



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم الميكروبيولوجيا ..... Département de Microbiologie

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

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

**Filière : Biotechnologie**

**Spécialité : Mycologie et biotechnologie fongique**

**Intitulé :**

---

## **Les champignons phytopathogènes du blé et les moyens de lutte.**

---

**Préparé par :** REZINE Amira

Le : 22/09/2021.

BOUKEZIOUA Fatima

**Jury d'évaluation :**

**Présidente du jury :** Melle. ABDELAZIZ Ouided (MCB- UFM Constantine 1).

**Rapporteur :** Mme. LEGHLIMI Hind (MCA- UFM Constantine 1).

**Examinatrice :** Mme. BOUCHERIT Zeyneb (MAA- UFM Constantine 1).

*Année universitaire*  
**2020- 2021**

## Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu de nous avoir guidées sur le droit chemin, et en nous donnant la force et le courage, la patience pour achever ce modeste travail.*

*Nous remercions aussi chaleureusement notre encadrante **Mme LEGHLIMI Hind** Maitre de conférences classe A à l'université des frères Mentouri Constantine1, d'avoir accepté de nous encadrer et pour l'intéressant sujet qu'elle nous avait proposé, de nous orienter et nous appuyer à chaque étape, c'est par sa disponibilité, sa gentillesse, pour le temps qu'elle nous a consacré pour achever ce travail, nous lui adressons tous nos reconnaissances pour sa patience, ses précieux conseils, ainsi que son soutien moral et scientifique lors de la rédaction de ce mémoire, merci infiniment madame.*

*Nos profonds remerciements vont aux membres de jury la présidente **Melle ABDELAZIZ Ouided** Maitre de conférences classe B à l'université des frères Mentouri Constantine1, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury.*

*Nous remercions **Mme BOUCHERIT Zeyneb** Maître assistante classe A à l'université des frères Mentouri Constantine1, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant d'examiner le fruit de ces mois de recherche.*

## Dédicaces

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance. Je dédie ce modeste travail :*

*A la personne qui est toujours avec moi, mon très cher Papa **Fayçal**, qui a été mon ombre durant toutes les années des études et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et me protéger. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi, puisse Dieu te protéger inChAllah.*

*A ma précieuse perle, ma chère mère honorable **Nadia** qui est toujours près de moi et qui n'a jamais cessé de prier pour moi, combattue de toutes ses forces pour mon bonheur et mon succès par son amour, son soutien. Aucun mot ne peut exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu as fait depuis ma naissance à ce jour. Merci maman, vous êtes la super femme dans le monde. Puisse dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*A mes petites sœurs, **Malak** qui a obtenu son baccalauréat et que je la félicite pour sa réussite ainsi à ma petite sœur **Amani** qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.*

*A mon adorable tante **Mounia** et mes cousines **Sérine** et **Lina** pour leur soutien morale.*

*A mes chers amies **BOUDEFA Mouna** et **BOUKERB Lina Rayene**.*

**REZINE Amira**

## Dédicaces

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents **MOHAMED** et **SOUAD** pour leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements.*

*A mes très chers frères :*

***DJALEL** et **HICHEM** et son épouse **MARWA** ainsi que leur fils **ABDNOUR**.*

*Mes sœurs merci pour leur soutien moral :*

***KARIMA** et son mari **MESSAUD** et leurs enfants **NAIL AHHMED** ; **ANFAL** et **SAFA** j'espère vous voir bientôt parmi nous inChAlah.*

***MOUFIDA** et son mari **ALA EDINE** ainsi que leurs enfants **MOUHAMED** **ABDSALAM** et **ABDRAZAK**.*

*Mes chères : **ZINA** ; **SAMIHA** ; **RADYA** ; **FAYROSE** ; **NOURA** ; **NAWAL** ; **SAWSSAN**.*

*Toute la famille de **BOUKEZIOUA** et **BOUHLASSA**.*

*Toutes mes amies : **SAFA** ; **HABIBA RAYENE** ; **RAYHANA** ; **CHOUROUK** ; **LINA** ; **MERIAME** ; **ROUFIA**.*

*Enfin, je remercie toute personne qui m'a aidé de près ou de loin, Merci.*

**BOUKEZIOUA Fatima**



## Résumé

Le blé constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéine, il fournit également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. Au cours de sa croissance, le blé peut-être soumis à un certain nombre d'agressions de nature diverses, entre autres les maladies cryptogamiques (causées par les champignons) qui représentent 80% des maladies affectant les céréales. Les champignons phytopathogènes du blé sont responsables des dégâts importants, en particulier, la diminution de la qualité technologique et sanitaire, la réduction de la valeur nutritionnelle, des pertes de rendement qui provoquent des problèmes économiques nationale et internationale. La prolifération de ces champignons microscopiques exige un certain nombre de facteurs nutritifs et environnementaux tels que l'aération, le pH et la température. Les maladies cryptogamiques les plus fréquentes sont : la rouille brune (*Puccinia recondita*), la rouille jaune (*Puccinia striiformis*), la tache septorienne (*Septoria tritici*), l'helminthosporiose (*Pyrenophora tritici-repentis*), l'oïdium (*Erysiphe graminis*) et la fusariose (*Fusarium graminearum*). Ce travail vise les méthodes d'échantillonnage et d'isolement des champignons pathogènes du blé, la confirmation et l'identification de ces derniers est basée sur l'analyse des critères macroscopiques et microscopiques. L'essai de la lutte biologique est réalisé par l'utilisation de *Trichoderma harzianum* et *Aspergillus niger* selon deux méthodes : confrontation directe (technique de double culture) et confrontation à distance (par effet d'inhibiteurs volatils). La lutte chimique est assurée par l'utilisation de fongicides chimiques. Les résultats des études actuelles, prouvent que la lutte biologique contre les maladies cryptogamiques, s'impose comme alternative de choix, surtout par l'utilisation du genre *Trichoderma* qui présente une activité antifongique importante, et nécessite d'être exploiter.

**Mots clés :** Le blé, les champignons phytopathogènes, les maladies cryptogamiques, la lutte biologique, *Trichoderma harzianum*, la lutte chimique.

