the effect of this fungicidal molecule on the mycelial growth of *Fusarium culmorum*. The effectiveness of this fungicide has been demonstrated in vivo on the aggressiveness of *F. culmorum*.

All of the results of the germination rates, all treatments combined, present values greater than 60%, which means that the germination rates of wheat treated with the fungicide at different doses are close to the TGs. Unlike TG, root elongation (LG) shows a very significant reduction in root length compared to the untreated control.

Analysis of variance revealed a highly significant interaction; $ZI = f(D)$ between the test product and the isolates of *F. culmorum*. for the two field trials treated, the reduction in the attack index (AI) was significant, we noted (AI) less than 20% with both doses. However, untreated plants showed attack indices above 60%. These results show that the use of Tebuconazole could control *Fusarium* head blight.

Key words : Fongicide, Wheat, Vitro, Tebuconazole, *F.colmourum*.

Dédicace

*Avec ma grande gratitude et grand amour, je dédie, ce
modeste travail à :*

*Ma chère mère a sacrifié leur vie à bâtir la mienne. A mon
père, que dieu lui fasse miséricorde.*

A mes très chers frères,

A mes tous la famille paternelle et maternelle

A Mes amis: Rahim, Midou, Tayab,

Aziz, miloud, brahim, Abelkader, Belkacem, Issam, Ahmed

*Je dédie ce petit travail, pour leur prouver que leur soutien et
leur aimable présen était bénéfique pour mon cursus.*

Djokhdem Othman

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce

Travail que je dédie :

*A mes très chers parents en reconnaissance de leurs di
Sacrifices, de leurs précieux conseils, de leur soutien moral et
de leurs encouragements.*

A mes très chers frères

A toute la famille paternelle et maternelle

A tous(tes) mes amis(es)

A ceux qui ont attribué de près ou de loin à l'élaboration

De ce modeste travail.

Guenou Abde rahim

Remerciements

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

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

Nous remercions également à M AMARA.Y de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

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

Nous n'oublions pas de remercier Mme HOUYOU.Z pour leurs aides précieuses.

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

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

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

*Djokhdem Othman
Guenou Abde rahiman*

Table des matières

Résumé	
ملخص	
Abstract	
Dédicaces	
Remerciements	
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VI
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1 ^{er} Partie	
I. Généralités sur le blé	6
1. 1 Origine et histoire de blé.....	6
I.2. Importance de la culture de blé	7
I.2.1 Dans le monde.....	7
I.2.3 En Algérie.....	9
I.3. Le cycle végétatif du blé dur.....	10
I.3.1. La germination et la levée.....	10
I.3.2. Le tallage.....	11
I.3.3. La montaison-gonflement.....	11
I.3.4. L'épiaison-floraison.....	11
I.3.5. Le remplissage et la maturation du grain.....	12
1.4. Pathologie.....	14
II. Fusariose de blé.....	14
II.1.L'importance économique.....	15
II.2. Symptômes.....	16
II.3Epidémiologie et agents pathogènes responsables de la fusariose de l'épi chez le blé.....	17

II.4.Les toxines produites par les champignons du genre <i>Fusarium</i>	18
III. Les moyens de lutte.....	20
III.1. La lutte culturale.....	20
III.2La lutte biologique.....	20
III.3.La lutte chimique.....	21
III.4.La lutte intégrée	21
2 ^{ème} Partie : Les fongicides.....	22
1.Généralités sur les fongicides.....	22
1.1.Classification des fongicides.....	22
1.2L'utilisation des fongicides dans le monde.....	22
I.3.Perspectives d'avenir	23
I.4. Production et consommation des pesticides en Algérie.....	24
I.5.Classification des fongicides.....	25
I.6.les différents groupes de fongicide	25
I.6.1. Les fongicides non systémiques.....	25
I.6.1.1. Substances polyvalentes ou multi-sites.....	25
I.6.1.1.1. Les substances minérales.....	25
I.6.1.1.2. Les substances organiques.....	26
I.6.1.2. Substances inhibitrices de la respiration mitochondriale.....	26
I.6.1.2.1. Inhibiteurs de la biosynthèse des lipides.....	26
I.6.1.2.2. Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols membranaires (IBS).....	26
I.6.1.2.3. Fongicides agissant sur la formation des parois cellulaires.....	26
I.6.1.3. Substances affectant la transduction de signaux.....	26
I.6.2. Fongicides systémiques.....	27
I.6.2.1. Les fongicides systémiques partiels ou locaux.....	27
I.6.2.2. Les fongicides à systémie ascendants.....	27
I.6.2.3. Les fongicides à systémie descendants.....	27
Chapitre II : Matériel et méthode	
1.Materiel.....	30
I.1.Materiel végétal	30

I.2. Matériel fongique.....	30
I.3. Matériel fongicide.....	30
II. Méthodes expérimentales	33
II.1. Traitement des semences par les fongicides.....	33
II.2. Test de germination des grains de blé traités avec différentes doses de Tébuconazole.....	33
II.3. Paramètres mesures.....	34
II.3.1. Taux de Germination ou TG.....	34
II.3.2. Longueur des racines	34
II.3.3. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de <i>Fusarium culmorum</i>	34
II.3.4. La zone d'inhibition (ZI) cm.....	35
II.3.5. L'indice d'attaque de la Fusariose.....	35
II.4. Test d'inhibition du champignon par action du fongicide sur milieu de culture.	35
II.4.1 Le principe.....	35
II.5. Effets des fongicides sur la virulence <i>Fusarium culmorum</i>	36
II.5.1. Etude de l'efficacité du fongicide appliqué au stade floraison.....	36
II.5.2. Traitement et analyse statistique des données.....	40
Chapitre III : Résultats et Discussion	
I.1. Influence du Tébuconazole sur les paramètres de germination du blé.....	42
I.2. Influence sur les paramètres de germination.....	42
I.3. Activité inhibitrice de Tébuconazole vis-à-vis de <i>Fusarium culmorum</i>	46
I.3.1. Effets du fongicide sur la croissance mycélienne du pathogène.....	47
I.3.2. Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de la maladie.....	49
Conclusion générale	54
Références bibliographique	56

Liste des tableaux

Tableau 01. Les échelles de notation des stades du blé.....	13
Tableau0 2. Liste des mycotoxines produites par Fusarium	19
Tableau 03: La matière active, ses propriétés et ses utilisations Description de la matière active.....	31
Tableau 04. Doses utilisées dans le test des zones d'inhibition.....	33
Tableau 05. Doses utilisées dans le test des zone d'inhibition.....	36
Tableau06: échelle dévaluation utilisée pour l'estimation de la sévérité de l'infection par Fusarium sur épi.....	38
Tableau 07. Taux de germination (TG) et Longueur moyenne (LM) de la coléoptile sous l'effet de différentes doses de fongicide après 7 jours d'incubation à 25°C.....	42
Tableau 08. Classification des TG en fonction des fongicides selon Tukey Pairwise.....	44
Tableau 09. Classification du paramètres de croissance « longueur de racine » en fonction des fongicides, selon TukeyPairwise.....	45
Tableau 10. Diamètre (cm) des zones d'inhibition et le % de la croissance mycélienne obtenues avec le fongicide sur les deux souches de Fusarium culmorum.	49
Tableau 11. Indice d'attaque la fongicide (Acil) sur les deux champignons en fonction de temps.....	50

Liste des figure

Figure 01. L'origine géographique des blés cultivés	07
Figure 02 . Statistique représente le volume de production de blé dans le monde pour la période de 2015/2016 à 2021/2022.....	09
Figure 03. la production de blé (Tonnes) en Algérie entre 1961- 2014	10
Figure 04. Cycle de développement du blé.....	12
Figure 05. Les symptômes de la fusariose de l'épi sur blé.....	16
Figure 06. Cycle biologique de <i>Fusarium</i> sur céréales.....	18
Figure 07. Le marché mondial des pesticides dans le monde par catégorie en 2011.....	23
Figure 08. Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007.....	24
Figure09. Déplacement des fongicides au niveau de la plante.....	28
Figure 10. Formule développée de tebuconazole.....	32
Figure 11. Schéma du dispositif expérimental de l'inoculation en plein champs.....	39
Figure 12. Essais en plein champ au stade tallage.....	39
Figure 13. Effet de différentes doses de fongicide sur le taux de germination.....	43
Figure 14. Effet des différentes doses de fongicide sur la croissance du blé.....	43
Figure 15. Longueur moyenne des racines sous l'effet de différentes doses de fongicide après 7 jours d'incubation à 25°C.....	45
Figure 16. Effet de fongicide sur le TG et LR sous l'effet des différentes doses de fongicide.....	46
Figure 17. Effets du fongicide sur la croissance mycélienne du pathogène.....	48
Figure 18. Diamètres des zones d'inhibitions des deux souches de <i>F.culmorum</i> sous l'action des 6 doses de fongicide, produits après 7 jours d'incubation à 25 °C. Les valeurs sont la moyenne de 3 répétitions.....	49
Figure19. Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de champignon <i>Fusarium colmorum</i>	51
Figure20. Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de champignon <i>Fusarium culmorum</i>	51
Figure21 : symptômes observés sur épi de blé.....	52
Figure22: symptômes observés sur l'épi après l'utilisation de fongicide	52

Liste des abréviations

PDA	Potato dextrose agar
F	Fusarium
MA	Matière active
CCLS	Cooperative de céréales et légumes secs
CNCC	Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants
FAO	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
CEI	Communauté des états indépendants
OAIC	Office algérien interprofessionnel des céréales
g	Gramme
C	consentration
V	volume
cm	centimètre
ha	hectare
ml	Millilitre
ED	Eau distillé
q	quintal
%	pourcentage
TG	Taux de germination
IA	Indice d'attaque
D	dose
T-	témoin
fig	figure
°C	degrés Celsius
ph	Potentiel hydrogene
LM	Longueur moyenne
LR	Longueur racinaire
ZI	Zones d'inhibition
CM	Croissance mycélienne



Introduction générale

Introduction générale

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires de l'humanité, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines. Principalement destinés à l'alimentation des humains (à hauteur de 75% de la production), les céréales assurent 15% des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et à des usages non alimentaires (Feillet, 2000).

Le blé occupe une surface de 212 millions d'hectares produisant une récolte de 622 millions de tonnes (FAO, 2005), ce qui le rend la céréale la plus cultivée au monde. L'Algérie importe annuellement entre 65 % et 70 % de ses besoins en céréales occupant de ce fait la première place en Afrique et le troisième importateur à l'échelle mondiale.

Afin de satisfaire les demandes croissantes des populations, les agriculteurs ont recours à l'intensification des cultures céréalières. Toutefois, ces pratiques, sont accompagnées de l'apparition de plusieurs maladies engendrées par des champignons pathogènes. Ces attaques peuvent conduire à de grands dommages quantitatifs et qualitatifs chez le blé (Meksem et *al.*, 2007 ; Hennouni et *al.*, 2008).

La fusariose de l'épi est une maladie du blé induite par un complexe d'espèces présentes en fréquence variable sur les grains pouvant causer, certaines années, des pertes importantes de rendement. En effet, la nuisibilité moyenne associée aux attaques de « fusarioses » a été estimée en moyenne à 15 q/ha en région Centre entre 2007 et 2009. Ainsi, les années « dites à fusarioses » peuvent engendrer des pertes économiques conséquentes pour un agriculteur, d'autant plus que le traitement fongicide, dans des conditions optimales d'application, n'a que 75% d'efficacité (Lessard, 2016).

Associée à cette perte économique directe pour l'agriculteur, il existe un enjeu sanitaire de taille puisque certaines espèces du complexe fusarien sont susceptibles de produire des mycotoxines dans les grains et ainsi dégrader la qualité sanitaire. La lutte contre cette maladie est rendue particulièrement difficile en raison de la diversité des espèces pathogènes qui en sont responsables et qui possèdent des caractéristiques épidémiologiques différentes.

Les fongicides ont un fort pouvoir structurant sur les populations de *Fusarium* et *Microdochium* observées sur le grain et peuvent déplacer les équilibres de flore dans un sens favorable ou défavorable à la qualité sanitaire. Un choix approprié des matières actives actuelles accompagné d'un positionnement judicieux des applications permis par la prise en

compte des différentes espèces fongiques présentes sur les épis d'une parcelle permettraient ainsi de limiter les applications inutiles et d'éviter de favoriser les espèces toxigènes.

Ces applications doivent également tenir compte de l'émergence de nouvelles populations résistantes aux différentes familles de fongicides (Walker et *al.*, 2009). Avec des débouchés exclusivement en alimentation humaine et des variétés utilisées sensibles à très sensibles à la fusariose, l'enjeu sur blé dur est d'autant plus important que le traitement anti-fusariose est aujourd'hui quasi-systématique pour assurer des blés de bonne qualité sanitaire. Dans ce cas, le développement de biofongicides pourrait s'avérer une solution alternative incontournable.

Toutefois, une mauvaise utilisation des produits, en toute méconnaissance de leur comportement, peuvent entraîner des dégâts irréparables sur les cultures. Plus que jamais, l'incidence des produits sur la plante, sur l'environnement et sur la santé humaine doit rester au centre des préoccupations. S'il est essentiel de démontrer l'intérêt de ces derniers, faut-il encore s'assurer qu'ils ne présentent aucun risque quand ils sont correctement utilisés.

Ainsi, le contexte scientifique de ce présent mémoire s'inscrit dans le cadre de la lutte chimique contre la contamination du blé par le *Fusarium*. Notre étude s'est centrée sur l'ACIL 060 FS, c'est un fongicide destiné au traitement de semences de céréales, doté d'un large spectre d'action contre les maladies des semences de céréales, tels que les maladies charbonneuses et la *septoriose* des céréales. Par conséquent notre tentative par cette étude est d'évaluer l'efficacité de notre fongicide in vitro à l'égard de *Fusarium culmorum* et pour un meilleur jugement d'efficacité ACIL 060 FS, une confirmation des résultats obtenus au laboratoire par des essais en plein champ était nécessaire.

A cet effet deux types d'essais ont été réalisés :

Un essai in vitro qui consiste à déterminer l'efficacité des fongicides par la méthode des zones d'inhibition ; effet du fongicide à différentes doses sur la germination des grains de blé et un essai in vivo qui consiste en la réalisation de traitement foliaire réalisé avec deux doses de notre fongicide.

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

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui comportera deux grands volets :

- Le premier volet rappelle des généralités sur le blé ; le problème de la fusariose et mycotoxines associées et le deuxième volet qui illustrera l'importance des fongicides.

- 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.



Partie I
Revue bibliographique

I. Généralités sur le blé

I.1. Origine et histoire de blé

Le blé est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, dont il constitue la base alimentaire des populations du globe (Ruel, 2006 ; Yves et Buyer, 2000). Pendant plusieurs siècles, il a été vénéré comme un dieu et associé à la pluie, l'agriculture et la fécondité (Ruel, 2006).

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010) (Fig. 01).

Le mot latin, plus précis, identifie dans le genre *Triticum* les espèces céréalières auxquelles il est légitime de donner le nom de blé. Trois groupes de *Triticum* sont connus, répartis selon le nombre de leurs chromosomes : le groupe diploïde (2x7 chromosomes) comprend *Triticum monococcum* (engrain) et *T. spontaneum*, qui font partie des formes les plus anciennement cultivées, caractérisées par des épis grêles où les grains restent enveloppés par les glumelles.

Le groupée triploïde (4x7 chromosomes) comprend *T. dicoccoïdes* (amidonnier sauvage), *T. dicoccum* (amidonnier), *T. turgidum* et *T. durum* (blé dur), à épis denses dont les graines riches en gluten servent à fabriquer les pâtes alimentaires. Le groupe hexaploïde (6x7 chromosomes), représenté par *T. vulgare*, ou *T. aestivum* (blé tendre) et *T. spelta* (épeautre), comprend la majorité des blés à épis assez larges et aux graines riches en amidon nécessaires à la fabrication du pain. Le froment ou blé tendre (*Triticum aestivum*), est de loin l'espèce la plus cultivée de ce genre avec le blé dur (*T. durum*), qui sert à préparer la semoule pour fabriquer des pâtes alimentaires.

Le blé est une plante annuelle herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. D'après Cronquist (1981) et la classification phylogénétique de l'Angiosperm Phylogeny Group III (2009), le blé appartient au règne *Plantae*, sous règne *Tracheobionta*, phylum *Magnoliophyta*, la classe *Liliopsida*, sous classe des *Commelinidae*, l'ordre des *Poales* (*Cyperales*), la famille des *Poaceae* et le genre *Triticum* L.