## Abstract

Wheat is the first resource in human nutrition and the main source of protein. It also provides a privileged resource for animal feed and many industrial applications. During its growth, wheat can be subjected to a certain number of aggressions of various nature, among which cryptogamic diseases (caused by fungi) which represent 80% of the diseases which affect cereals. The phytopathogenic fungi of wheat are responsible for important damages, in particular, the decrease of the technological and sanitary quality, the reduction of the nutritional value, the losses of yield that cause national and international economic problems. The proliferation of these macroscopic fungi requires a number of nutritive and environmental factors such as aeration, pH and temperature. The most frequent cryptogamic diseases are: brown rust (*Puccinia recondita*), yellow rust (*Puccinia striiformis*), septoria leaf spot (*Septoria tritici*), helminthosporioses (*Pyrenophora tritici-repentis*), powdery mildew (*Erysiphe graminis*) and fusarium (*Fusarium graminearum*). This work is aimed at the sampling and isolation methods of pathogenic fungi of wheat, the confirmation and identification of phytopathogenic fungi is based on the analysis of macroscopic and microscopic criteria. The biological control test is carried out by using *Trichoderma harzianum* and *Aspergillus niger* according to two methods: direct confrontation (double culture technique) and remote confrontation (by volatile inhibitors effect). Chemical control is ensured by the use of chemical fungicides. The results of the current studies, prove that the biological fight against the cryptogamic diseases, imposes itself as alternative of choice, especially by the use of the *Trichoderma* genus which presents an important antifungal activity, and needs to be exploited.

**Key words:** Wheat, plant pathogenic fungi, cryptogamic diseases, biological control, *Trichoderma harzianum*, chemical control.

## ملخص

القمح هو المورد الأول في الإمداد البشري والمصدر الرئيسي للبروتين، كما يوفر موردا متميزا للأعلاف الحيوانية والتطبيقات الصناعية المتعددة. أثناء نموها، قد يتم تقديم القمح إلى عدد من العدوان المتنوع، بما في ذلك أمراض التشفير (الناجمة عن الفطر) الذي يمثل 80٪ من الأمراض التي تؤثر على الحبوب. إن الفطر النباتي للقمح مسؤول عن أضرار كبيرة، على وجه الخصوص، انخفاض الجودة التكنولوجية والصحية، والحد من القيمة الغذائية، وفقدان الأداء التي تسبب المشاكل الاقتصادية الوطنية والدولية. يتطلب انتشار هذه الفطريات النباتية عددا من العوامل الغذائية والبيئية مثل التهوية، درجة الحموضة ودرجة الحرارة. أمراض التشفير الأكثر شيوعا هي: الصدأ البني (*Puccinia recondita*)، الصدأ الأصفر (*Puccinia Striforificis*)، بقعة الحاجز (*Septoria tritici*)، داء الديدان الطفيلية (*Pyrenophora tritici-Repentis*)، العفن البودرة (*Erysiphe graminis*) وذبول الفوساريوم (*Fusarium graminearum*). يهدف هذا العمل إلى طرق أخذ العينات وعزل الفطريات المسببة للأمراض من القمح، ويستند تأكيد وتحديد الفطريات النباتية على تحليل المعايير العيانية والمجهرية. يتم اختبار المكافحة البيولوجية باستخدام *Trichoderma harzianum* و *Aspergillus niger* باستخدام طريقتين: المواجهة المباشرة (تقنية الزراعة المزدوجة) والمواجهة عن بعد (عن طريق تأثير مثبتات متطابرة). يتم ضمان السيطرة الكيميائية باستخدام مبيدات الفطريات الكيميائية. نتائج الدراسات الحالية، تثبت أن المكافحة البيولوجية ضد الأمراض المشفرة، تفرض كبديل للاختيار، وخاصة من خلال استخدام جنس *Trichoderma* الذي يمثل نشاطا كبيرا مضادا للفطريات، والذي يجب استغلاله.

**الكلمات المفتاحية:** القمح، الفطريات النباتية، الأمراض المشفرة، المكافحة البيولوجية، *Trichoderma harzianum*، السيطرة الكيميائية.

## Liste des abréviations

**Aw** : Activité Water

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

**l/ha** : Litre par hectare

**P** : Pluviométrie

**PDA** : Potatose Dextrose Agar

**pH** : potentiel d'Hydrogène

# Table des matières

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	01
<b>Partie 1 : Revue bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Donnés sur le blé.....</b>	<b>03</b>
I. Donnés sur le blé.....	03
1. Introduction.....	03
2. Historique.....	03
3. Origine.....	03
4. Définition.....	03
5. Classification botanique.....	04
6. Caractères morphologiques.....	04
6.1. Appareil végétatif.....	04
6.1.1. Racines.....	04
6.1.2. Tige.....	05
6.2. Appareil reproducteur.....	05
6.3. Grain.....	05
6.3.1. Structure histologique du grain .....	05
6.3.1.1. Enveloppes.....	05
6.3.1.2. Albumen.....	06
6.3.1.3. Embryon.....	06
6.3.2. Composition biochimique du grain .....	06
7. Cycle de développement .....	08
7.1. Période végétative.....	08
7.2. Période de reproduction.....	08
7.3. Période de Maturation.....	09
8. Importance socio-économique .....	10
8.1. Dans monde.....	10

8.2. En Algérie.....	10
<b>Chapitre 2 : Maladies cryptogamiques du blé.....</b>	<b>11</b>
2. Maladies cryptogamiques du blé.....	11
2.1. Microorganismes phytopathogènes.....	11
2.2. Maladies parasitaire.....	12
2.3. Principaux maladies du blé.....	12
2.3.1. Maladies sur feuillage.....	12
2.3.1.1. Rouille.....	12
• Rouille brune.....	12
• Rouille jaune.....	13
• Rouille noire.....	13
2.3.1.2. Septorioses.....	14
• Tache septorienne.....	14
• Septoriose des feuilles et épis.....	14
2.3.1.3. Helminthosporioses .....	15
2.3.1.4. Oïdium.....	15
2.3.2. Maladies des pourritures racinaires .....	16
2.3.3. Maladies sur épi .....	17
2.3.3.1. Charbon nu .....	17
2.3.3.2. Carie .....	17
2.4. Fusariose .....	18
2.4.1. Symptômes.....	18
2.4.2. Cycle biologique.....	19
2.5. Les champignons microscopiques pathogènes du blé.....	20
<b>Chapitre 3 : Moyens de lutte.....</b>	<b>23</b>
3. Moyens de lutte contre les maladies du blé.....	23
3.1. Lutte chimique .....	24
3.2. Lutte culturale.....	24
3.3. Lutte physique.....	24
3.4. Lutte biologique.....	25
3.4.1. Mécanismes d'action d'un agent de lutte biologique.....	25
3.4.1.1. Antibiose.....	25
3.4.1.2. Compétition .....	25

3.4.1.3. Parasitisme.....	25
3.4.2. Intérêt de la lutte biologique.....	26

## **Partie 2 : Protocole expérimental**

1. Prétraitement et conditionnement du matériel.....	27
1.1. Nettoyage de la verrerie.....	27
1.2. Etiquetage.....	27
2. Echantillonnage .....	27
2.1. Désinfection des échantillons.....	28
2.2. Séchage des échantillons.....	28
3. Isolement des champignons phytopathogènes.....	29
3.1. Milieu de culture.....	29
3.2. Méthode d'isolement.....	29
4. Purification des isolats.....	30
5. Identification des isolats fongiques.....	31
5.1. Etude des caractères cultureux macroscopiques.....	31
5.2. Etude des caractères morphologiques microscopiques.....	31
6. Conservation des isolats .....	32
7. Mécanismes de luttés contre les champignons phytopathogènes.....	32
7.1. Lutte chimique.....	32
7.2. Test d'antagonisme....	33
7.2.1. Confrontation directe.....	33
7.2.2. Confrontation à distance.....	34
8. Mesure de l'inhibition de la croissance mycélienne.....	34
<b>Partie 3 : Discussion générale</b> .....	<b>35</b>
Conclusion et perspectives.....	46
Références bibliographiques.....	48