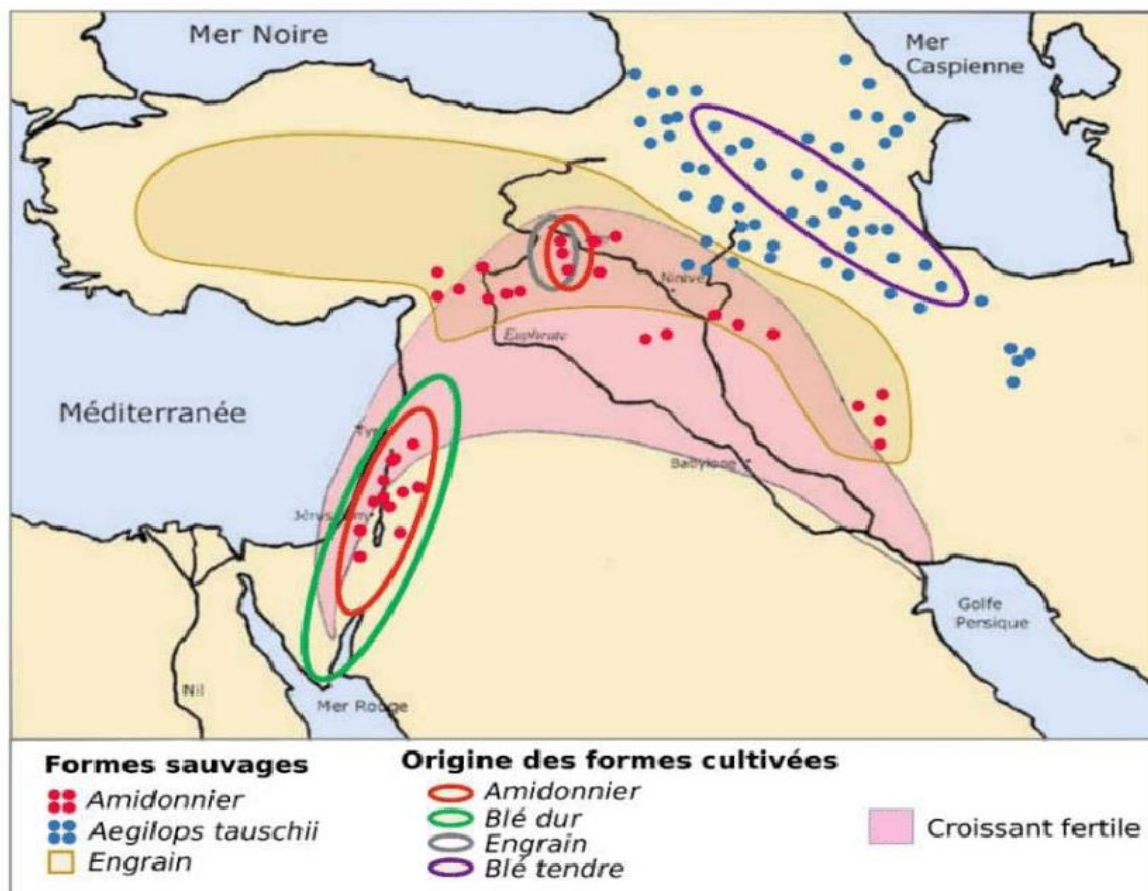


Figure 01: L'origine géographique des blés cultivés (Dubcovsky et Dvorak, 2007).

I.2. Importance de la culture de blé

I.2.1. Dans le monde

Le blé fait partie des grandes céréales avec le maïs et le riz, c'est d'ailleurs la deuxième pour ce qui est de l'importance de la récolte mondiale, et la plus consommée par l'homme après le riz. Sur le plan des échanges commerciaux, c'est la céréale la plus importante au niveau mondial puisqu'elle représente à elle seule un peu plus de 45% des échanges mondiaux (<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ar/>).

Le blé est aussi l'une des cultures agricoles les plus modifiées par les progrès agronomiques et le machinisme. Rappelons que la production mondiale de blé était estimée à 50 Mt dans les années 1880, contre 700 Mt aujourd'hui. L'amélioration spectaculaire des rendements tout au long du XXe siècle provient des innovations génétiques, techniques et technologiques.

Autre élément essentiel à considérer : celui de la très forte internationalisation du blé. Depuis plusieurs décennies, ce sont en moyenne 15 à 25 % des récoltes qui se retrouvent sur les marchés, ce qui le différencie nettement des autres céréales ou produits agricoles de large consommation. Seuls 10 % du riz produit est commercialisé sur les marchés internationaux. Ce ratio tombe à moins de 5 % pour les fruits et légumes.

Actuellement environ 160 millions de tonnes font l'objet d'un commerce à travers la planète, représentant un commerce du blé autour de 50 milliards de dollars.

Au final, 85 % des exportations mondiales de blé sont actuellement assurées par dix États 3, au premier rang desquels se trouvent l'Union européenne, les États-Unis et la Russie.

La production mondiale de blé est de 761 millions de tonnes (Mt) en **2020**, contre 584 Mt en 2000, 440 Mt en 1980 et 222 Mt en 1961. <https://atlasocio.com/classements/economie/>

L'Union européenne enregistre une production supérieure à 136 milliers de tonnes alors que qu'elle excédait les 145 milliers de tonnes en 2017/2017. La Chine a même dépassé la production européenne pour devenir selon les estimations, leader mondial de la production de blé au monde en 2020/2021 avec 136 milliers de tonnes. <https://fr.statista.com/statistiques/> On peut y lire que la source prévoyait un volume de production de 780 millions de tonnes pour la campagne 2021/2022 (Figure 02) <https://fr.statista.com/statistiques/570403/ble-volume-de-production-dans-le-monde/>.

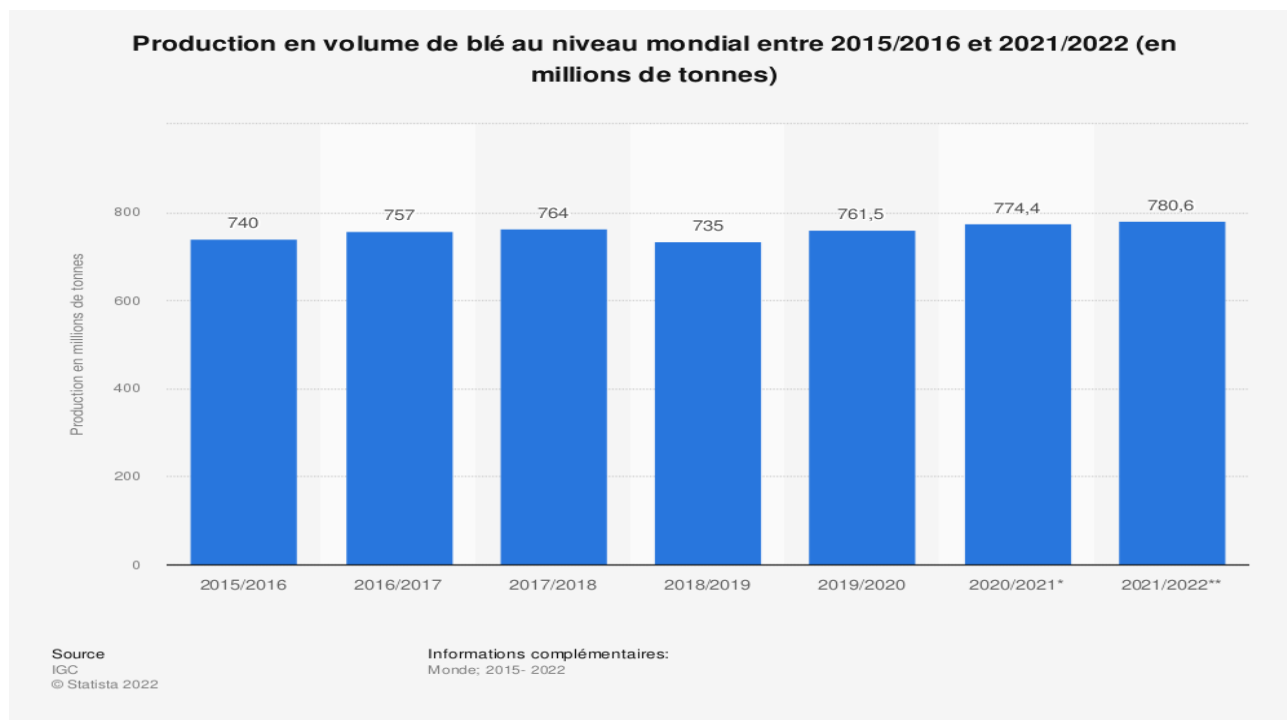


Figure 02: Statistique représente le volume de production de blé dans le monde pour la période de 2015/2016 à 2021/2022.

Face aux tensions qui demain pourraient s'accroître – à la constitution d'un cartel du blé, similaire à ce que les puissances pétrolières ont fait au moment de la crise économique des années 1970. Ainsi la Russie, le Kazakhstan et l'Ukraine avaient régulièrement évoqué cette piste ces dernières années, eu égard au poids que représente le bassin de la mer Noire sur l'échiquier mondial du blé [Abis, 2013]. Mais avec la crise russo-ukrainienne, cette perspective pourrait s'éloigner.

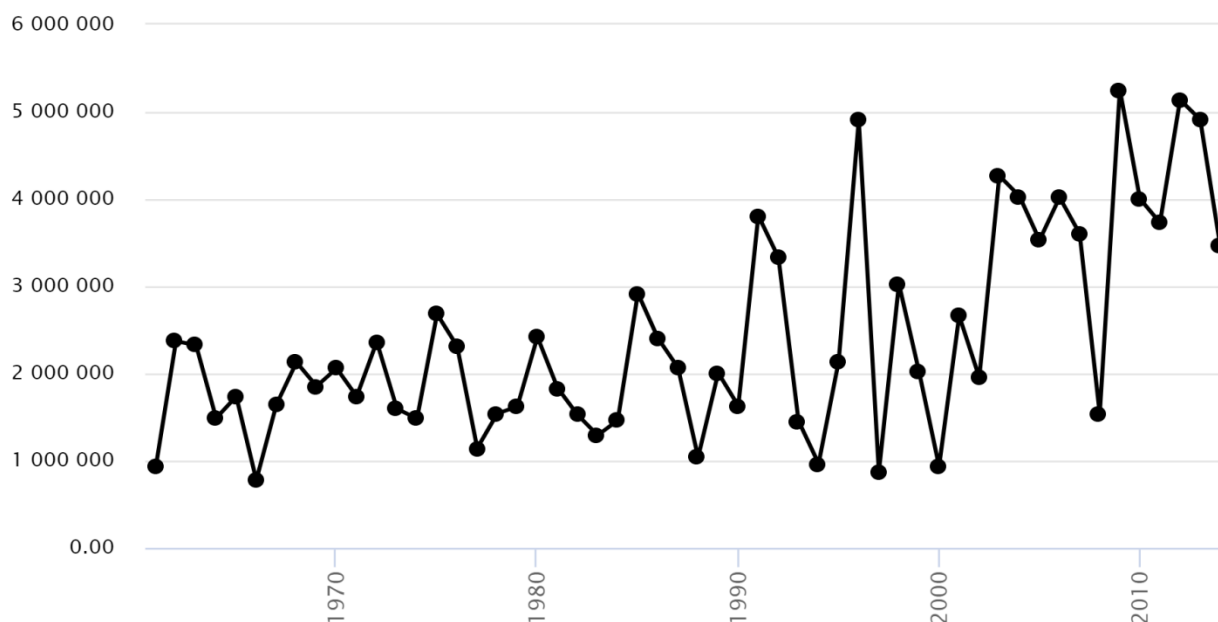
I.2.2. En Algérie

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

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

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

Production alimentaire: céréales (tonnes), Algérie



Perspective monde, date de consultation: 13/06/2022, source: FAO-ONU

Source : FAO 2014.

Figure 03 : la production de blé (Tonnes) en Algérie entre 1961- 2014 .

I.3. Le cycle végétatif du blé dur

I.3.1. La germination et la levée

Au cours de la germination la coléorhize s'épaissit en une masse blanche et brise le tégument de la graine au niveau du germe, c'est le début de l'émission des racines primaires, garnis de poils absorbants (Figure 4).

En même temps, la coléoptile, gainant la première vraie feuille, s'allonge vers la surface, où il laisse percer la première feuille, c'est la levée. La deuxième et la troisième feuille suivent bien après.

I.3.2. Le tallage

Sitôt émise la troisième feuille émise, le deuxième entre-nœud qui porte le bourgeon terminal s'allonge à l'intérieur de la coléoptile et stoppe sa montée à 2centimètre sous la surface du sol, pour former le plateau de tallage.

A l'aisselle des feuilles (à partir de la quatrième feuille), des bourgeons axillaires entrent alors en activité pour donner de nouvelles talles. La première talle se forme à la base de la première feuille et la deuxième talle à la base de la deuxième feuille. Les bourgeons axillaires à l'aisselle des feuilles des talles donnent naissance à l'émission de talles secondaires.

I.3.3. La montaison- gonflement

Elle se distingue par la montée de l'épi sous l'effet de l'élongation des entre-nœuds qui constituent le chaume. Les talles montantes entrent en compétitions pour les facteurs du milieu avec les talles herbacées qui de ce fait n'arrivent pas à monter en épis à leur tour. Ces dernières régressent et meurent (Masle, 1982).

Ce phénomène se manifeste chez les jeunes talles par une diminution de la croissance puis par un arrêt de celle-ci (Masle, 1981).

I.3.4. L'épiaison-floraison

Une fois l'épi émerge de la gaine de la feuille étendard, c'est le stade épiaison, au cours duquel la formation des organes floraux se termine. La floraison débute 4 à 5 jours plus tard. Durant la floraison, les fleurs demeurent généralement fermées (fleur *scléistogames*), et les trois anthères éclatent et libèrent le pollen (anthèse).

Les fleurs s'ouvrent rarement avant la libération du pollen. La floraison dure de trois à six Jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute au centre de l'épi, puis se poursuit Vers les deux extrêmes de l'épi. La durée de réceptivité du stigmate de blé dépend de la variété et des conditions du milieu, mais se situe entre 3 à 13 jours. Une fois fécondée, l'ovaire grossit rapidement. Au bout de deux semaines après la fécondation, l'embryon est physiologiquement fonctionnel et peut produire une nouvelle plantule (Bozzini, 1988).

I.3.5. Le remplissage et la maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. Elle correspond à l'élaboration de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids du grain, suite à la migration des substances glucidiques produites par la feuille étendard et stockées dans le pédoncule de l'épi (Gate, 2003).

Elle exige la chaleur et un temps sec, elle se fera sitôt en plusieurs étapes, la maturité laiteuse (le grain contient encore 50% d'humidité et les stockages des protéines touche à sa fin), la maturité physiologique (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué), la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 20 %), le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

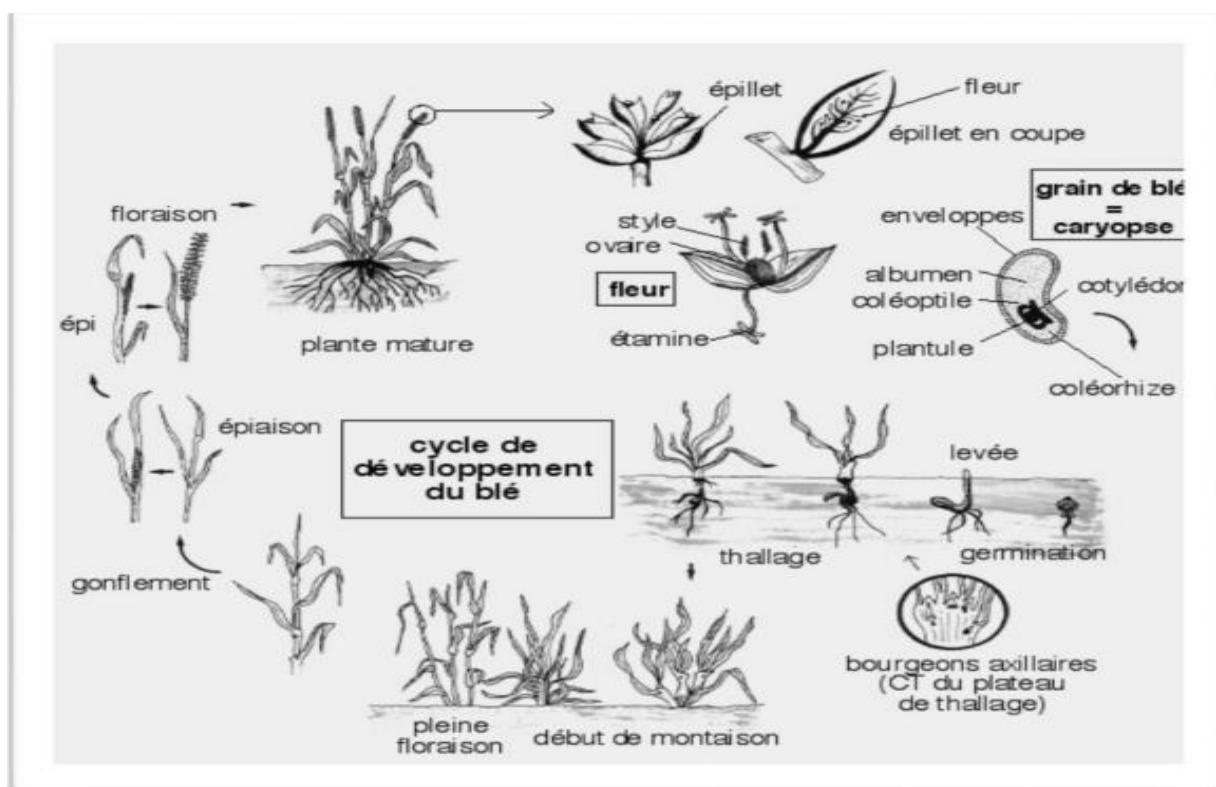


Figure04: Cycle de développement du blé (Henry, 2000).

Tableau 01: Les échelles de notation des stades du blé (Soltner, 2005).

stade	Echelle e Feekes	Echelle de Zadocks	Echelle de Jonard	caractéristiques
Levée	1	10 11 12 13		-1 èrefeuille traverse la coléoptile -1 ère feuille étalée -2 ème feuille étalée -3 ème feuille étalée
Début tallage	2	21 (1 talle)	A	-Formation de la 1ère talle
Plein tallage	3			
Fin tallage	4	29		
Début montaison	5	30	B	Sommet de l'épi distant à 1cm du plateau de tallage
1 noeud	6	31	C1	1 noeud
2 noeuds	7	32	C2	2 noeuds, élongation de la tige
	8	37		Apparition de la dernière feuille
Gonflement:épi gonfle la gaine de la dernière feuille	9	39	D (méiose du pollen)	Ligule juste visible
	10			Gaine de la dernière feuille sortie
Epiaison	10-1	40-49	E	Gaine éclatée
	10-2	50 à 59		¼ épiaisons
	10-3			½ épiaisons
	10-4			¾ épiaisons
	10-5			Tous les épis hors de la gaine
Floraison	10-5-1		60 à 69	F
	10-5-2	Demi-floraison		
	10-5-3	Floraison complète		
Formation Et Maturation Du grain	10-5-4			Formation du grain
	11-1	70à79	M0	Grain laiteux
	11-2	80à89		Grain pâteux
	11-3	90à94		Grain jaune
	11-4		M	Grain mur

I.4. Pathologies

Les plantes de blé à tous les stades de la croissance et dans tous les milieux naturels sont soumises à diverses contraintes biotiques et abiotiques qui interfèrent avec leurs croissances et leurs développement normal. Parmi ces contraintes les substances toxiques (métaux lourds), les polluants, les insectes, les virus, les champignons, les nématodes, les bactéries et les mauvaises herbes représentent les principaux risques à la production du blé (Haggag, 2013).

Sur la culture de blé les ravageurs les plus importants en Algérie sont les insectes (la punaise des céréales, la cécidomyie jaune, la mouche mineuse, le puceron des céréales et la tordeuse des céréales), les oiseaux (les moineaux, la tourterelle et le corbeau freux) et les rongeurs (les rats des champs et les souris) (Boulal et al., 2007).

Quelques bactéries de type *Erwinia*, *Xanthomonas* et *Pseudomonas* se développent sur le blé. On dénombre plusieurs champignons pathogènes du blé parmi lesquels on peut compter ceux qui induisent le piétin verse et le piétin échaudage (agent causal : *Gaeumannomycesgraminis*), les septorioses (agents causal : *Septoriatritici*, *Septorianodorum*), la carie (agent causal : *Tilletia tritici*), l'oïdium (agents causal : *Erysiphegraminis*), le charbon nu (agent causal : *Ustilago tritici*), le charbon foliaire (agent causal: *Urocystisagropyri*), les rouilles brune, noire et jaune (agent causal : *Puccinia*), ou encore la fusariose de l'épi (Sayoud,1987).

La fusariose du blé qui est une maladie redoutable sur blé sera détaillée plus loin. En effet la fusariose en plus de la diminution du poids des grains récoltés, elle produit des toxines qui rendent ces derniers impropres à la consommation (Boulal et al., 2007).

II. Fusariose du blé

La fusariose est une maladie affectant les céréales à petits grains telles que le blé, l'orge, l'avoine ou également le maïs (Parry et al., 1995, Sutton, 1982). Elle est associée à un complexe d'espèces fongiques regroupant deux genres de champignons phytopathogènes : *Fusarium* et *Microdochium* (Arseniuk et al., 1999).

Ces champignons affectent tous les organes de la plante mais rarement les feuilles. Les résidus, les semences de la culture précédente et le sol sont considérées comme une source de l'inoculum. Selon les espèces, le *Fusarium* peut s'exprimer dans un large intervalle de température *Fusarium rosum* « 20 à 25°C », *Microcodium nival* « optimum 6°C ». (Anonyme, 2017).

Les *Microdochium nivale* provoquent les mêmes symptômes sur les céréales que les autres *Fusarium*, c'est pourquoi été communément cités dans les publications avec les *Fusarium*, même s'ils ne produisent pas de mycotoxines (Jeunot, 2005). Lorsque ces champignons attaquent les grains et les stades précoces du blé, ils causent la maladie de la fonte de semis, ceci peut arriver lorsque les grains infectés sont utilisés comme semence surtout en absence de la désinfection (Chandelier et al, 2005).

Dans des conditions climatiques favorables, la fusariose peut s'attaquer à tous les stades de développement et à tous les organes de la plante, des racines aux épis. Le terme « fusariose » pour les céréales comprend trois symptômes :

- "Seedling Blight" : fusariose des semences, provoquent des manques à la levée et des fontes des semis
- "Foot Rot" : fusariose du collet, entraînant la nécrose de ces tissus
- "Head Blight" : fusariose de l'épi

La fusariose a été décrite pour la première fois en 1884 en Angleterre (Goswami and Kistler, 2004).

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.

En Algérie, la fusariose est l'une des principales maladies fongiques qui touchent le blé, (Sayoud et al, 1999). Transmise par la semence à l'occasion d'échanges, son aire de répartition est de plus en plus étendue et tend à toucher des régions jusqu'alors indemnes.

En Europe, trois espèces sont principalement associées avec la fusariose de l'épi : *F. graminearum*, *F. culmorum* et *F. avenaceum* (Bottalico and Perrone, 2002).

Dans de nombreux pays méditerranéens *F. culmorum* et *F. pseudograminearum* ont été signalées comme espèces dominantes comme la Tunisie, (Kammoun et al., 2010, Kammoun et al., 2009), l'Algérie (Touati-Hattab et al., 2016; Laraba et al., 2017; yekkour et al., 2015) (Abdallah-Nekach et al., 2019 ; Hadjout et al., 2017).

II.1. L'importance économique

L'importance économique de la fusariose est attribuée aux pertes de rendements considérables (avortement des fleurs, diminution du nombre et du poids des grains) et à l'altération de la qualité des grains (Pirgozliev et *al.*, 2003). Les grains de blé fusariés sont petits, légers, ridés et parfois couverts d'un duvet blanc ou rose (Champeil et *al.*, 2004).

La maladie a été identifiée comme un facteur majeur limitant la production du blé dans plusieurs parties du monde (Stack, 2000). Aux Etats-Unis, les pertes liées à la maladie ont été estimées, entre 1998 et 2000, à 2.7 milliards de dollars (Wood, 2002). De 1951 à 1990, 7 épisodes d'épidémies sévères ont eu lieu dans ce pays et ont engendré plus de 40% de pertes de rendement (Leonard and Bushnell, 2003). Au Japon, en 1998, les pertes de rendement des cultures d'orge ont été estimées de 67 à 96% (Leonard and Bushnell, 2003).

II.2. Symptômes

Les symptômes sont très visibles sur champ car ils se manifestent par un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi. Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas (Zillinsky, 1983 ; Wegulo et *al.*, 2008).

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

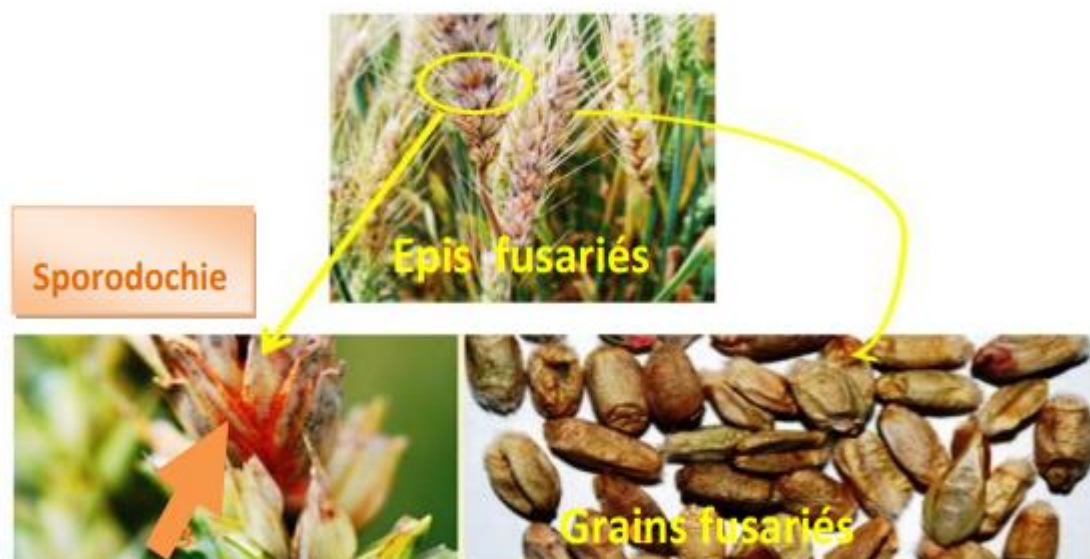


Figure 05: Les symptômes de la fusariose de l'épi sur blé (Tremblay, L, et *al.*,2012.)

II. 3. Épidémiologie et agents pathogènes responsables de la fusariose de l'épi chez le blé

Fusarium est un champignon ascomycète, qui appartient à la classe des *Sordariomycetes*, l'ordre des *Hypocreales* et la famille des *Nectriaceae*. Le genre *Fusarium* a été décrit pour la première fois par Link en 1809. Il regroupe plusieurs espèces pathogènes pour les plantes, l'homme et les animaux (Leslie et *al.*, 2005).

L'infection des plantes céréalières par *Fusarium* conduit à une pathologie nommée la « Fusariose de l'épi » ou « Fusarium Head Blight » (FHB). Cette maladie peut être en fait causée par une vingtaine d'espèces de *Fusarium* (Arseniuk et *al.*, 1999). Elle peut facilement se transformer en épidémie grâce à la forte capacité de propagation de *Fusarium*

Dans des conditions défavorables, *Fusarium* se comporte comme saprophyte et ses spores restent dans le sol. Ces derniers, à côté des spores produites sur les résidus des années précédentes, forment la source majeure d'inoculum (Sutton, 1982, Cotten et Munkvold, 1998, Schaafsma et *al.*, 2001).

Chez le blé, au moment de l'épiaison pendant la croissance végétative et lorsque les conditions deviennent favorables, les spores parviennent jusqu'aux épis et causent l'infection (Caron et *al.*, 2007). La période critique pour l'infection des épis débute à l'épiaison et s'étend sur les quelques jours suivants. Pendant cette période, les facteurs climatiques comme la pluie ou l'humidité, associés à la chaleur auront l'impact le plus important sur le niveau d'infection (Sutton, 1982). L'infection chez le blé a lieu principalement pendant une très courte période, au

moment de la sortie des étamines. A ce stade du développement, la fleur du blé est largement ouverte et sujette à l'invasion par le champignon. L'infection à ce stade a le plus d'impact sur le rendement en grains. En effet, plusieurs études ont montré une perte de rendement entre 15% et 60% suite à l'infection (Häni, 1981, Arseniuk et *al.*, 1993).

Durant l'infection et le développement sur l'épi, certaines espèces de *Fusarium* ont la capacité de produire des mycotoxines. Ces dernières sont considérées comme des facteurs de virulence (Proctor et *al.*, 1995). Il a été démontré qu'elles sont produites très tôt par les champignons au cours de l'invasion de l'hôte (Jansen et *al.*, 2005). Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à cet aspect particulier de la vie des *Fusarium* spp. Qu'est la biosynthèse des trichothécènes.

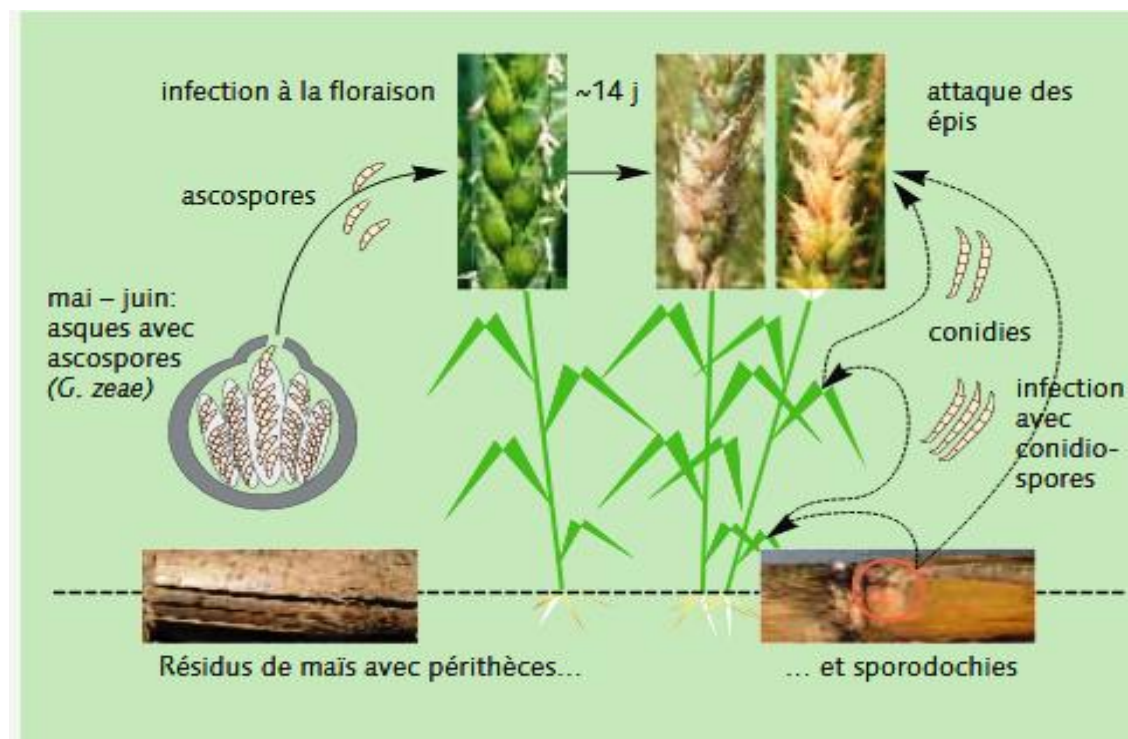


Figure 06 : Cycle biologique de *Fusarium* sur céréales. <https://www.ufarevue.ch/fre/production-vegetale/fusarioses>

NB : Blé infecté par *Fusarium graminearum* (FG): les infections les plus dangereuses ont lieu du début à la fin de la floraison et sont provoquées en grande partie par des ascospores transportées par le vent, formées dans les périthèces, la forme parfaite de FG (gauche). Des infections par des conidies sont également possibles (droite).

II.4. Les toxines produites par les champignons du genre *Fusarium*

Les espèces de champignon appartenant au genre *Fusarium* produisent une large gamme de mycotoxines 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).

Les *trichothécènes* sont divisés en 4 groupes mais présentent tous le même squelette. Ce sont des sesquiterpènes tricycliques caractérisés par la présence d'un pont époxyde entre les carbones 12 et 13, pont qui leur confère leur toxicité (Bennett and Klich, 2003).

Le groupe des *trichothécènes* A est produit principalement par *F. sporotrichoides* et *F. langsethiae*. Le groupe des *trichothécènes* B est produit principalement par *F. graminearum* et *F. culmorum*. Les *trichothécènes* de type C et D sont produits par des champignons n'appartenant pas au genre *Fusarium* (Bennett and Klich, 2003, Sweeney and Dobson, 1999).

Tableau 02 : Liste des mycotoxines produites par *Fusarium*.

Espèces	Toxines produites
<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Trichothécènes B, Zéaralénone, Culmorine, Fusarine C</i>
<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Moniliformine, Fusarine C</i>
<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Trichothécènes B, Zéaralénone</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Acide fusarique, Moniliformine, Oxysporine</i>
<i>Fusarium poae</i>	<i>Trichothécènes A, Fusarine C</i>
<i>Fusarium proliferatum</i>	<i>Moniliformine</i>
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	<i>Trichothécènes A, Zéaralénone, Fusarine C</i>
<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Fumonisines, Fusarine C, Moniliformine, Naftoquinone, Gibberelines</i>

Source : Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Sciences pharmaceutiques. 2016.

La pathologie humaine la plus connue associée à la consommation d'aliments contaminés par les trichothécènes est l'aleucie toxique alimentaire. Elle a été rapportée pour la première fois sous sa forme aiguë qui se manifeste par des nausées, vomissements et douleurs abdominales, à la fin du 19^{ème} siècle et au 20^{ème} siècle en Russie suite à de nombreuses épidémies (en 1891 puis entre 1916 et 1947) en conséquence de la consommation de céréales fusariés. Elle a également été observée en Amérique du Nord et en Asie du Sud-Est.