Annexes

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé ( <b>AHMED YAHIA et HOURIA, 2018</b> ).....	06
<b>Figure 02</b> : Le cycle de développement ( <b>SIOUDA et BENKHLIFA, 2015</b> ).....	09
<b>Figure 03</b> : Production et superficie récoltées de blé en Algérie entre (1994-2016) ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	10
<b>Figure 04</b> : La rouille brune ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	13
<b>Figure 05</b> : La rouille jaune ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	13
<b>Figure 06</b> : Les symptômes de la rouille noire ( <b>ZAHRI et al., 2014</b> ) .....	14
<b>Figure 07</b> : La tache septorienne ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	15
<b>Figure 08</b> : Les helminthosporioses ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	15
<b>Figure 09</b> : L'oïdium ( <b>SYNGENTA, 2015</b> ).....	16
<b>Figure 10</b> : Pourriture racinaire (Piétin verse) ( <b>SYNGENTA, 2015</b> ).....	16
<b>Figure 11</b> : Le charbon nu ( <b>SYNGENTA, 2015</b> ).....	17
<b>Figure 12</b> : La carie ( <b>SYNGENTA, 2015</b> ) .....	18
<b>Figure 13</b> : Les symptômes de la fusariose chez le blé: <b>A)</b> grains de blé infecté par le <i>Fusarium</i> au stade de germination, <b>B)</b> pourriture des tiges et des racines au stade plantule, <b>C)</b> épis de blé fusarioses présentant des symptômes de nécroses; <b>D)</b> grains de blé provenant d'épis variablement infectés( <b>ORLICI et BENKARA, 2018</b> ) .....	19
<b>Figure 14</b> : Le cycle de vie de <i>Fusarium graminearum</i> principal agent responsable de la fusariose des épis ( <b>BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018</b> ).....	19
<b>Figure 15</b> : La désinfection des échantillons :a) Désinfection des grains à 2% l'eau de javel, b) Rinçage de l'échantillon ( <b>FERADJI et SAADA 2018</b> ) .....	28
<b>Figure 16</b> : Le séchage des échantillons : a) Séchage des grains ( <b>SAHRI et TABBAKH 2019</b> ), b) Séchage des feuilles ( <b>FERADJI et SAADA 2018</b> ) .....	29



<b>Figure 17 :</b> L'isolement des moisissures : a) Ensemencement des fragments des feuilles (CHAROUANA et BREL, 2018), b) Ensemencement des fragments des racines (MINATI et KHALAF, 2020), c) Ensemencement des grains (LOMRI et MEHTAL, 2019) .....	30
<b>Figure 18 :</b> La méthode de purification par un par dépôt du disque fongique sur une nouvelle boîte contenant le milieu <i>PDA</i> (FERADJI et SAADA 2018) .....	31
<b>Figure 19 :</b> La préparation des milieux ( <i>PDA</i> + Formulations anti fongiques) pour la lutte chimique in vitro (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015) .....	32
<b>Figure 20:</b> Schéma montrant la confrontation directe (HIBAR <i>et al.</i> , 2005) .....	33
<b>Figure 21 :</b> Schéma montrant la confrontation à distance (HAMEL, 2015) .....	34
<b>Figure 22 :</b> Effet de l'Epoxiconazole sur l'agent pathogène (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015) .....	42
<b>Figure 23 :</b> Effet de l'antagoniste <i>Trichoderma harzianum</i> sur l'agent pathogène <i>Fusarium sp</i> (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).....	43
<b>Figure 24 :</b> Effet de l'antagoniste <i>Aspergillus niger</i> sur l'agent pathogène <i>Fusarium sp</i> (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015) .....	44

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Classification botanique de genre <i>Triticum</i> ( <b>BONJEAN et PICARD, 1990 ; FEILLET, 2000</b> ) .....	04
<b>Tableau 02</b> : Les agents pathogènes du blé sous microscope.....	20
<b>Tableau 03</b> : Les méthodes de lutte contre les principales maladies cryptogamiques ( <b>SAFER et RAHMANI, 2015</b> ) .....	23
<b>Tableau 04</b> : Les formulations antifongiques et le volume de produit par superficie ( <b>MAHFOUD et LASBAHANI, 2015</b> ) .....	33
<b>Tableau 05</b> : Identification macroscopique des isolats suspectés d'être <i>Fusarium</i> .....	35
<b>Tableau 06</b> : identification microscopiques des isolats. ....	36
<b>Tableau 07</b> : Identification macroscopique des isolats suspectés d'être <i>Septoria</i> .....	37
<b>Tableau 08</b> : Identification microscopiques des isolats suspecté d'être <i>Septoria</i> .....	38
<b>Tableau 09</b> : Identification macroscopique des isolats suspectés <i>Helminthosporium</i> .....	39
<b>Tableau 10</b> : Identification microscopiques des isolats suspecté <i>Helminthosporium</i> .....	39

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

---

La culture des céréales est considérée comme l'une des premières grandes découvertes ayant exercé une influence majeure sur l'avenir des sociétés humaines (**BOUTEMEUR et OUKACI, 2019**). Les céréales sont l'un des apports nutritionnels majeurs à l'échelle mondiale, leurs grains ont un intérêt alimentaire pour l'homme et les animaux (**BENDJOUDI et DEHIMI, 2020**). Parmi toutes les céréales, le blé est la principale production céréalière, la plus cultivée et la plus consommée dans le monde (**AIT KAKI, 2008**). Selon la FAO, la production mondiale du blé en 2019 se maintient à 2,72 milliards de tonnes, En revanche, les prévisions relatives à l'utilisation mondiale de céréales en 2019-2020 ont été réduites de 24,7 millions de tonnes, en raison des conséquences de la pandémie de COVID-19 (**HADDAD et BENCHERIF, 2020**). La superficie emblavée annuellement dans le territoire Algérien se situe entre 3 et 3,5 millions d'hectares. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures (**FARES et BOUCHAIB, 2017**), l'Algérie importe son blé environ 6 à 7 millions tonnes par an de blé total au cours ces dernières années (**HADDAD et BENCHERIF, 2020**). Les deux espèces du blé les plus étudiées en vue de leur grande importance économique sont : le blé dur (*Triticum durum*), utilisé pour la production des semoules et des pâtes alimentaires et le blé tendre (*Triticum aestivum*), utilisé pour la production de la farine et la fabrication du pain (**DJAOUTI, 2010**). En Algérie, le blé est cultivé à travers l'ensemble des zones agro-écologiques du pays, le blé dur est cultivé à l'est du pays (Constantine, Mila, Souk Ahras, Sétif) et le blé tendre à l'ouest (Tiaret, Saida et Sidi Bel Abass) (**SAHRI et TABBAKH, 2019**).

Au cours du cycle de croissance du blé, il est exposé aux contraintes de l'environnement et soumis à une multitude de stress abiotiques et biotiques. Parmi les stress abiotiques qui limitent le rendement du blé, il ya celui de nature climatique par exemple la température et l'humidité. Le blé est sujet à de nombreuses contraintes biotiques, notamment les maladies cryptogamiques qui occasionnent des pertes de rendement et de qualité des grains, en conditions environnementales favorables pour le pathogène, et quand les variétés utilisées sont sensibles. En effet, les stress biotiques sont causés par les organismes pathogènes soit eucaryotes (moisissures et levures) ou bien procaryotes (bactéries) (**CHAROUANA et BREL, 2018**). En dehors des aléas climatiques, la culture du blé est confrontée à plusieurs contraintes, parmi les quelles les agents phytopathogènes qui causent beaucoup de dégâts aux cultures, les moisissures influent efficacement la croissance des céréales mais aussi déclenche des maladies cryptogamiques qui varient selon leur menace d'une année à une autre, et cela peut provenir de l'impact des facteurs de l'environnement

(MINATI et KHALAF, 2020), et qui sont les plus dommageables et engendrent des problèmes de rendement et de qualité à travers le monde (ATTAB, 2014), comme la diminution de la qualité technologique (taux du gluten) et sanitaire (agents toxiques responsables de graves intoxications humaines et animales) ainsi la valeur nutritionnelle et l'aspect organoleptique (BENDJOURI et DEHIMI, 2020).

Par ailleurs, les microorganismes pathogènes sont difficiles à contrôler car ils peuvent survivre dans le sol pour de longues périodes (BOUZEROUATA, 2017). Pour lutter contre les agents pathogènes responsables des maladies fongiques du blé, il est nécessaire de faire appel à la phytothérapie pour protéger les cultures, des parasites et de différents types de ravageurs, afin d'améliorer la production et la préservation des produits récoltés. Par ailleurs, les produits chimiques utilisés à l'heure actuelle pour lutter contre les agents responsables des maladies cryptogamiques du blé présentent des inconvénients. La plupart d'entre eux sont toxiques pour les utilisateurs qui entrent en contact avec la substance de préservation (FARES et BOUCHAIB, 2017). Cela justifie les recherches actuellement menées dans ce domaine, qui tendent à mettre au point de nouvelles méthodes de lutte biologique, impliquant des organismes vivants ou des produits de leurs gènes (SEKHRI *et al.*, 2006).

Le présent document a pour objectif principal, de regrouper les informations nécessaires pour faciliter l'identification des maladies fongiques affectant le blé.

Dans le cadre de cette étude, un plan adopté pour mener cet objectif, est réparti en trois grands chapitres :

- Le premier chapitre est une revue bibliographique, mettant au point les céréales surtout le blé, les champignons phytopathogènes, les maladies cryptogamiques ainsi que les moyens de lutte employés.
- Le deuxième chapitre portant sur la description d'un protocole expérimental qui englobe, l'isolement, la purification et l'identification macroscopique et microscopique des champignons infectants le blé. Les essais de la lutte chimique et biologique contre ces souches phytopathogènes.
- Le troisième chapitre présente une discussion générale. Nous terminerons par une conclusion et des perspectives qui seront proposées pour donner suite à cette étude, dans le but d'améliorer et de compléter ce travail.

## **Partie 1 : Revue bibliographique**

# **Chapitre 1 : Donnés sur le blé**

## 1. Donnés sur le blé

### 1.1. Introduction

La culture des céréales est considérée comme l'une des premières grandes découvertes a un impact majeur sur l'avenir de la société humaine. Même aujourd'hui, les céréales constituent la base de notre alimentation (**BOUTEMEUR et OUKACI, 2019**). Ce sont l'un des apports nutritionnels majeurs à l'échelle mondiale, leurs grains ont un intérêt alimentaire pour l'homme et les animaux, le secteur céréalier comprend des activités de production dans l'industrie alimentaire. Ils occupent également une place centrale dans l'alimentation de la population des zones rurales et urbaines (**BOUZEROUATA, 2017**). Les céréales sont des graines alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces végétales. Les plus employées sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le mille, le sorgho qui appartiennent à la sous-famille des *Festucoïdées*, les autres à la sous-famille des *Panicoïdées* : maïs, riz, sorgho, millet (**DERDJ, 2017**).

### 1.2. Historique

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ située dans le bassin versant du Tigre–Euphrate (**DERDJ, 2017**). En ce qui concerne la localisation et la domestication de blé, on considérait jusqu'à aujourd'hui qu'elle avait eu lieu dans le croissant fertile, vaste territoire comprenant, selon les auteurs, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire de la bordure Ouest de l'Iran (**SEDRATI et LAKEHAL, 2018**). Ils ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe à partir de cette zone. La route la plus ancienne de diffusion vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**).

### 1.3. Origine

L'origine géographique du blé est un des points les plus discuté. La plupart des archéologues ont confirmé que les origines du blé se situent dans le Moyen Orient où il s'est différencié dans trois régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de la Russie et le Proche Orient « Syrie et nord de la Palestine » (**BETTOU et RIGHI, 2018**), c'est à partir de cette dernière que le blé a été diffusé vers l'Afrique du nord, l'Asie et l'Europe (**BONIN et al., 2016**).

### 1.4. Définition

Le blé est la céréale de base, il est parmi les céréales les plus cultivée dans le monde principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides à cause de



certaines caractères favorables comme la facilité de stockage et de transport, ainsi que les zones larges de culture (SAFER et RAHMANI, 2015).

### 1.5. Classification botanique

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Poaceae* (graminées) (BETTOU et RIGHI, 2018). Il comporte 21 espèces, le blé tendre (*Triticum aestivum* var. *aestivum*) et le blé dur (*Triticum turgidum* var. *durum*), sont les deux espèces qui tiennent aujourd'hui une place déterminante dans la culture céréalière mondiale (Tableau 1) (DERDJ, 2017).