Parmi les TCTB, le DON a souvent été utilisé pour les études de toxicologie aiguë. Chez l'animal, ces études ont mis en évidence des symptômes non spécifiques comme la perte de poids, l'inappétence, des vomissements, des diarrhées, des dermatites ainsi que des nécroses de l'épithélium gastrique et intestinal, de la moelle osseuse, de la rate.

III. Les moyens de lutte

III.1. La lutte culturale

L'inoculum principal étant conservé dans les résidus de culture, un travail du sol permet l'enfouissement des résidus et donc limite les risques d'apparition de la maladie (Champeil et *al.*, 2004). 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.

La rotation des cultures permet de limiter la présence de céréales sensibles à l'infection et la survie du champignon (McMullen et *al.*, 1997). 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). Pour intervenir efficacement contre la fusariose, une combinaison de moyens de lutte doit être utilisée incluant, lorsque justifié, l'application de fongicides.

III.2. La lutte biologique

Actuellement, plusieurs chercheurs utilisent les anthères du blé pour extraire des microorganismes pour la lutte biologique contre cette maladie (Schisleret *al.*, 2006; Palazziniet *al.*, 2007).

Parry et *al.* (1995) ont mentionné que la meilleure période d'application d'antagoniste biologique est durant la floraison.

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 agents bactériens de genres *Bacillus*, *Lysobacter* sont les plus étudiés (Yuenet *al.*, 2007).

Deux souches de *Pseudomonas fluorescens* ont montré aussi un niveau satisfaisant d'inhibition de la croissance in vitro et in vivo de *F. culmorum* (Kureket *al.*, 2003). Des levures des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* et *Cryptococcus* et de champignons (*Trichoderma*) peuvent réduire l'inoculum de nombreuses espèces du genre *Fusarium* notamment *F. graminearum* (Abdallah-Nekache et *al.*, 2019 ; Palazziniet *al.*, 2007).

III.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).

Les fongicides les plus utilisées et qui montrent un habilité à réduire la maladie jusqu'à 70% dans le champ et à diminuer l'accumulation des toxines dans les grains, appartient aux : Azol (Bromuconazole, Metconazole, Propiconazol, et tebuconazole) et aux Strobines (Azoxystrobin) (Sherm et *al.*, 2013).

Le contrôle chimique peut être efficace, mais l'inconvénient réside dans le cout énorme des fongicides qui doivent être alternés chaque année, et leur conséquence sur l'environnement (Vinaleet *al.*, 2008).

III.4. La lutte intégrée

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

I. Les fongicides

I.1. Généralités sur les fongicides

L'utilisation de fongicides dans l'agriculture remonte à l'Antiquité. Avec les progrès de la chimie Découverte des minéraux et des assemblages bordelais (un type à base de sulfate de cuivre et chaux), la protection des cultures est rentrée dans un nouvel eir (Anonyme, 1999).

Aujourd'hui, les traitements fongicides propose aux utilisateurs une large gamme de produits ainsi que de nouvelles substances actives aux effets protecteurs à long terme, une large gamme d'Amplitude de mouvement et contrôle des maladies systémiques (Calvet et *al.*, 2005).

Les fongicides offrent une excellente protection contre le développement Champignons parasites des plantes. Ils représentent tous les produits chimiques Tue ou inhibe la croissance des champignons pathogènes, entraînant Dégâts aux végétaux (Amgoud, 2015). Dans les cas extrêmes, de Les maladies récessives (fongiques) peuvent avoir de graves conséquences conduire à une crise alimentaire.

I.2. L'utilisation des fongicides dans le monde

Les pertes causées par les organismes pathogènes aux cultures dans le monde sont relativement stables depuis les années 1940. Les maladies, les insectes ravageurs et les mauvaises herbes contribuent dans des proportions similaires aux pertes totales de l'ensemble des cultures qui ont varié de 31 à 37 % au cours de la période de 1940 à 1989 (Oerke 1999; Oerke et Dehne 2004; Pimentel et *al.*, 1993; Popp et *al.*, 2013). Ce constat a peu changé depuis 1989.

En 1989, il a été consommé pour 26 milliards de francs de fongicides, alors que la consommation totale de produits phytosanitaires s'est élevée à 112 milliards de francs.

De 1960 à 1989 le taux de croissance moyen de chacune des catégories de produits a été de :

- 15.6% Pour les Herbicides
- 11.7% Pour les Insecticides
- 9.7% Pour les Fongicides
- 14.8% Autres

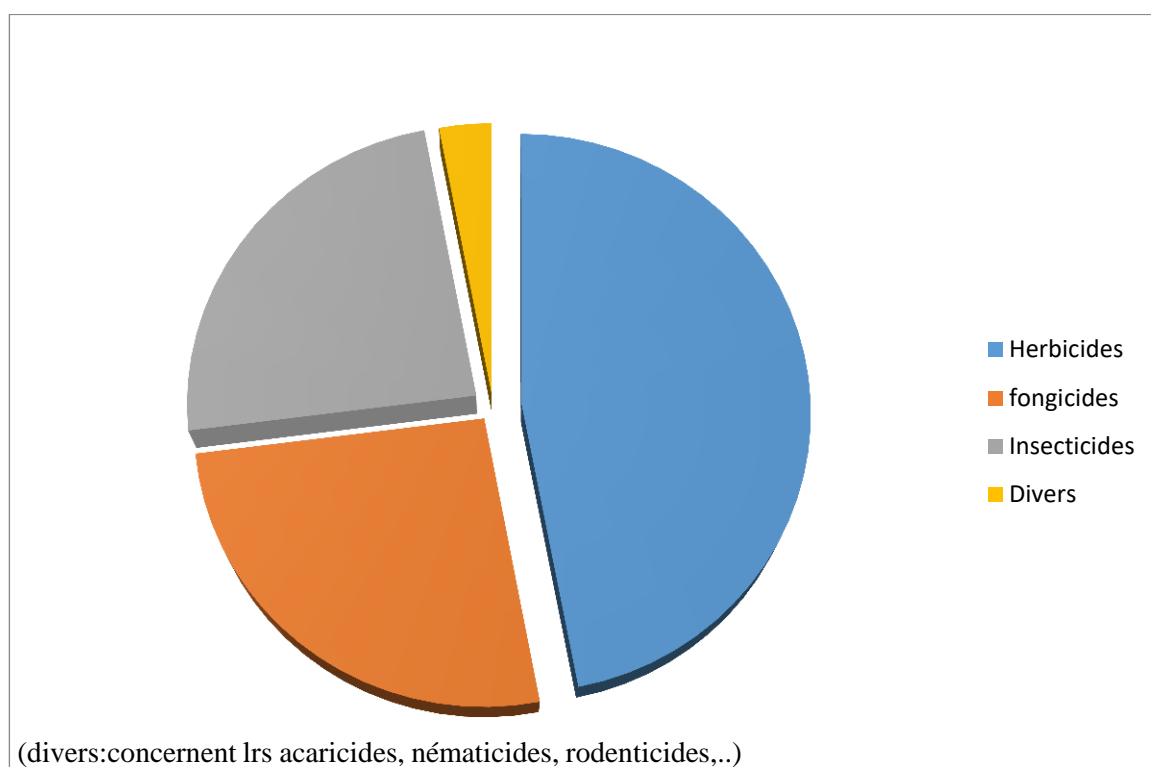
Cette disparité de croissance est liée au fait que les grandes cultures mondiales, comme le soja, le coton ou le maïs sont l'objet de peu de traitements fongicides, car peu sensibles aux

maladies, où on observera quand même que le marché des fongicides est passé entre 1970 et 1989 de 3 à 26 milliards de francs (Gerard et Philippe, 1991).

II.3. Perspectives d'avenir

L'idée couramment avancée par les professionnels et les fabricants est que la tendance lourde est à la diminution des volumes utilisés.

Cette idée part du constat qu'avec les exigences posées par la réglementation - - l'élaboration des produits est de plus en plus sophistiquée et les matières actives de plus en plus spécifiques, permettant une réduction notable des doses. Selon l'UIPP (Union des industries de la protection des plantes), il fallait 1 000 grammes de matières actives à l'hectare en 1950, il en faut 100 grammes aujourd'hui, et d'ici 10 ans, 10 grammes suffiront <https://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-239.html>.



Source : UIPP (2011)

Figure 07 : Le marché mondial des pesticides dans le monde par catégorie en 2011.

I.4. Production et consommation des pesticides en Algérie

En Algérie, la fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides: Asmidal, Moubydal. Mais avec l'économie de marché actuelle, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et divers produits apparentés.

Ainsi, environ 400 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agriculteurs (S. Boutria et Coll). C'est la loi n° 87-17 du 1er août 1987, relative à la protection phytosanitaire (JO 1995) (Bouziani 2007).

D'après Moussaoui et *al.*, (2001), la quantité annuelle de pesticides utilisée en Algérie est comprise entre 6 000 à 10 000 T. D'après le tableau 5, cette quantité est six à dix fois moins importante que la consommation française. Elle est également moins importante que celle du Maroc atteignant 12 000 T en 2004 selon Benaboud et *al.*, (2014). Cependant, en 2013, selon FAO (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>), l'usage des pesticides totaux est passé à 25841 T d'ingrédients actifs dont les régulateurs de croissance des plantes représentent 22 000 T (85%) alors que les herbicides, les insecticides et les fongicides-bactéricides représentent respectivement 886 T (3%), 927 T (4%) et 2028 T (8%) d'ingrédients actifs.

Le marché des produits phytosanitaires continue de croître. En 2009, ils représentaient 67 millions de dollars et importaient environ 30 000 tonnes de produit.

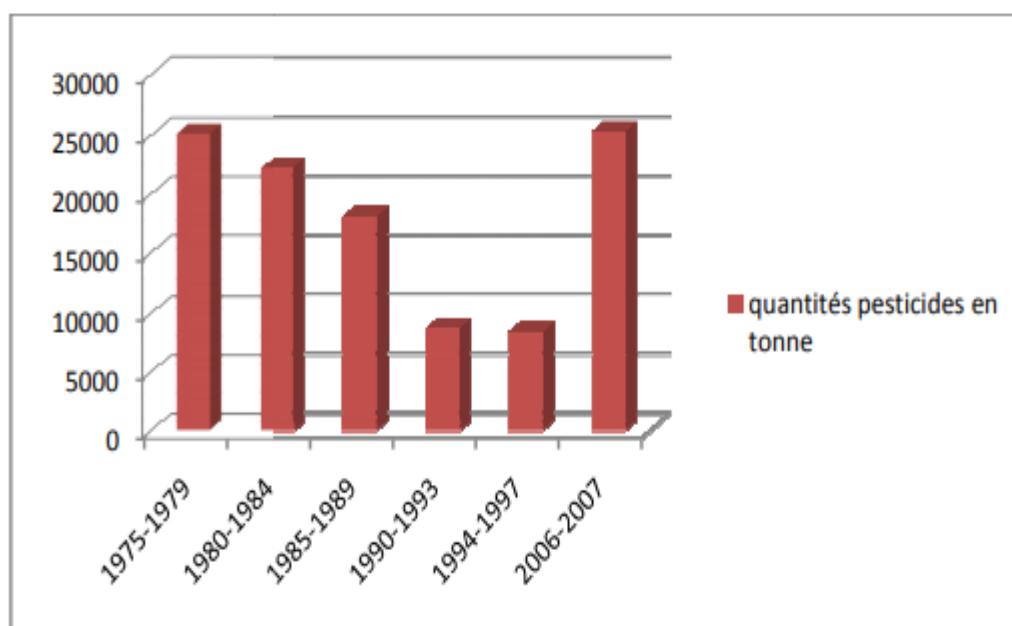


Figure 08: Quantité des pesticides importés en Algérie en tonnes de 1975 à 2007 (Douane Algérienne, 2010).

I.5. Classification des fongicides

Divers critères peuvent être choisis pour classer les fongicides. Certains classements mettent en avant les familles chimiques, d'autres les sites d'action métaboliques de ces composés, alors que d'autres vont privilégier la culture sur laquelle ils sont utilisés, etc. De ce fait, il existe dans la littérature de nombreuses classifications proposées pour ces substances actives (Corbaz, 1990).

I.6. Les différents groupes de fongicide

Un fongicide est une matière active utilisée contre les maladies des plantes provoquées par des champignons mais aussi par des bactéries, virus ou mycoplasmes. Elle est d'origine naturelle (minérale ou biologique) ou synthétique (minérale ou organique). Cette substance est dotée d'une activité sur le champignon qui soit freinatrice (fongistatique) ou destructrice (fongicide). On distingue deux grands groupes de fongicides: Les fongicides systémiques et les fongicides de contact ou bien Les fongicides non systémiques (Corbaz, 1990 et Lachuer, 2011). <https://agro-seed-consulting.com/fongicides-classification-et-modes-daction>

I.6.1. Les fongicides non systémiques

Les fongicides non systémiques sont ceux qui demeurent au niveau du point d'application sur la plante. Ils sont dits de surface s'ils restent à l'extérieur du végétal, à la surface des feuilles dans le cas d'une application foliaire.

Lorsque les fongicides sont suffisamment lipophiles, ils sont piégés au niveau de la cuticule des feuilles ; on les appelle alors cuticulaires. Ils peuvent aussi franchir la cuticule et diffuser dans les parois des premières couches cellulaires. Dans ce cas, il s'agit de fongicides pénétrants.

I.6.1.1. Substances polyvalentes ou multi-sites

Il s'agit de la première classe de fongicides apparus dès le XIX^e siècle, aux prémices de la lutte chimique. Les produits multi-sites sont utilisés soit en pulvérisation sur le feuillage des cultures, soit en traitement des semences. Ils inhibent plus particulièrement la germination des spores (Leroux, 2003).

I.6.1.1.1. Les substances minérales

Ces matières minérales, à base de cuivre (bouillie bordelaise, bouillie bourguignonne, oxychlorure de cuivre) ou de soufre, ont permis la lutte contre les mildious et les oïdiums.

I.6.1.1.2. Les substances organiques

L'essor de l'industrie chimique a conduit à la synthèse de nombreux fongicides organiques multi-sites.

Des phénomènes de résistance vis-à-vis de ces produits avaient été observés. Les dithiocarbamates (mancozèbe, manèbe, zinèbe, zirame, thirame...) sont des produits non phytotoxiques et même activateurs de croissance des plantes.

I.6.1.2. Substances inhibitrices de la respiration mitochondriale

Les processus respiratoires correspondent chez les champignons et plus généralement chez les Eucaryotes au catabolisme oxydatif des glucides, lipides et protéines. De nombreux fongicides (environ un tiers) ont pour cible les mitochondries et de ce fait sont de bons inhibiteurs de la germination des spores des champignons.

I.6.1.2.1. Inhibiteurs de la biosynthèse des lipides

Nous citons comme exemple les Inhibiteurs de la NADH cytochrome c réductase dans la peroxydation des lipides. Ce sont des dicarboximides qui présentent des risques de résistance en particulier lors de l'utilisation contre *Botrytis cinerea*.

I.6.1.2.2. Inhibiteurs de la biosynthèse des stérols membranaires (IBS)

Chez les champignons, les stérols - constituants membranaires - sont en général très majoritairement représentés par l'ergostérol. Ce composé est utilisé comme marqueur précis d'infection fongique chez les plantes (Seitz et *al.*, 1977).

I.6.1.2.3. Fongicides agissant sur la formation des parois cellulaires

Ces fongicides sont particulièrement efficaces contre les Oomycota. Le cymoxanil est un acétamide souvent employé en synergie avec d'autres fongicides.

I.6.1.3. Substances affectant la transduction de signaux

Le quinoxyfène est une quinoléine dont le mode d'action supposé pourrait être une interaction avec les protéines G. Cette matière est notamment active pour lutter contre les oïdiums.

Ou encore les Fongicides agissant sur la transduction de signaux osmotiques. Le mode d'action des phénylpyrroles est plus précisément une interaction avec des MAPKs (Mitogen-

Activated Protein Kinases) de la cascade de transduction de signaux osmotiques (FRAC, Fungicide Resistance Action Committee, 2003).

Nous citons aussi dans ce groupe de fongicide de contact les Inhibiteurs de la biosynthèse de méthionine et les inhibiteurs de la formation des microtubules et des divisions cellulaires. (Fritz *et al.*, 2003).

I.6.2. Fongicides systémiques

Aussi appelés fongicides pénétrants, sont absorbés à l'intérieur de la plante et peuvent avoir une action locale ou être véhiculés dans toute la plante (figure 09), Les fongicides systémiques peuvent avoir une action préventive et curative. La plupart des nouveaux fongicides sont dans cette catégorie. (Corbaz, 1990 et Lachuer, 2011).

La systémie des fongicides se limite uniquement à une systémie xylémienne : le produit diffuse de la semence (zone d'application) vers le sol environnant puis est absorbé par les racines au moment de la germination pour migrer vers les parties aériennes.

Trois variations sont cependant à signaler :

I.6.2.1. Les fongicides systémiques partiels ou locaux

Également appelés fongicides pénétrants, entrent Dans les plantes, mais ne peut pas se déplacer très loin. La plupart sont limités à un mouvement latéral lors du déplacement depuis le côté supérieur du papier face vers le bas. Ils peuvent également se propager sur les bords des feuilles. (couvreur, 2002).