**Tableau 1** : Classification botanique de genre *Triticum* (BONJEAN et PICARD, 1990 ; FEILLET, 2000).

Embranchement	<i>Stomatifères</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Monocotylédones</i>
Super Ordre	<i>Commeliniflorales</i>
Ordre	<i>Poales</i>
Famille	<i>Graminacée</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce1	<i>Triticum durum</i> Desf
Espèce2	<i>Triticum aestivum</i> L

### 1.6. Caractères morphologiques

#### 1.6.1. Appareil végétatif

##### 1.6.1.1. Racines

Le système racinaire résulte de la succession de deux systèmes pendant le développement de la plante. Au premier lieu il comprend des racines séminales produites par la plantule durant le tallage, ces racines sont associées dans le grain aux différentes parties de l'embryon : une racine résultant de l'allongement de la radicule, deux paires de racines latérales et une racine épiblastique (BOUCHAIB et FARES, 2017). Ainsi que le système

radiculaire secondaire des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante, c'est un type fasciculé assez développé (SEDRATI et LAKEHAL, 2018).

### **1.6.1.2. Tige**

Le système aérien de la plante est composé de plusieurs tiges herbacées, cylindriques, grêles, non ramifiées habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds (BOUCHAIB et FARES, 2017). Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Les feuilles de blé sont groupées en inflorescences de type épi qui ont un rôle primordial dans la reproduction (SEDRATI et LAKEHAL, 2018).

### **1.6.2. Appareil reproducteur**

L'inflorescence du blé est un épi muni d'un rachis portant des épillets. Chaque épillet compte deux glumes renfermant de deux à cinq fleurs qui sont incluses dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa) (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).

### **1.6.3. Grain**

Le grain de blé constitue le fruit de la plante, c'est un fruit sec et indéhiscent appelé caryopse. Ce dernier a un aspect ovoïde allongé dans le cas du blé dur et arrondi dans le cas du blé tendre (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Il est caractérisé par la présence d'un sillon profond qui s'étend sur toute la longueur de la face ventrale et une face dorsale plus ou moins bombée. À l'extrémité opposée de l'embryon se trouvent des courts poils qui forment la brosse (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015). La taille du grain varie de 5 à 7 mm de long, de 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur, et son poids est entre 20 et 50 mg (AHMED YAHIA et HOURIA, 2018).

### **1.6.4. Structure histologique du grain**

#### **1.6.4.1. Enveloppes**

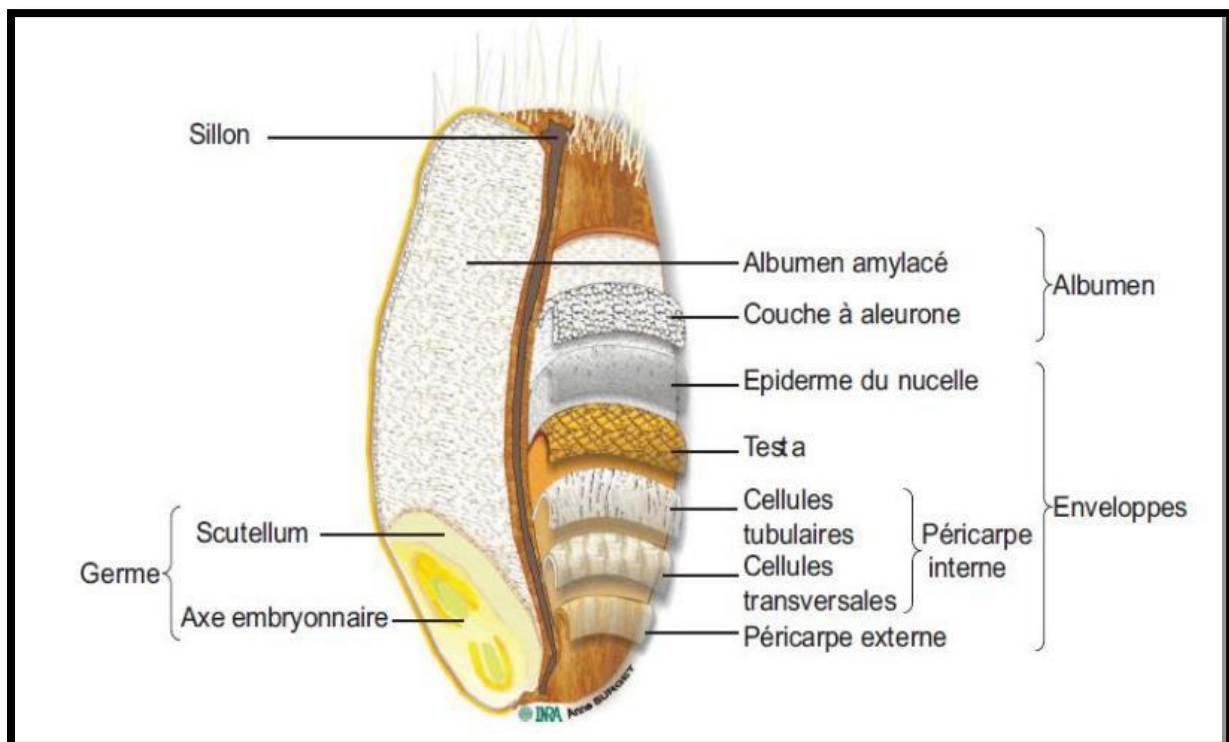
C'est la pellicule cellulosique qui protège le grain dans la formation d'épie, pendant la levée ainsi qu'au cours de sa conservation (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019). Les enveloppes sont formées de 3 groupes différents : Le péricarpe ou tégument du fruit, le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules et l'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).

#### 1.6.4.2. Albumen

Il est appelé aussi tissu nourricier. Il est constitué d'albumen amylicé possède à sa périphérie une couche à aleurone riche en protéines, lipides, hémicelluloses et minéraux (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015). Il représente la plus grande partie du caryopse (80 à 90%). C'est le tissu de réserve de la graine et il est constitué de cellules remplies de grains d'amidon (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019).

#### 1.6.4.3. Embryon

Il est responsable de la naissance d'une nouvelle plante. Il représente 3% du poids du grain, il est riche en vitamines, minéraux, en huile et en albumine (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019). Il est caractérisé par le cotylédon, la plantule, la radicule ou racine embryonnaire protégée par le coléorhize (Figure 01) (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).



**Figure 01** : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (AHMED YAHIA et HOURIA, 2018).

#### 1.6.5. Composition biochimique du grain

La composition des différentes parties d'un grain de blé donne une idée sur sa valeur nutritionnelle et technologique. Le grain est composé de matières minérales et de matières organiques (ORLICI et BENKARA, 2018), On retrouve :

### 1.6.5.1. Glucides

Le grain contient environ 70 à 80% de glucides (AHMED YAHIA et HOURIA, 2018). Il est principalement constitué d'amidon, qui est un glucide complexe et d'autres glucides simples comme le glucose, le fructose, le saccharose et le raffinose (ORLICI et BENKARA, 2018).

### 1.6.5.2. Protéines

Selon la variété le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines qui sont divisées en deux types, protéines de structure et protéine de fonction. Les gliadines et les gluténines représentent 80 à 95 %, le reste est constitué par des protéines solubles telles l'albumine et des globulines (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019).

### 1.6.5.3. Lipides

Les grains de blé sont naturellement pauvres en lipides, et contiennent seulement 2 %, essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique. Ils sont inégalement répartis dans les différentes parties du grain de blé (ORLICI et BENKARA, 2018).

### 1.6.5.4. Vitamines

Le blé est une source intéressante en vitamines du groupe B qui sont concentrées au niveau du germe et des enveloppes. La vitamine E est la seule vitamine liposoluble présente dans le grain. La vitamine C est absente (ORLICI et BENKARA, 2018).

### 1.6.5.5. Minéraux

Ils sont présents en faible quantité. Les principaux sont le phosphore, le potassium, le manganèse et le cuivre, ils sont souvent associés ou présents sous forme de sels tels que les phosphates, chlorures ou sulfates. Le blé contient du fer, du magnésium, du manganèse, du cuivre et du zinc qui sont distribués principalement dans les couches extérieures et dans le germe (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019).

### 1.6.5.6. Eau

Le grain de blé est constitué de 13,5% d'eau, cette faible teneur lui permet d'être stocké pour éviter le développement des microorganismes en particulier les moisissures (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019).

## 1.7. Cycle de développement

Le cycle de développement du blé comporte trois phases séparées par des stades repérés constitué par une période végétative, une période de reproduction et une période de maturation (ABDI, 2015).

### 1.7.1. Période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en deux phases (DERDJ, 2017) :

#### 1.7.1.1. Phase de germination - levée

La germination commence quand le grain a absorbé environ 25 % de son poids d'eau (DERDJ, 2017) dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Les principaux facteurs édaphiques de cette phase sont : la chaleur, l'aération, l'humidité (ABDI, 2015) pendant 8 à 15 jours (DERDJ, 2017).

#### 1.7.1.2. Phase de levée-tallage

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, la production du talle commence à 45 jours après la date du semis (ABDI, 2015). La production de talle est en fonction du climat, de l'alimentation minérale et hydrique, ainsi que de la densité des semis (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).

### 1.7.2. Période de reproduction

#### 1.7.2.1. Phase de montaison

Cette phase débute à la fin de tallage un certain nombre du talle herbacée vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015). Pendant cette phase de croissance, les besoins en éléments nutritifs sont alors actifs. Elle se termine pendant la différenciation des stigmates (marque durable que laisse sur la peau une maladie). La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (DERDJ, 2017).

#### 1.7.2.2. Phase de l'épiaison

La vitesse de croissance est maximale, la durée est d'environ 32 jours (DERDJ, 2017). Elle est caractérisée par la méiose pollinique. Cependant, la floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen (SEDRATI et LAKEHAL, 2018). Les sacs polliniques desséchés, et flottent à l'extérieur tout autour de l'épi comme des petites fleurs blanches «l'épi est fleuri» (BETTOU et RIGHI, 2018). Cette phase libère une grande

quantité de la matière sèche, elle dépend de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).

### 1.7.3. Période de maturation

La phase de maturation succède au stade pâteux, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve nécessaires à la formation du grain avec une augmentation du poids (BETTOU et RIGHI, 2018). Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain, la maturité au champ est entre 20 à 15% d'humidité et passera progressivement aux stades «rayable à l'angle» (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015). Le poids frais des grains augmente par contre celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux, les grains deviennent durs et jaunâtre (Figure 02) (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018).

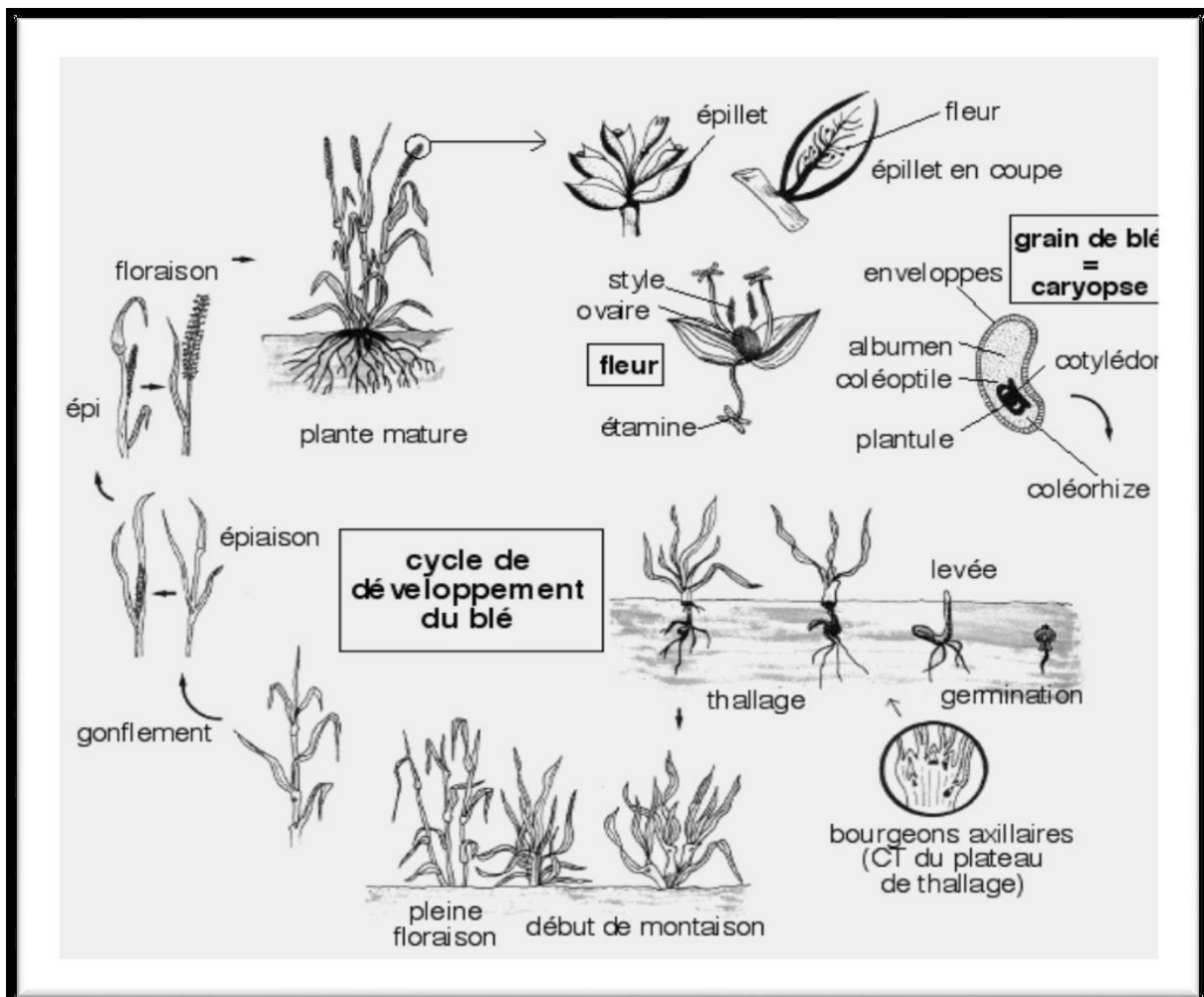


Figure 02 : Le cycle de développement (SIOUDA et BENKHLIFA, 2015).