I.6.2.2. Les fongicides à systémie ascendants

Peuvent pénétrer dans les plantes et se déplacer Significativement vers le haut dans les vaisseaux du xylème. si appliqué à Au niveau des racines, ils remonteront à travers toute la plante. Si vous postulez Sur les feuilles, elles vont se déplacer vers le bord de la feuille. (Couvreur, 2002).

I.6.2.3. Les fongicides à systémie descendants

Peuvent être appliqués sur les feuilles, ils jusqu'aux racines. Cependant, certaines molécules à systèmes descendants telles que Le métalaxyl ne s'est déplacé que légèrement vers les racines. (Couvreur, 2002).

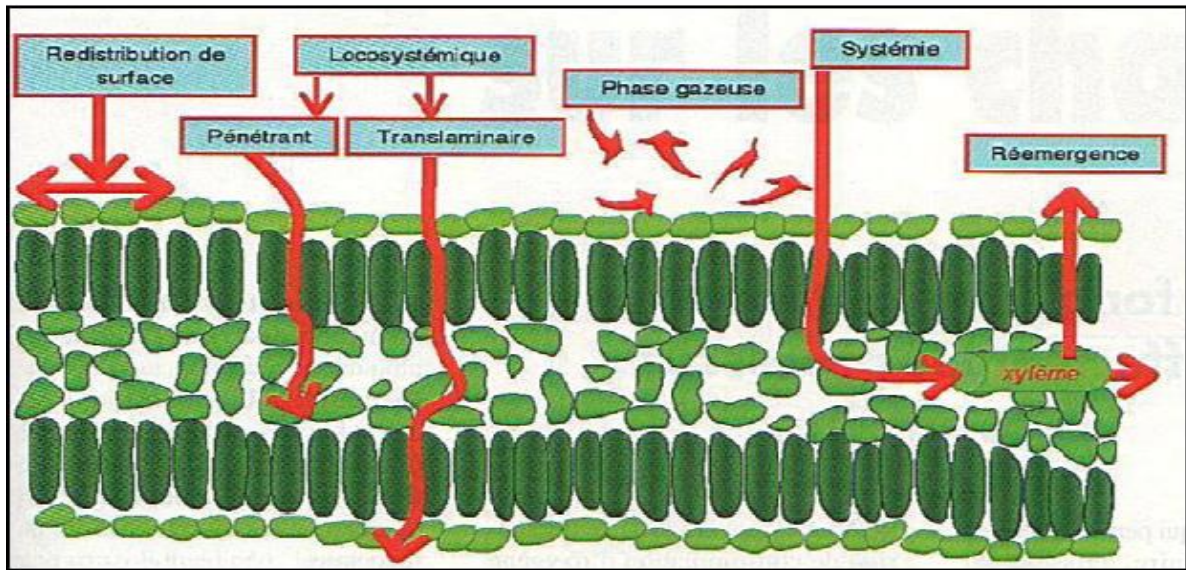


Figure 09: Déplacement des fongicides au niveau de la plante (Couvreur, 2002).



Chapitre II :
Matériel et Méthodes

I. Matériel**I.1. Matériel végétal**

La variété utilisée pour l'inoculation en plein champ a été fournie par la cooperative de céréales et légumes secs de la willaya de Laghouat (CCLS). La variété de blé dur Vitron, issue de la campagne 2020 a été cultivée dans la région de El-Méniéa. Cette variété semi précoce a été choisie pour avoir une sensibilité à la fusariose d'après le classement généré par CNCC des variétés sensibles. Nous avons choisi une variété plutôt sensible dans le but de pouvoir observer le développement de *F. culmorum* et mettre en évidence une éventuelle efficacité de notre fongicide vis-à-vis de la fusariose du blé.

Nous avons aussi reçu et utilisé des grains de vitron non traités que nous avons soit traité au niveau du laboratoire avec du Tébuconazol, ou alors, gardé comme témoins non traité.

I.2. Matériel fongique

Deux souches de *Fusarium culmorum* très pathogènes sur blé ont été utilisées. Ils sont de chémotype différent et ont été isolés à partir de l'épi de blé, et identifiées dans le laboratoire de mycotoxine MyCSA, INRA Bordeaux (Touati - Hattab, 2016).

I.3. Matériel fongicide

Afin de réaliser nos tests, notre choix s'est porté sur un Fongicide systémique à base de TEBUCONAZOLE utilisé pour le traitement de semences des céréales il s'agit de « ACIL 060 FS ».

Doté d'un large spectre d'action, sa matière active, le tebuconazole, pénètre à travers les téguments puis, elle est véhiculée dans la graine et la jeune tige. Le tebuconazole agit sur plusieurs sites dans la chaîne de biosynthèse de l'ergosterol. (Tab 03) <https://www.aci-algerie.com/ar/>.

Tableau03: La matière active, ses propriétés et ses utilisations Description de la matière active.

Nom commercial	ACIL 060 FS
Matière Active	TEBUCONAZOLE
Concentration	60 G/L
Formulation	Suspension concentrée (S.C)
Catégorie d'utilisation	Carie/charbon/septoriose
Cultures	céréales (blé et orge)
Doses d'utilisation	50 ml/quintal dilué dans 550 ml d'eau
Obs,	Traitement de semences
N°d'homologation	06 44 059
Représentant	ACI
Formule moléculaire	$C_{16}H_{22}ClN_3O$
Masse moléculaire	307.8 g/mol
Solubilité dans l'eau	de 32mg/l à 20 °C

Source : (index des produits phytosanitaires à usage agricole 2015).

➤ **Toxicologie**

Le tébuconazole possède une faible toxicité aiguë par les voies orale et cutanée mais il est modérément toxique par inhalation. Il est irritant pour les yeux mais non pour la peau. Ce n'est pas un sensibilisant cutané (US EPA 2013. Human Health Risk).

Le tébuconazole est classé cancérogène possible chez l'humain en raison de l'incidence plus élevée de tumeurs hépatocellulaires (adénomes et carcinomes chez les mâles et de carcinomes chez les femelles) chez les souris. La relation structurelle du tébuconazole avec au moins 6 autres composés de fongicides de la famille des triazoles qui produisent aussi des tumeurs hépatocellulaires supportent cette classification. Des effets non néoplasiques ont également été observés au foie. Une baisse de poids corporel a aussi été notée ainsi qu'une atrophie des ovaires dépendante de la dose. Chez les rats, une baisse de poids corporel et de certains

paramètres hématologiques ainsi qu'une augmentation des enzymes des microsomes du foie a été observées lors d'une étude chronique.

Des études sur le développement des rats, des souris et des lapins ont démontré une sensibilité accrue des fœtus comparativement aux parents. La reproduction n'a pas été affectée dans une étude chez les rats. Le tébuconazole ne serait ni génotoxique ni un perturbateur endocrinien. Il pourrait exercer des effets neurotoxiques, principalement chez les fœtus en développement (US EPA 2013. Pesticide Tolerances).

➤ **Écotoxicologie**

Le tébuconazole est très persistant dans le sol et dans l'eau. Il est stable à l'hydrolyse et à la photolyse au sol et dans l'eau. Les demi-vies de la photolyse sont de 191 jours au sol et de 590 jours dans l'eau. La biodégradation en conditions aérobies est lente avec des demi-vies de 770 jours dans le sol et de 1 386 jours dans l'eau (système eau-sédiment). D'après l'EPA, le 1,2,4-triazole, un métabolite, est persistant dans les sols aérobies avec une demi-vie de 107 jours. Il résiste à l'hydrolyse (pH 5, 7 et 9), à la photolyse et à la biodégradation dans l'eau (demi-vie = 214 j) (ARLA, 2006).

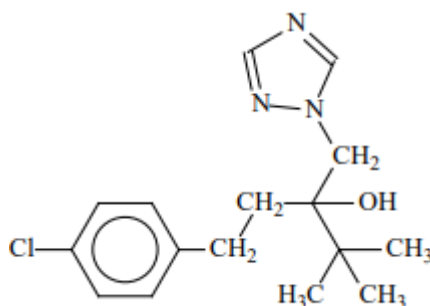


Figure10 : Formule développée de tebuconazole,

II. Méthodes expérimentales

II.1. Traitement des semences par les fongicides

Les traitements des semences ont eu lieu au laboratoire. Le traitement a été réalisé à partir d'une solution mère de 60g/l de Tébuconazole diluée dans de l'eau. Il faut préciser que la bouillie appliquée à la dose recommandée est de 600ml par 100kg de semences (Tab.05). Le principe des traitements des semences par ces fongicides consiste à les mettre au contact avec le produit et à assurer sa répartition de façon homogène, régulière et durable selon la méthode de Burg (2004). Après chaque traitement les grains sont séchés à l'air libre (Ibiam et al., 2008).

II.2. Test de germination des grains de blé traités avec différentes doses de Tébuconazole

L'essai a été effectué dans des boîtes de pétri avec différentes doses du fongicide (Tab.05). Ces dernières sont soit inférieures à la dose recommandée (D1R), à savoir : D1R/2 ; D1R/4 et D1R/8 ou supérieures 2D1R et 3D1R.

Tableau04: Doses utilisées dans le test des zones d'inhibition

Fongicide	Doses	Doses testées g/l	
	D1	0.49	D1R
	D2	0.24	D1/2
	D3	0.12	D1/4
Tébuconazole (solution mère 60g/l)	D4	0.06	D1/8
	D5	0.49	2D1
	D6	1.98	3D1
	T-		0

Les six concentrations différentes ont été supplémentées séparément. Chaque condition de culture a été réalisée en duplicata.

Après désinfection des semences à l'hypochlorite de sodium à 2% chlorométrique pendant 4 min, celles-ci sont rincées à l'eau distillée stérile, et enfin séchées avec du papier buvard.

Dans des erlenmeyers, nous avons mis les grains de blé avec le produit, pour avoir un bon enrobage du fongicide avec les grains, ceux-ci sont agités pendant 10 minutes, sont ensuite séchées à l'air libre afin de permettre une meilleure adhérence du produit sur les grains.

Pour chaque dose 100 graines sont déposées à raison de 10 graines par boîte au fond desquelles est déposé deux disques de papier buvard préalablement stérilisé et humidifié à l'eau distillée stérile.

Les boîtes ont été déposées à l'obscurité à température ambiante (en moyenne : 20°C), pendant sept jours selon Siddiqui (1999). On considère que la germination a débuté dès que la radicule est sortie hors des téguments de la graine (Bewely, 1997). Les semences germées sont notées quotidiennement. Pour le témoin 100 graines désinfectées non traitées ont été placées directement mis dans les boîtes.

II.3. Paramètres mesures

II.3.1. Taux de Germination ou TG

Le taux de germination ou TG (appelé encore pourcentage de germination), correspond au rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines semées que l'on multiplie par 100.

$$\text{TG}(\%) = \frac{\text{nombre de grains germés}}{\text{nombre totale de grains}} \times 100$$

II.3.2. Longueur des racines

La longueur des racines des plantules est mesurée à l'aide d'une règle graduée, sur 10 boîtes / par dose (Kabir, 2008 ; Görtz et al., 2013).

II.3.3. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de *Fusarium culmorum*

$$\text{Taux d'inhibition } 100\% = T - E / T \times 100$$

T = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements témoins.

E = valeur moyenne de croissance radiale chez les traitements essais.

II.3. 4. La zone d’inhibition (ZI) cm

Mesurer les diamètres (cm) des zones d’inhibition (ZI) obtenu sous l’effet des doses (D) des fongicides déposés sur une jeune culture de champignon âgée de 24h. Cette méthode consiste à déterminer l'activité du fongicide en se basant sur le diamètre de la zone d’inhibition, qui correspond à l'efficacité du fongicide.

II.3.5. L’indice d’attaque de la Fusariose

L’indice d’attaque de la fusariose sur la variété vitron inoculée et traitée avec les deux doses du fongicide, est estimée en calculant l'indice d'attaque en % des épis fusariés selon la formule suivante :

$$IA(\%) = \frac{\%épi1 + \%épi2 + \%épi3 \dots \dots \dots \%épi}{NTépi} \times 100$$

IA%: l'indice d'attaque en pourcentage; NT épi: nombre total d'épi pré-identifiés

II.4. Test d'inhibition du champignon par action du fongicide sur milieu de culture

Ce test consiste à étudier l'action du fongicide sur un champignon en boîte de pétri. Cette action se caractérise par la formation d'une zone d'inhibition due à la mort du champignon provoqué par le fongicide.

II.4.1 Le principe

Dans cette méthode, le champignon est introduit sous forme d'une suspension de spores dans les boîtes de pétri contenant le milieu de culture (PDA) additionné au centre de chaque boîte de pétri d'une pastille de fongicide.

a) Préparation des pastilles

Dans 100 ml de milieu gélosé maintenu en surfusion à 45 ° C, nous ajustons 100 ml de solution fongicide. Les concentrations sont en progression géométrique (voir tableau 05).

On agite vigoureusement pendant 20 mn pour homogénéiser l'ensemble, le mélange est coulé dans des boîtes de pétri à raison de 25 ml par boîte. Après refroidissement, un disque de 1 cm de diamètre est découpé à l'emporte pièces stérile dans le mélange (eau gélosée + fongicide) et déposé au milieu de la boîte de pétri contaminée par *Fusarium Culmorum*.

Les boîtes de pétri sont placées à 25 ° C pendant sept jours à l’étuve. Après ce laps de temps, on peut différencier les zones d'inhibition.

b) Préparation de l'inoculum de culture

La suspension de spores est préparée à partir de tubes de cultures repiqués depuis sept jours, dans lesquels on introduit 8 ml d'eau distillée stérile. On agite vigoureusement, la préparation de ce liquide est suivie par une vérification au microscope sur lame de Mallasse pour déterminer la concentration de l'inoculum, ce dernier est ajusté à 200.000 spores 10^6 / ml.

On prélève à la pipette pasteur stérile, la suspension de spores, que l'on répartit à raison de quelques gouttes dans les boîtes de pétri, contenant déjà le milieu PDA, à l'aide d'une spatule stérile, on étale l'inoculum sur toute la surface de la boîte. (Pour chaque dose, on fait deux répétitions avec témoin). Ces boîtes sont mises à incuber pendant 24 heures à 20 ° C.

Tableau 05 : Doses utilisées dans le test des zone d'inhibition.

Doses	ACIL 060 FS g/l	Eau Distillée /ml
D1	0.49	220
D2	0.24	220
D3	0.12	220
D4	0.06	220
D5	0.49	110
D6	1.98	55
T-	0	0

c) Lecture des boîtes

Le test est arrêté lorsque le pathogène occupe la totalité de la boîte du témoin et quand la zone d'inhibition occupe la totalité ou une grande partie de la boîte expérimentée.

Le taux d'inhibition a été mesuré au bout de 7 jours d'incubation.

La lecture des boîtes de pétri se fait par des observations visuelles. A l'aide d'un double décimètre, on mesure le diamètre de la zone d'inhibition pour chaque dose.

Quotidiennement. Deux diamètres perpendiculaires de chaque zone sont mesurés.

Remarque :

Concernant le témoin, nous en avons réalisé deux :

Le premier témoin : la pastille du fongicide est composée uniquement d'eau gélosée, déposée sur une boîte contaminée par *Fusarium culmorum*.

Le deuxième témoin : la pastille du fongicide est composée du fongicide et d'eau gélosée, déposée sur une boîte non contaminée. Pour voir s'il y a formation d'un halo, qui est dû uniquement au fongicide sans la présence du champignon.

II.5. Effets des fongicides sur la virulence *Fusarium culmorum*.**II.5.1. Etude de l'efficacité du fongicide appliqué au stade floraison**

L'essai a été effectué en plein champ, nous avons choisi uniquement deux doses il s'agit de la dose D1 et la dose D6.

Nous avons considéré un essai un pour chaque isolat. Ces deux essais ont été espacés de 1 mètres et plus loin à 5 mètres le troisième essai de la variété témoin. Dans chaque essai il ya 2 blocs avec un écartement de 70cm entre les blocs, il ya 3 micro-parcelles de 3 lignes et l'espace entre micro - parcelle est de 20 centimètre. La densité du semis était de 7 graines/ligne « 21 graines/micro-parcelle », le plan d'expérience adopté pour les 2 essais était un dispositif aléatoire complet (Figure11).

Les inoculations ont débuté lorsque les plantes avaient atteint le stade d'anthèse presque complète c.a.d stade floraison (stade 67 à l'échelle de Zadoks et *al.*1977). Les plants sont couverts par un film plastique afin d'assurer une humidité nécessaire au bon développement du pathogène. Au bout de 48heures le film est enlevé il s'en suit une légère pulvérisation à l'eau, et le lendemain on procède aux traitements par les deux doses de notre fongicide à l'aide d'un pulvérisateur à piston. Toujours pour maintenir une humidité au niveau des plants, on procède les jours suivants à plusieurs pulvérisations quotidiennes à l'eau.

Pour le système de notation utilisé, le nombre d'épillets déverdis a été noté avant le déverdissement physiologique (20 jours après l'inoculation, sur les 10 épis pré-identifiés est basé sur une échelle de 1 à 9 (1 = sans symptômes et 9 = épi mort) (Tableau 06) (**Mascher *et al.*, 2005**).