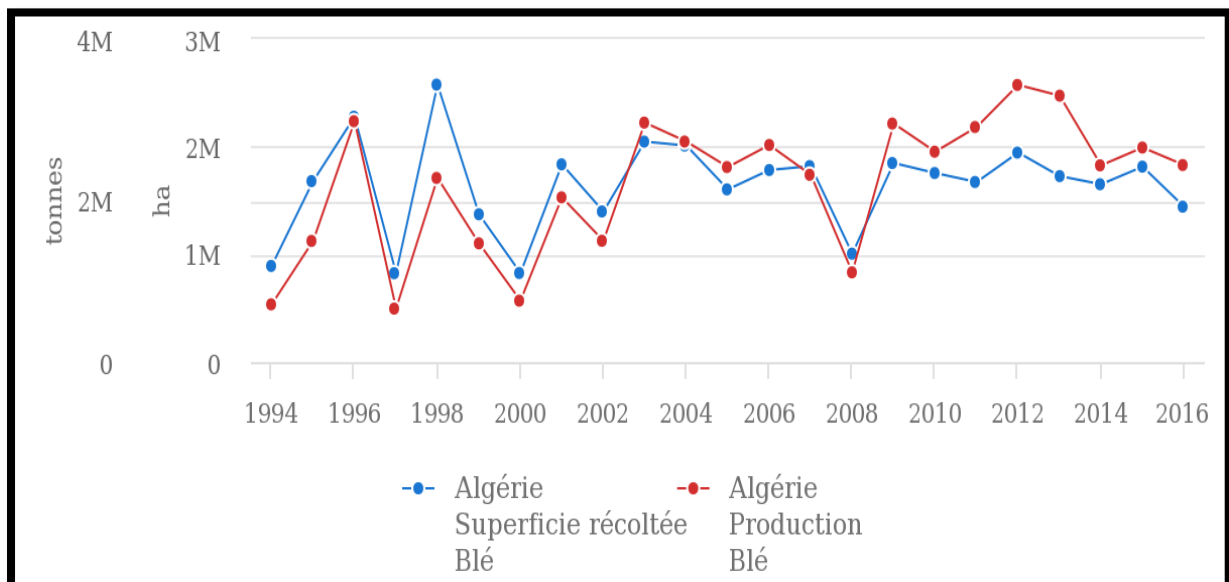
## 1.8. Importance socio-économique

### 1.8.1. Dans le monde

Selon la FAO en (2017), la production mondiale de blé a été estimée à 2,8 millions de tonnes (**ORLICI et BENKARA, 2018**). Le blé est l'une des trois grandes céréales les plus cultivées dans le monde avec le maïs et le riz, il est classé le deuxième par rapport à l'importance de la récolte mondiale (**BOUCHAIB et FARES, 2017**). Il occupe une place importante dans l'agriculture et la nourriture dans le monde jusqu'à 35% de la production mondiale (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**). En Méditerranée, la France est le premier producteur de blé dans le monde (**SAFER et RAHMANI, 2015**).

### 1.8.2. En Algérie

Le blé étant le produit de consommation de base dans les pays du nord-africain notamment l'Algérie, Actuellement elle est dépendante du marché international et fait partie des grands importateurs du blé (**SAFER et RAHMANI, 2015**). La production, la consommation et les importations sont les principaux paramètres de l'importance économique, l'écart entre le niveau actuel de ces paramètres conduit l'Algérie à importer de grandes quantités de céréales notamment le blé avec 68% du total des importations (**Figure 03**) (**ORLICI et BENKARA, 2018**).



**Figure 03** : Production et superficie récoltées de blé en Algérie entre (1994-2016) (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**).

## **Chapitre 2 : Maladies cryptogamiques du blé**



## 2. Maladies cryptogamiques du blé

### 2.1. Microorganismes phytopathogènes

Le blé est sujet à de nombreuses contraintes biotiques, notamment les maladies cryptogamiques qui occasionnent des substantielles aussi bien en rendement qu'en qualité des grains, en conditions environnementales favorables pour l'hôte (pathogène) (ZAHRI *et al.*, 2014). Ces dernières années, les maladies parasitaires des plantes sont causées par plusieurs types d'agents pathogènes, ces micro-organismes attaquent presque toutes les espèces cultivées provoquant ainsi différents types de dégât (BETTOU et RIGHI, 2018). Parmi les problèmes pathologiques des céréales, les maladies bactériennes ont été peu étudiées (ABDELHADI, 1997). Les symptômes des maladies causés par une bactérie peuvent varier considérablement selon les agents pathogènes impliqués. Les bactéries pathogènes du blé se développent bien sur la plupart des milieux à une température de 27°C (ETIENNE *et al.*, 1997) et se propagent par les insectes, le vent et par l'éclaboussure de pluie (PRESCOOT *et al.*, 1987). Une origine bactérienne est suggérée par des taches imbibées d'eau ou bords imbibés d'eau autour des lésions qui des tissus incluent saturé d'eau (ETIENNE *et al.*, 1997). Par contre les particules virales qui sont mordues par des insectes ou d'autres vecteurs envahissent les plantes par les blessures. Les symptômes provoqués par les virus sont divers : taches ou anneaux chlorotiques, mosaïques, feuilles devenant rouges, enroulement de la feuille (HAMANI, 2020).

Le blé peut être aussi attaqué par plusieurs microorganismes fongiques, qui sont à caractère explosif et peuvent se propager très rapidement sur les variétés sensibles, lorsque les conditions sont favorables (ATTAB, 2014). Les agents pathogènes responsables des maladies fongiques du blé sont les levures et les moisissures. Les levures sont moins étudiées, bien que représentant une composante habituelle de la microflore, mais elles ne subsistent pas longtemps sur les grains après la récolte (SALEM, 2008). La plupart des champignons pathogènes telluriques sont capables d'infecter les racines, les tiges, les feuilles et les épis (SAFER et RAHMANI, 2015). Les maladies cryptogamiques se traduisent par des symptômes qui sont la résultante de l'action parasitaire du champignon et de la réaction de l'hôte. En absence de la plante-hôte, les champignons se conservent dans différents supports comme la semence, les débris et le sol (HAMANI, 2020).