Tableau06 : échelle dévaluation utilisée pour l'estimation de la sévérité de l'infection par Fusarium sur épi, Michel, 2001, (Lamari, 2014).

Note	Part de l'épi infectée	Description des symptômes
1	0%	Sans symptômes
2	2.5%	Traces de symptômes, un épillet sur 10 épi montre des symptômes
3	10%	10%des épillets de chaque épi sont infectés
4	25%	Un quart des épillets infectés
5	50%	La moitié des épillets d'un épi sont infectés
6	75%	Trois quarts des épillets d'un épi sont infectés
7	90%	10% des epillets d'un épi ne sont infectés
8	97.5%	Peu des épillets d'un épi ne sont infectés
9	100%	Tous les épis sont morts

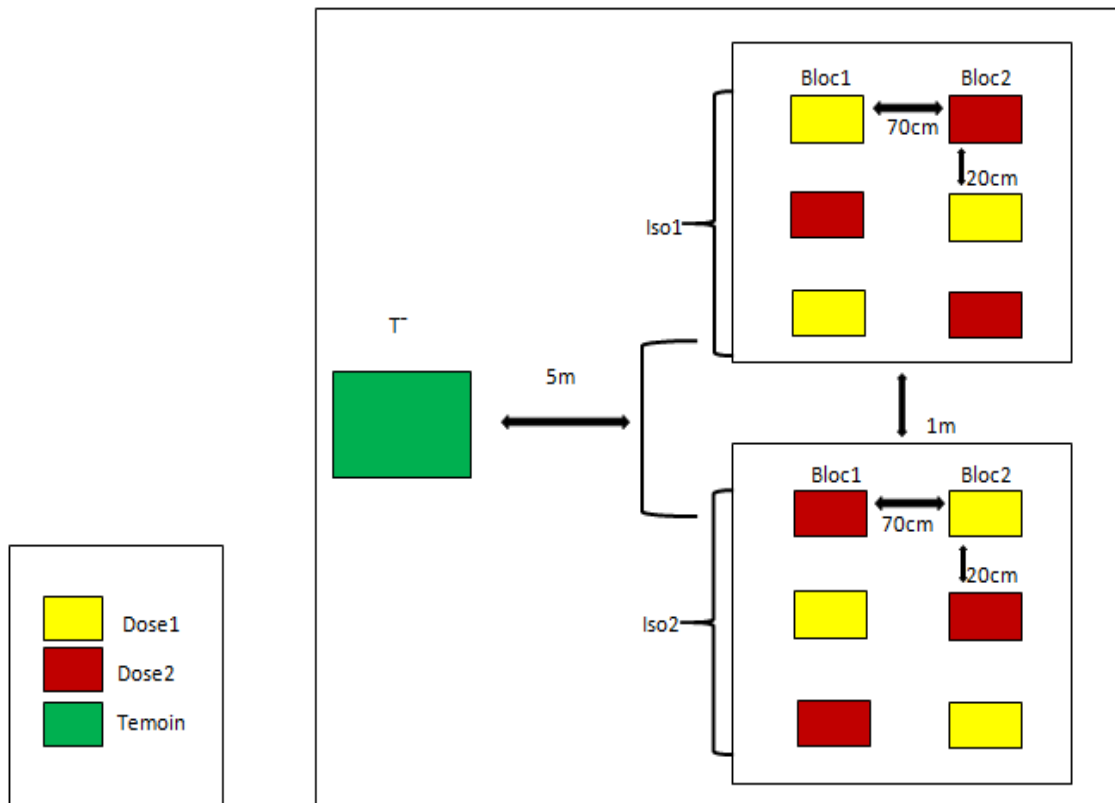


Figure11 : Schéma du dispositif expérimental de l'inoculation en plein champs

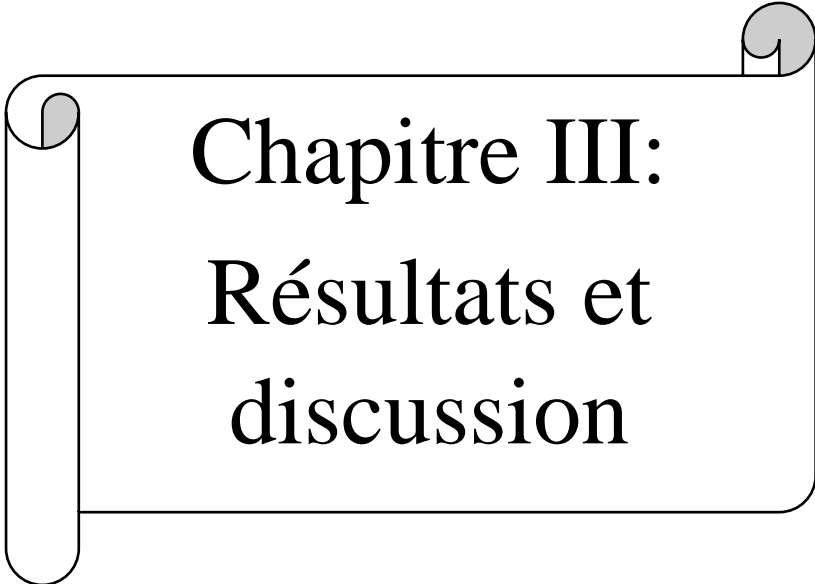


Figure 12: Essais en plein champ au stade tallage.

II.5.2. Traitement et analyse statistique des données

Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel statistique Minitab version 17. Les résultats sont validés par une analyse de la variance (ANOVA) avec interactions. Pour tous les tests, le niveau de la signification a été évalué au seuil 5%. Le cas échéant, la comparaison des moyennes était faite moyennant le test de Tukey Pairwise afin de distinguer des groupes selon les valeurs des moyennes des variables testées.

Les facteurs étudiés sont « fongicides », « doses » et « variétés » pour la première expérimentation qui concerne l'influence du Tébuconazole aux différentes doses sur la variété de blé. Pour la deuxième expérimentation, nous avons testé l'influence du Tébuconazole à différentes doses sur la croissance mycélienne de *Fusarium culmorum*. Et enfin Pour la troisième expérimentation, nous avons testé l'influence du Tébuconazole à différentes doses sur la variété de blé inoculé en plein champ, Le dispositif expérimental utilisé dans cet essai est celui d'un plan aléatoire complet, ce qui implique un traitement statistique à quatre facteurs : « fongicides », « doses », « champignon » et le facteur « variétés ».



**Chapitre III:
Résultats et
discussion**

RESULTATS ET DISCUSSION**I.1. Influence du Tébuconazole sur les paramètres de germination du blé**

Les résultats des paramètres de germination de la variété de blé Vitron, traitée au laboratoire au Tébuconazole, à la dose D1R (recommandée par le fabricant), et les différentes doses du fongicide. Ces dernières sont soit inférieures à la dose recommandée (D1), à savoir : D1/2 ; D1/4 et D1/8 ou supérieures 2D1 et 3D1.

I.2. Influence sur les paramètres de germination

Les résultats des TG de chaque traitement (Tableau 07) et (Fig 13), sont calculés sur les 100 grains de blé traités avec les 6 doses. On remarque d'après la figure 14, que l'ensemble des résultats des TG tout traitement confondu, présente des valeurs supérieures à 60%, ce qui signifie que les taux de germination du blé traités avec le fongicide à différentes doses, sont proche aux TG témoins.

Tableau 07: Taux de germination (TG) et Longueur moyenne (LM) de la coléoptile sous l'effet de différentes doses de fongicide après 7 jours d'incubation à 25°C.

Espèce de blé dur	Doses	Taux de germination (moyenne %)	Longueur moyenne des racines (cm) après 7 jours d'incubation à 25°C
Vitron	D1	95	2.60
	D2	74	0.57
	D3	81	0.74
	D4	65	0.20
	D5	81	0.39
	D6	92	0.85
	T-	97	13.22

Les TG des semences D3 ; D2 présente les taux de réduction les plus importants. Ces taux de réduction sont de 65% et 70% respectivement. Le traitement avec Tébuconazole montre des taux de réduction pas trop faibles par rapport aux valeurs témoins, ce qui indique que les effets de ce fongicide sont moindres sur les TG.

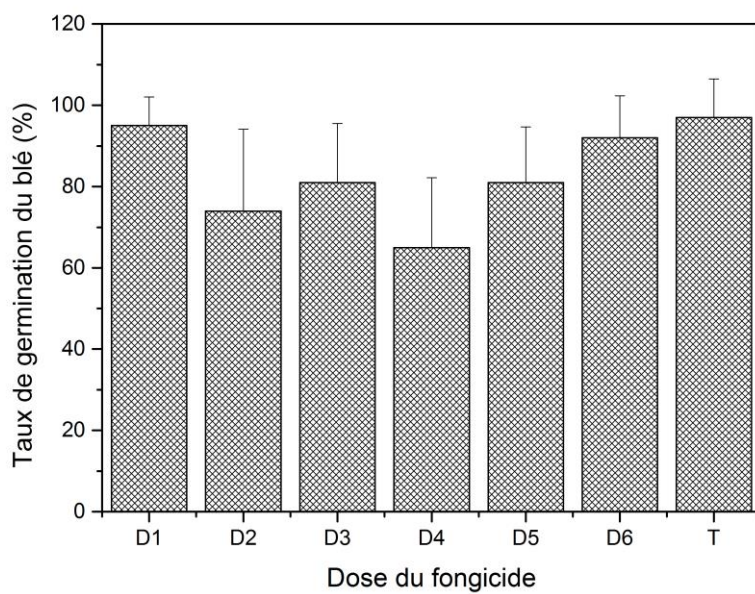


Figure13: Effet de différentes doses de fongicide sur le taux de germination.



Figure14 : Effet des différentes doses de fongicide sur la croissance du blé.

L'analyse de la variance a révélé des effets très hautement significatifs ($p < 0,001$) des fongicides sur le taux de germination.

Le test de Tukey Pairwise, de comparaison des moyennes des paramètres de germination TG des traitements fongicides présentés dans le Tableau. 09, montre la formation de trois groupes différents pour le TG : dans l'ordre, les témoins avec les TG les plus élevés, puis les cinq traitements au Tébuconazole, le dernier groupe concernent les semences traitées au D4 avec les TG les plus faibles. En effet le test de Tukey Pairwise n'a pas montré de grandes différences entre les semences témoins et traitées. Cependant, les semences D1, forment un groupe séparé des témoins et des autres traitements.

Tableau 08 : Classification des TG en fonction des fongicides selon Tukey Pairwise.

Concentration	N	Mean Grouping
T	10	97,00 A
D1	10	95,00 A
D6	10	92,00 A B
D3	10	81,00 A B C
D5	10	81,00 A B C
D2	10	74,00 B C
D4	10	65,00 C

Contrairement au TG, les élongations racinaires (LG) présentent une réduction de la longueur des racines très importante par rapport au témoin non traité.

La figure 15 présentant LG, montre que la variété de blé traitée avec les différentes doses présente des réductions très importantes de la longueur des racines comparée au témoin. En effet nous avons noté des longueurs de 2,60 cm obtenu avec D1 qui ont été réduites à 0,20 cm avec D4. Par rapport au témoin qui a montré une longueur moyenne de 13,2 cm, Ce qui indique que le blé témoin présente une meilleure germination.

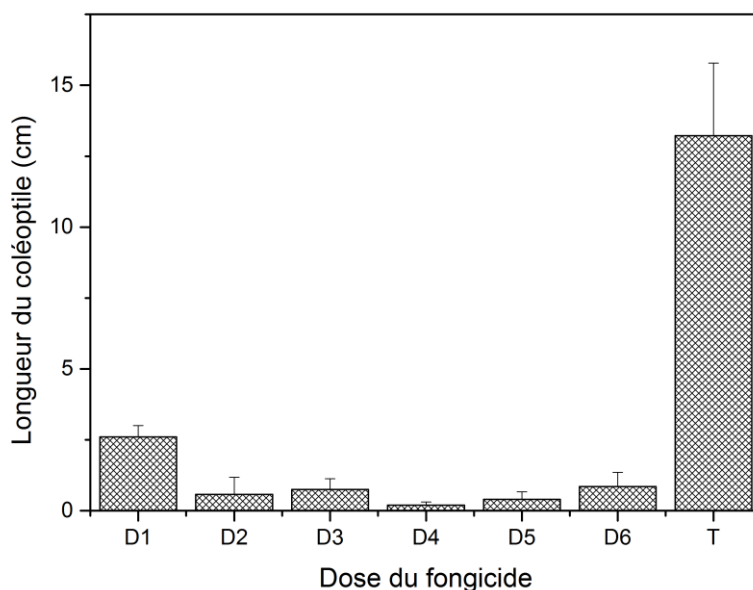


Figure 15: Longueur moyenne des racines sous l'effet de différentes doses de fongicide après 7 jours d'incubation à 25°C.

L'analyse de la variance a révélé des effets très hautement significatifs des fongicides sur le paramètre de croissance des racines ($p < 0,0001$).

Le test de comparaison des moyennes montre l'existence d'une différence significative entre les traitements effectués au laboratoire et celle de l'OAIC : cette dernière dose constitue, en effet, un groupe homogène à part, avec une croissance la plus élevée mais reste très faible par rapport au témoin (Tab 09).

Tableau 09 : Classification du paramètres de croissance « longueur de racine » en fonction des fongicides, selon TukeyPairwise.

Concentrations	Moyenne	Groupe
T-	13,220	A
D1	2 604	B
D6	0,851	C
D3	0,748	C
D2	0,577	C
D5	0,3973	C
D4	0,2020	C

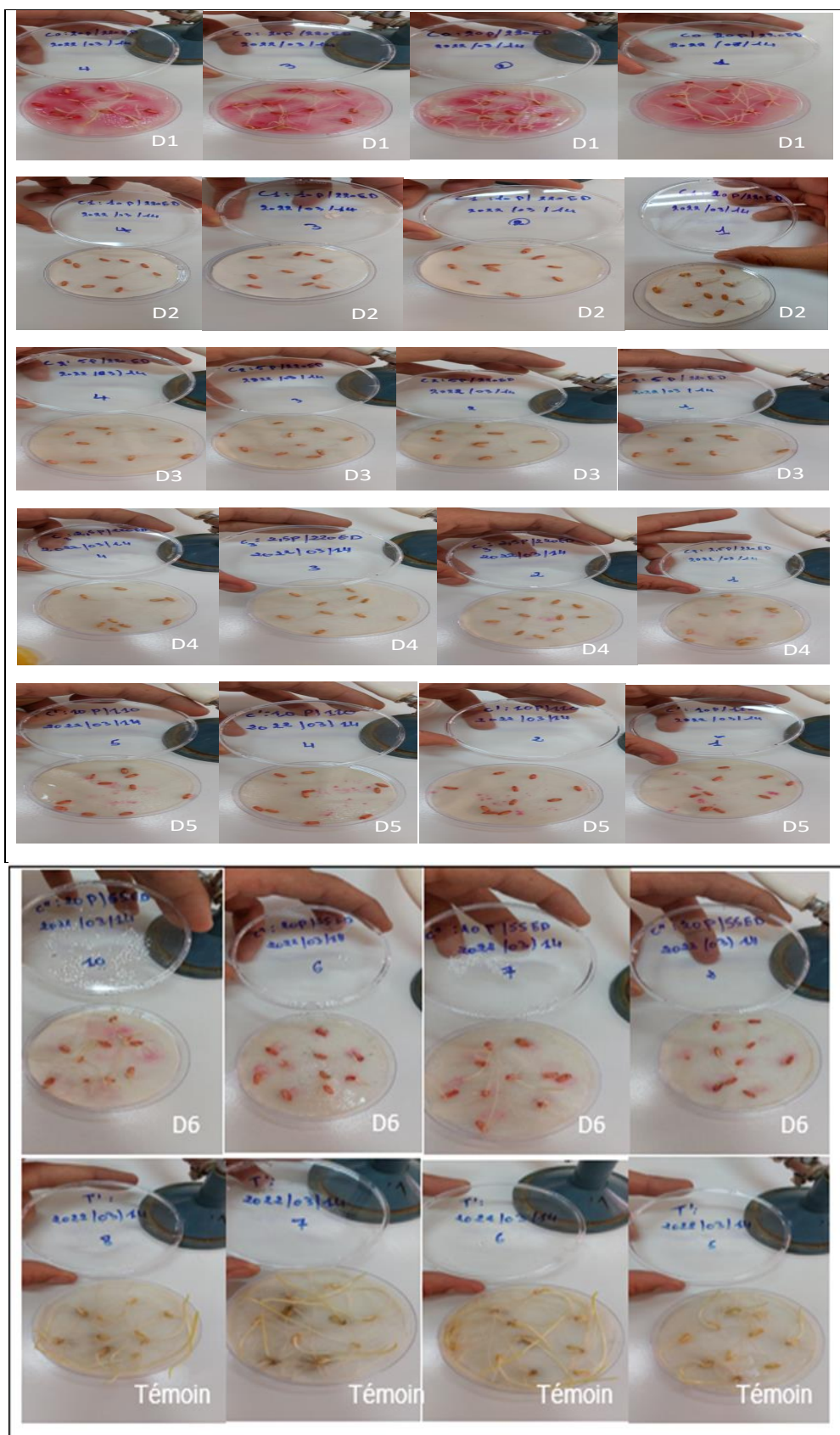


Figure16 : Effet de fongicide sur le TG et LR sous l'effet des différentes doses de fongicide.

I.3. Activité inhibitrice de Tébuconazole vis-à-vis de *Fusarium culmorum*

I.3.1. Effets du fongicide sur la croissance mycélienne du pathogène

L'évaluation de l'efficacité du produit testé (Tableau 10) repose sur la mensuration des zones d'inhibition (ZI) en cm. Nous avons calculé aussi le pourcentage de la croissance mycélienne par rapport au témoin non traité. L'analyse de la variance a révélé une interaction hautement significative ; $ZI = f(D)$ est de 94,42% entre le produit testé et les isolats de *F. culmorum* utilisés dans ($p < 0,0001$).

A partir de ces éléments, il a été possible d'étudier les régressions existant entre les diamètres (cm) des zones d'inhibition (ZI) et les doses (D) des fongicides déposés. Cette méthode consiste à déterminer l'activité du fongicide en se basant sur le diamètre de la zone d'inhibition, qui correspond à l'efficacité du fongicide.

En effet, la zone d'inhibition (ZI) ainsi la croissance mycélienne (CM) les plus importantes ont été obtenues avec D6 où (ZI) a atteint 1,95 cm et 1,83 cm pour ISO c et ISO t respectivement. Les doses D4 et D5 ont montré aussi un pourcentage CM élevé, supérieur à 50% pour les deux souches de *F. culmorum* isolats testés.

Cependant, la D1 de l'OAIC s'est montré moyennement efficace in vitro contre *Fusarium*, entraînant ainsi une zone d'inhibition de 1.55 et 1.78 cm pour ISO c et ISO t respectivement et une de croissance mycélienne d'environ 71.42% et 75%.

Par contre les deux doses D2 et D3 se sont avérées inefficace entraînant ainsi des ZN de 0 et importante CM de 100%.

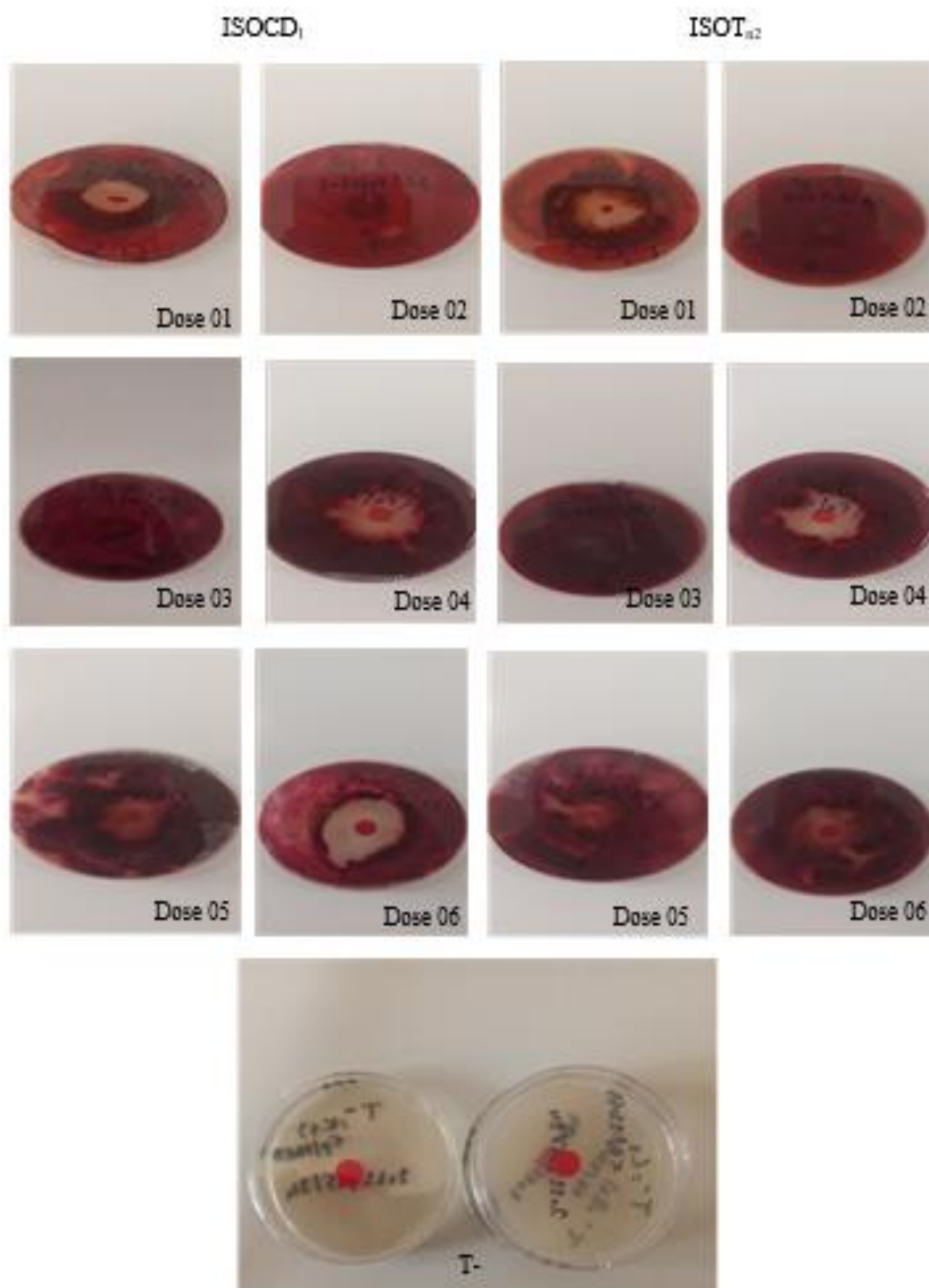


Figure 17: Effets du fongicide sur la croissance mycélienne du pathogène.

Tableau 10: Diamètre (cm) des zones d'inhibition et le % de la croissance mycélienne obtenues avec le fongicide sur les deux souches de *Fusarium culmorum*.

Fongicides					
Doses	Doses g/ml	ISO1		ISO2	
		ZI (cm)	TICM%	ZI (cm)	TICM%
D ₁	20	1.2	71.42	1.05	75%
D ₂	10	0	0	0	0
D ₃	5	0	0	0	0
D ₄	2.5	1.78	42,38	1.68	40
D ₅	40	1.55	36,90	1.15	27, 38
D ₆	80	1.95	46,43	1.83	56,42
T-	0	0	0	0	0

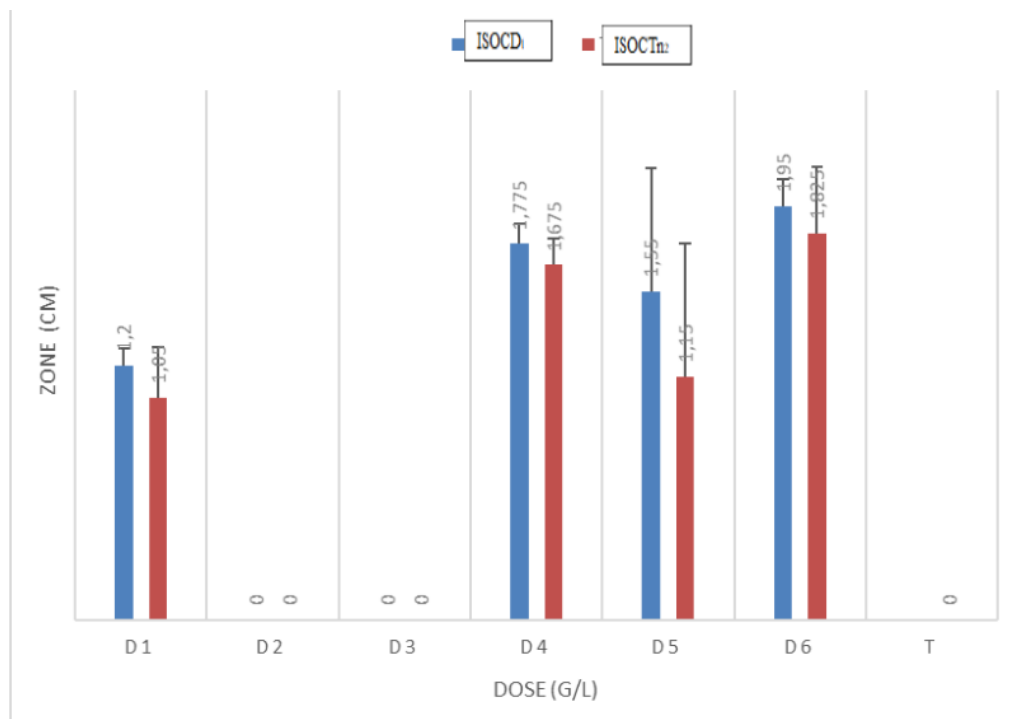


Figure 18: Diamètres des zones d'inhibitions des deux souches de *F. culmorum* sous l'action des 6 doses de fongicide, produits après 7 jours d'incubation à 25 °C. Les valeurs sont la moyenne de 3 répétitions.

I.3.2. Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de la maladie

L'efficacité des doses induisant le pourcentage d'inhibition intéressant in vitro, ont servi de critère de choix principal des deux doses à tester in vivo. L'application de notre fongicide était au stade floraison des plants de blé.

Les premiers symptômes sont apparus presque dans la même durée pour les deux isolats après 12 jours de l'inoculation. Les notations des symptômes sont réalisées après 19 en utilisant une échelle de notation de 0 à 9. En effet deux notations ont été réalisées, 12 jours et 19 jours après l'inoculation et application du produit. Le calcul de la réduction de l'indice de la maladie sur les plants de blé, ont révélé une grande efficacité pour les deux doses par rapport au témoin.

En effet, pour les deux essais traités, la réduction de l'indice d'attaque (IA) était importante, nous avons noté des (IA) inférieurs à 20% avec les deux doses. Cependant, les plants non traités ont montré des indices d'attaques supérieurs à 60%.

Il est à noter que les plants traités avec D2 ont montré un échaudage précoce des épis, avec l'apparition des épis blanc. Effectivement nous avons noté 12/20 épis blanc (problème de phytotoxicité). Cependant, l'utilisation de ce produit de systémique pour lutter contre la fusariose du blé en traitement foliaire a engendré des résultats encourageants. En effet, les plants de blé traités par ce produit se montrent résistants aux deux souches de *Fusarium culmorum*.

Tableau 11 : Indice d'attaque la fongicide (Acil) sur les deux champignons en fonction de temps.

	Champignon C						Champignon T					
	Dose 1 semain		Dose2 semain2		Temoin C		Dose1 semain 1		Dose2 Semain2		Temoin T	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Indice d'attaque %	0.25	0.006	0.23	0.006	0.633	0.633	0.166	0.113	0.172	0.03	0.229	0.502
Ecart type	0.086	0.005	0.05	0.005	0.057	0.057	0.057	0.103	0.062	0.047	0.293	0.151

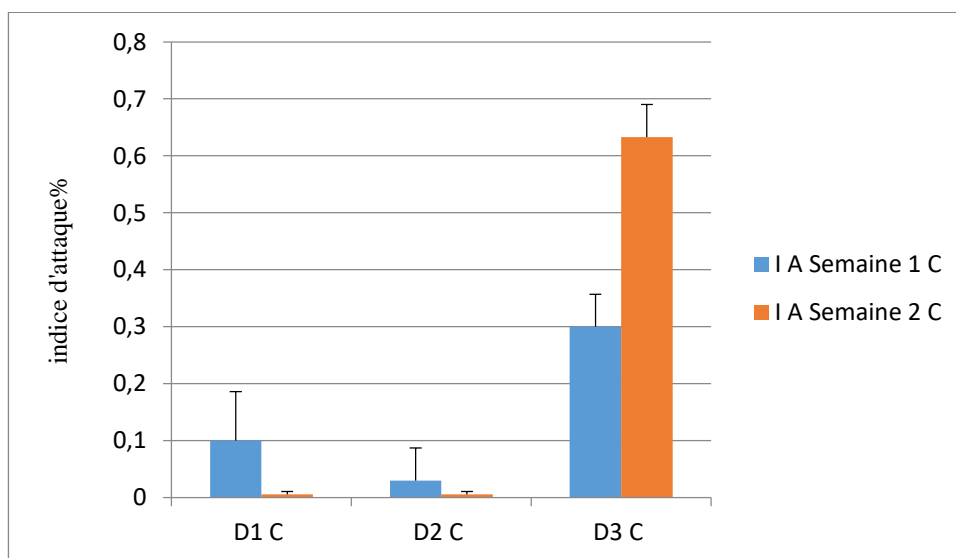


Figure19: Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de champignon *Fusarium culmorum*.

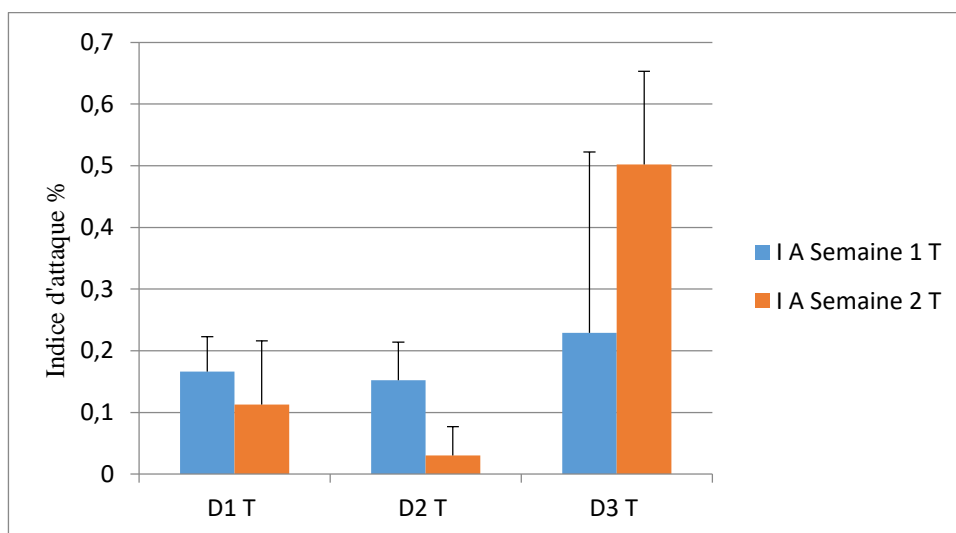


Figure20: Effets de Tébuconazole sur l'indice d'attaque de champignon *Fusarium culmorum*.

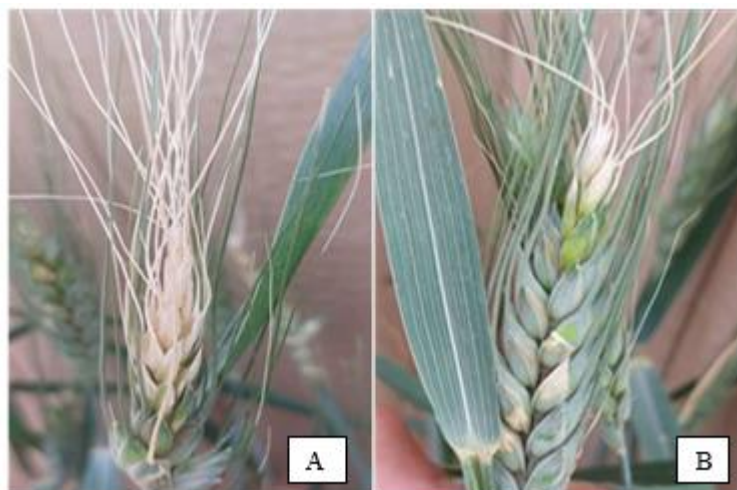


Figure21 : symptômes observés sur épi de blé



Figure22 : symptômes observés sur l'épi après l'utilisation de fongicide.

Discussion des résultats des différentes doses de fongicide sur les blés

Les résultats obtenus au cours de cette étude de l'influence du Tébucanazole à différentes doses montrent un impact faible sur la germination mais un effet négatif sur les premiers stades de développement du blé.

En effet, L'application des fongicides à différentes doses a montré des taux de réduction pas trop faibles par rapport aux valeurs témoins, ce qui indique que les effets de ce fongicide sont moindres sur les TG. Nos résultats concordent avec ceux de nombreux auteurs qui ont signalé des concentrations élevées des fongicides de semences sur la germination du blé affectent faiblement ce paramètre, les résultats des travaux de Taye et *al.*, (2013) qui ont montré que les traitements de semences avec certains fongicides pouvaient accélérer leur germination. Rangwala et *al.*, (2013) ont aussi signalé que le fongicide Carbendazim à concentration élevée, améliorerait la germination du blé. Les travaux menés par Smiley et *al.*, (1996) ont d'ailleurs montré que les triazoles pourraient même entraîner une légère augmentation de la germination de blé à faible dose.

Contrairement aux résultats des travaux de Siddiqui et *al.*, (2001) ; Siddiqui et Zaman, (2004) ; et des riz et le sorgho Ibiam et *al.*, (2008) et Avinash et Hosmain, (2012) qui ont signalé des effets négatifs des concentrations élevées des fongicides de semences sur la germination du blé, du maïs et des riz et le sorgho respectivement.

Contrairement au TG, les élongations racinaires (LG) présentent une réduction de la longueur des racines très importante par rapport au témoin non traité. En effet nous avons noté des longueurs de 2,60 cm obtenu avec D1 qui ont été réduites à 0,20 cm avec D4 Par rapport au témoin qui a montré une longueur moyenne de 13,2 cm. Ceci va dans le sens des résultats de Smiley et *al.*, (1996), Luper et *al.*, (1999), Siddiqui et *al.*, (2001) et Dhanamanjuri et *al.*, (2013). L'application de fortes doses des fongicides a réduit davantage la longueur des racines par rapport aux tiges.

Nos résultats concordent avec ceux des auteurs cités auparavant qui indiquent aussi que les racines semblent être plus affectées que les tiges par l'application des fongicides. Meksem (2007) a obtenu chez le blé, des réductions de croissance des racines plus importantes par rapport aux tiges après application des fongicides propiconazole et fluquinconazole.

Selon Prasad (1995) la réduction de l'élongation racinaire est souvent révélatrice d'une toxicité. Zhu (2001) suggère que les problèmes de croissance peuvent être dû soit à la conservation de l'énergie pour l'utilisation dans la réponse de défense et/ou à réduire les risques de dommages. Gopi et *al.*, (2005) ont pour leur part expliqué la réduction de la croissance par l'inhibition de la production d'auxines traduisant une perturbation de la division et l'élongation des méristèmes.

Les résultats de l'effet du fongicide sur la croissance mycélienne du *Fusarium culmorum* Tébuconazole a montré un pourcentage d'inhibition élevé, supérieur à avec les doses D6 ; D4 et D5 testés. Entraînant ainsi une inhibition importante de la croissance mycélienne. Cependant, avec la dose D1 de l'OAIC s'est montré moyennement efficace. Nos résultats concordent avec ceux de Koné et *al.*, (2009), ils ont montré que le taux de réduction de la croissance mycélienne s'accroît avec l'augmentation de la concentration de produit quel que soit l'agent pathogène. En présence du tébuconazole, de la trifloxystrobine et du propiconazole, les taux de réduction de la croissance mycélienne de *Mycosphaerella fijiensis* et *Cladosporium musae* sont plus importants qu'en présence de spiroxamin.

Chez *Deightoniella torulosa*, la spiroxamine, le tébuconazole et la trifloxystrobine réduisent de 15 à 70% environ la croissance mycélienne en fonction des concentrations, La croissance mycélienne est réduite de 50% aux concentrations de 0,26 ; 0,37 ; 0,48 et 0,52 respectivement pour la spiroxamine, la trifloxystrobine et la tébuconazole et le propiconazole. Aussi dans d'autres travaux le tébuconazole s'est montré plus efficace par rapport aux autres molécules sur *Botrytis cinerea* (Romero et Sutton, 1996).

Les produits agirait à des doses inférieures sur la germination par rapport à la croissance mycélienne de *Ascochyta rabiei* (Koné et *al.*,2007).

En effet, pour les deux essais traités, la réduction de l'indice d'attaque (IA) était importante, nous avons noté des (IA) inférieurs à 20% avec les deux doses. Cependant, les plants non traités ont montré des indices d'attaques supérieurs à 60%. Nos résultats vont dans le meme sens que ceux de mahfoud et lasbahani, (2015) qui ont montré que les formulations chimiques antifongiques testées (125 g/l Epoxiconazole, 250 g/l Speroxamine, 167 g/l Tubuconazole et 43 g/l Triadimenol ; 250 g/l propiconazol et 80 g/l cyproconazole), ont eu un effet inhibiteur total sur le développement des maladies fongiques testées en plein champs.



Conclusion générale

Conclusion générale

Les céréales constituent, depuis toujours, la principale ressource alimentaire de l'Homme et de l'animal. Malheureusement, de nombreux agents de détériorations sont cause la perte d'une grande partie des récoltes de céréales. Ces pertes sont causées principalement par les moisissures, notamment les espèces du genre *Fusarium* et de leurs mycotoxines.

Au cours de notre étude, nous avons cherché à étudier l'efficacité d'un fongicide systémique contre la fusariose de l'épi. Les essais réalisés « in vitro » ont confirmé que le fongicide (Acil) affecte un faible pourcentage sur le taux de germination, malgré les différentes doses. Nous avons constaté que tous les blés ont germé, mais l'effet sur la longueur de la racine était très grand. Nous avons constaté aussi que la dose D1 était la meilleure dose comparée aux autres doses, qui est utilisé par la Coopérative Grains et Légumineuses sèches de Laghouat Quant aux autres doses, malgré leurs différences, la croissance et la longueur racine et le coléoptile étaient très faible, cela est dû à la toxicité du fongicide.

La zone d'inhibition a montré une augmentation proportionnelle à la concentration du produit et c'est ce que nous avons obtenu dans nos résultats, car nous avons constaté que la zone d'inhibition variait de 1,5cm à 1,9cm avec les doses les plus élevées, Contrairement aux doses plus faibles.

Pour les essais réalisés « in vivo », Nous avons conclu que le fongicide affecte significativement l'élimination des champignons à la dose D1, mais le résultat est proche malgré la différence de toxicité du champignon, car nous avons dit que l'action du fongicide apparaît réellement au bout d'une semaine On peut dire de la variété du blé (in vitron) C'est une variété sensible.

En conclusion, on peut dire, que le fongicide ACIL est efficace vis à vis de *Fusarium culmorum* sur de blé. Ces résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes

Il serait en effet intéressant de :

*en particulier dans la perspective d'une lutte intégrée certains inconvénients remettent sérieusement en question l'avenir de la lutte chimique seul, Par conséquent, il est nécessaire de rechercher d'autres méthodes de lutte, telles que la lutte biologique.

* Reprendre ces expérimentations en testant l'impact d'autres fongicides.

* Compléter ces résultats par des dosages de protéines, sucres et chlorophylle afin de

Mieux appréhender les effets de ces fongicides sur le métabolisme de la plante.

* Doser les différentes hormones végétales afin de vérifier si leurs synthèse n'est pas perturbée suite aux fongicides.



Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- ❖ **ANONYME ,2017.** notice technique, protection phytosanitaire des céréales:Profert page 32
- ❖ **ARLA ,2006. (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire).** Note réglementaire (REG2006-11), 130 pages, <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php>
- ❖ **ARSENIUK, E., FOREMSKA, E., GORAL, T. & CHELKOWSKI, J. 1999.** Fusarium head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivatives in kernels of wheat, triticale and rye. *Journal of Phytopathology*, 147, 577-590.
- ❖ **BENNETT, J. W. & KLICH, M. 2003.** Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev*, 16, 497-516.
- ❖ **BENABOUD, J., OUJIDI, J., ELACHOURI, M., & CHAFI, A. 2014.** Pesticides used by Moroccan's farmer in oriental Morocco. Case of Berkane region. *Academia Journal of Environmental Sciences*, 2(4), 52–58.
- ❖ **BENBELKACEM, A., KELLOU, K. 2001.** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Algérie. *Options méditerranéennes*. 6: 105-110
- ❖ **BOTTALICO, A., PERRONE, G. 2002.** Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 108 (7), 611-624.
- ❖ **BENSEDDIK, B. ET BENABDELLI, K. 2000.** Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur en zone semi-aride. *Approche éco- physiologique, Sécheresse*, Vol. 11, N° 1, (2000), pp. 45-51
- ❖ **BOZZINI, A. 1988.** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: Fabriani, G., & Lintas, C. (Eds.). *Durum - Chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, pp. 1-16.

- ❖ **CHALANDRIER. 2005.**A,detrixhe P,oger r,sinnaeve g,romnée jm,ciza a,dekeyser a ,cavelier m.
- ❖ **CHAMPEIL, A., DORE, AND T. FOURBET, J. F. 2004(B)** .Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. Plant Science, 166, 1389-1415.
- ❖ **CARON, D., MALAVERGNE, D., DUPONT DE DINECHIN, L. 2007.** Impact of agro-environmental factors on the F. graminearum inoculum level and kinetics of ascospores release. In: Colloque scientifique RARE Arcachon, France, pp. 11-12.
- ❖ **CHAMPEIL, A., DORE, T. & FOURBET, J. F. 2004.** Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. Plant Science, 166, 1389-1415.
- ❖ **COOK, R.J. 1980.** Fusarium foot rot of wheat and its control in the Pacific Northwest. Plant
- ❖ **CORBAZ. 1990.** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Presse de la systémiéphloémienne de nouvelles molécules à effet fongicide et d'activateurs de.
- ❖ **COUVREUR. 2002.** Fongicides des céréales et des protéagineuse. Edition ITCF, PP 216
- ❖ **FAO, 2005.** « Statistiques de blé ».
- ❖ **FEILLET, P. 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- ❖ **FEILLET. 2000.** « Le grain de blé composition et utilisation ». INRA. Paris 308p.
- ❖ **FELDMAN, M., ER. SEARS. 1981.** The wild gene resources of wheat. Sci. Am.244 : 98–109

- ❖ **GATE, P.H., (1995).** Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation : Lavoisier, Paris 429 p.
- ❖ **GOSWAMI, R.S. & KISTLER, H.C. 2004.** Heading for disaster: *Fusariumgraminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology*, 5, 515-525.
- ❖ **HENNOUNI, N., DJEBAR, M.R., ROUABHI, R., YUBI, M., BERREBBAH, H. 2008.** Effects of Artea, a systemic fungicide, on the antioxidant system and the respiratory activity of durum wheat (*Triticum durum*). *African Journal of Biotechnology*. 7 (5): 591-594.
- ❖ **JEUNOT, B. 2005.** Les fusariotoxines sur céréales: détection, risque et nouvelle réglementation, thèse de doctorat en pharmacie, université Henri Poincaré page 110.
- ❖ **JANSEN, C., VON WETTSTEIN, D., SCHAFER, W., KOGEL, K. H., FELK, A. & MAIER, F. J. 2005.** Infection patterns in barley and wheat spikes inoculated with wild-type and trichodiene synthase gene disrupted *Fusarium graminearum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 16892-16897.
- ❖ **KONE, D., NICOT, P. BARDIN, M. AKE, S. 2007 .** Caractérisation Phylogénétique des isolats de *Cladosporium* sp. de la phyllosphère des bananiers en Côte-d'Ivoire, in : XVIIIth Congrès de l'AETFAT (Association pour l'Etude et la Taxonomie de la Flore Africaine), 26 Février–02 Mars, Communication orale – Yaoundé–Cameroun, Organized by National Herbarium/IRAD/ MINRESI, 2007
- ❖ **LACHUER, E., 2011 .**Les produits phytosanitaires, Distribution et application : Les différentes méthodes de lutte et le choix d'un produit en lutte chimique. 3ème Ed : Educagri, France. Tome I.195p.
- ❖ **LEONARD, K. J. & BUSHNELL, W. R. 2003.** *Fusarium* head blight of wheat and barley, St. Paul, Minn., APS Press.

- ❖ **LESLIE, J. F. & SUMMERELL, B. A. 2005.** The Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing. Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé, 2016. Sciences pharmaceutiques.

- ❖ **MICHEL, V, F., ET BROWNE, RA. 2005.** Sélection de variétés de blé et de triticales résistantes à la fusariose sur épi. Revue suisse Agric. 189-194.

- ❖ **MASLE MEYNARD .J. 1982.** mise en évidence d'un stade critique par la montée d'une talle. Agronomie, 1: 623-632.

- ❖ **MASLE, MEYNARD, J., 1981.** Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. Agronomie.1 : 365-374.

- ❖ **MATHIEU CB., NATHALIE S., DENIS PAGEAU M SC. ET SYLVIE R., 2012.** Pour en savoir plus sur la Fusariose.7p

- ❖ **MAULER-MACHNIK, A. ETSUTY, A. 1997.** New finding of the epidemiology, importance and control of Fusarium ear blight on wheat.Cereal Res. Commun.25: 705-711.

- ❖ **MEKSEM L., ROUABHI R., DJEBAR-BERREBBAH H., DJEBAR M.R. 2007.** The impact of Propiconazole (Tilt 250) EC on the growth and Breathing of hard Wheat isolated roots (T. durum, GTA and Vitron varieties).African Journal of Agriculture Research. 2(8): 370-373.

- ❖ **MOUSSAOUI, K. ., BOUSSAHEL, R., TCHOULAK, Y., HAOUCHINE, O., BENMAMI, M., & DALACHI, N. 2001.** Utilisation, évaluation et impacts des pesticides en Algérie.PPT.p31.

- ❖ **MUSTAPHA BOUZIANI - LE 26 JUIN 2007** L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires.

- ❖ **OERKE 1999; OERKE ET DEHNE 2004;** Pimentel et al. 1993; Popp et al. 2013.

- ❖ **PARRY, D. W., JENKINSON, P. & MCLEOD, L. 1995.** Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals-a review. *Plant Pathology*, 44, 207-238.
- ❖ **PIRGOZLIEV, S. R., EDWARDS, S. G., HARE, M. C. & JENKINSON, P. 2003.** Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 731-742.
- ❖ **PROCTOR, R. H., HOHN, T. M. & MCCORMICK, S. P. 1995.** Reduced virulence of *Gibberella zeae* caused by disruption of a trichothecene toxin biosynthetic gene. *Mol Plant Microbe Interact*, 8, 593-601.
- ❖ **RICHARD, M., 2004.** La Fusariose chez les céréales dans le Canada atlantique. <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/FieldCrops-GrandesCultures/FUSARI%20f3.pdf>
- ❖ **ROMERO, R.A. SUTTON, T.B. 1996** .Sensibility of *Mycosphaerella fijiensis*, Causal Agent of Black Sigatoka of Banana, to Propiconazole\$*Phytopathology*, 87 (1) , pp. 86-100
- ❖ **RUEL, T.2006** .Document sur la culture du blé, édition Educagri
- ❖ **Schisler, D. A., Khan, N. I., Boehm, M. J., Lipps, P. E., Slininger, P. J. et Zhang, S. 2006.** Selection and evaluation of the potentiel of choline-metabolizing microbial strains to reduce Fusarium head blight. *Biological Control* 39 : 497-506
- ❖ **SUTTON, J. C. 1982.** Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 4, 195-209.
- ❖ **SCHRECK, E. 2008.** Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration, impact sur les lombriciens. Thèse de

doctorat en Ecotoxicologie. Université de Toulouse, PP 299. *andexperimentalbotany*. 35 (4): 525-545.

- ❖ **SEYOUN, R., ZEHERRI, D., BOUZNAD, Z. 1999** . “Les maladies des cereales et legumineuses alimentaires au Maghreb ».
- ❖ **SOLTNER, 2005**. Stade Echelle de FEEKES Echelle de ZADOCKS Echelle de JONARD Caractéristiques Levée 1 10 11 12 13 p.17 Les diverses échelles de notation des stades du blé.
- ❖ **Service statistique, Douane Algérienne, 2010**
- ❖ **UIPP 2011**. L'utilité des produits phytopharmaceutiques. Union des Industries de la Protection des Plantes 6 p.
- ❖ **US EPA: United States Environmental Protection Agency, 2013**. Tebuconazole: Human Health Risk Assessment for Tolerance Increases Based on Submission of Condition of Registration Requirements for Barley and Cantaloupe; and Crop Group Expansion for Fruiting Vegetable Crop Group 8-10. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention, January 31, 2013, 39 p.
- ❖ **US EPA: United States Environmental Protection Agency, 2013**. Tebuconazole; Pesticide Tolerances. Federal Register Environmental Documents, November 15, 2013, volume 78, number 221, p. 68741-68748.
- ❖ **WEGULO S., JACKSON T A., BAENZIGER S., CARLSON M. ET HERNANDEZ J., 2008**. Fusarium Head Blight of Wheat. 8p.
- ❖ **YUEN, G. Y. ETSCHONEWEIS, S. D. 2007**. Strategies for managing Fusarium head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *International journal of Food Microbiology* 119 : 126 – 130

- ❖ **YVES, H ET BUYER.J., 2000** . l'origine des blés. Pour les sciences hors série n° 26,60 - 62 pp

- ❖ **ZILLINSKY FJ., 1983**. Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification. Mexico, CIMMYT. 141 p.

- ❖ <https://fsnv.univsetif.dz/images/telecharger/SA/ch1.%20GRANDES%20CULTURES%20M1pdf>

- ❖ <https://www.aci-algerie.com/ar/>

- ❖ <https://www.senat.fr/rap/102-215-2/102-215-239.html>

- ❖ <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ar/>

- ❖ <https://fr.statista.com/statistiques/570403/ble-volume-de-production-dans-le-monde/>

- ❖ <https://www.jeunefrique.com>

- ❖ <https://www.algerie-eco.com/>

- ❖ <https://www.ufarevue.ch/re/production-vegetale/fusarioses>

<https://agro-seed-consulting.com/fongicides-classification-et-modes-daction>