## 2.2. Maladies parasitaires

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

## 2.3. Principaux maladies du blé

### 2.3.1. Maladies sur feuillage

#### 2.3.1.1. Rouille

Les rouilles sont les maladies les plus dévastatrices du blé. Les trois espèces de rouilles s'attaquent aussi bien au blé tendre qu'au blé dur. Concernant l'importance relative des trois rouilles, la rouille brune est la plus répandue en Algérie (ABDI, 2015).

- **Rouille brune**

La rouille brune est une maladie foliaire causée par un parasite obligatoire *Puccinia recondita* qui se déclare entre l'épiaison et la fin de la floraison caractérisée par petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (ABDI, 2015). Les feuilles sont les principaux organes attaqués, les grains le long de la tige sont parfois atteints, et en cas de très forte infestation, les épis peuvent être touchés. L'identification de la maladie est facile, les pustules de rouille brune recouvrent uniformément le limbe de la feuille selon l'intensité de la maladie. Les pustules déchirent l'épiderme de la feuille et laissent échapper une poudre brune composée de spores rondes et légères facilement transportées par le vent (Figure 04) (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).



Figure 04 : La rouille brune (SAFER et RAHMANI, 2015).

- **Rouille jaune**

La rouille jaune est une maladie causée par un parasite obligatoire *Puccinia striiformis*. Elle peut provoquer des dégâts très importants à la culture. Leur croissance est liée à des conditions climatiques particulières (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Les symptômes du *pathogène* se traduisent par des pustules de petite taille (0,5 mm), de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains (ABDI, 2015) (Figure 05).



Figure 05 : La rouille jaune (SAFER et RAHMANI, 2015).

- **Rouille noire**

C'est une maladie causée par *Puccinia graminis*, elle est caractérisée par des pustules plus longues que celles de la rouille brune de couleur rouge-brique à marron foncé. Elle se

développe sur les feuilles, les tiges et les épis. Le développement des épidémies est soumis de la nature et de la qualité de l'inoculum primaire, de la sensibilité de la variété cultivée, du stade de développement du blé au moment de l'infection primaire et des conditions climatiques. Les infections se font dans une température moyenne supérieure à 4°C et des températures entre 10 et 15°C avec une humidité relativement supérieure à 18 % pendant au moins 18 heures (**Figure06**) (**ABDI, 2015**).



**Figure 06** : Les symptômes de la rouille noire (**ZAHRI et al., 2014**).

### 2.3.1.2. Septorioses

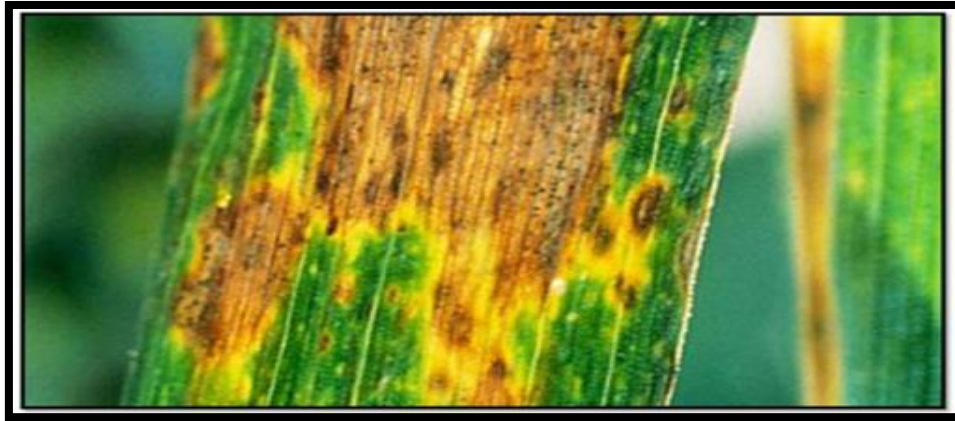
- **Tache septorienne**

La tache septorienne est l'une des principales maladies cryptogamiques du blé. La maladie est causée sous un climat favorable (zones humides) par l'attaque du pathogène *Septoria tritici* (**ABDI, 2015**). Ce dernier est responsable de l'apparition des petites taches de couleur brune rougeâtre sur les feuilles inférieures précisément sur les feuilles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures pour ensuite s'étendre longitudinalement de 5 à 15 mm et prendre une couleur grise claire (**Figure 07**) (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**).

- **Septoriose des feuilles et épis**

Elle est causée par *Septoria nodorum* qui se manifeste sur le feuillage, sur les glumes, la gaine des feuilles et les nœuds. On peut observer des taches ovales ou lenticulaires brunes sur les feuilles, elles peuvent être aussi entourées d'un jaunissement périphérique. Les pycnides sont de couleur brune claire moins apparente que celles des feuilles qui virent plus tard au gris foncé (**Figure 07**) (**ABDI, 2015**).





**Figure 07 : La tache septorienne (SAFER et RAHMANI, 2015).**

### 2.3.1.3. Helminthosporiose

La tache bronzée du blé ou la tache helminthosporienne, c'est une grave maladie foliaire du blé causée par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis*. Elle est présente sur le blé dur que sur le blé tendre (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Comme la septoriose, l'helminthosporiose progresse du bas vers le haut de la plante. Au niveau des feuilles on trouve des taches ocellées en forme d'œil plutôt ovoïde, souvent entourées d'un halo chlorotique jaune. Point noir au centre (c'est le point d'infection). Il est remplacé progressivement par un point foncé puis un cercle brun et absence de pycnide (Figure 08) (ABDI, 2015).



**Figure 08 : Les helminthosporioses (SAFER et RAHMANI, 2015).**

### 2.3.1.4. Oïdium

L'oïdium ou les blancs c'est un groupe de maladies très répandues qui affectent toutes les espèces végétales (ABDI, 2015). Ils sont causés par la présence d'*Erysiphe graminis* qui sont des parasites obligatoires se développant essentiellement sur les feuilles. Cette maladie est caractérisée par la présence de duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles

basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (**Figure 09**) (**BETTOU et RIGHI, 2018**).



**Figure 09** : L'oidium (SYNGENTA, 2015).

### 2.3.2. Maladies des pourritures racinaires

La pourriture racinaire ou la pourriture de pied ou encore la pourriture commune, sont des appellations exposant une seule maladie liée aux différents agents fongiques. Cette maladie est induite par différents agents fongiques du genre *Fusarium* (*Fusarium culmorum* ; *Fusarium avenaceum*) qui résulte des dégâts liée au type de culture, à la région et surtout aux conditions climatiques (**ABDI, 2015**). Le champignon crée des colorations brun foncée rougeâtres humides sur les plantes âgées, évoluant prestement en pourriture suivit d'accroissement d'un chancre brun sur la tige suivit de la chute des feuilles (**Figure 10**) (**BETTOU et RIGHI, 2018**).

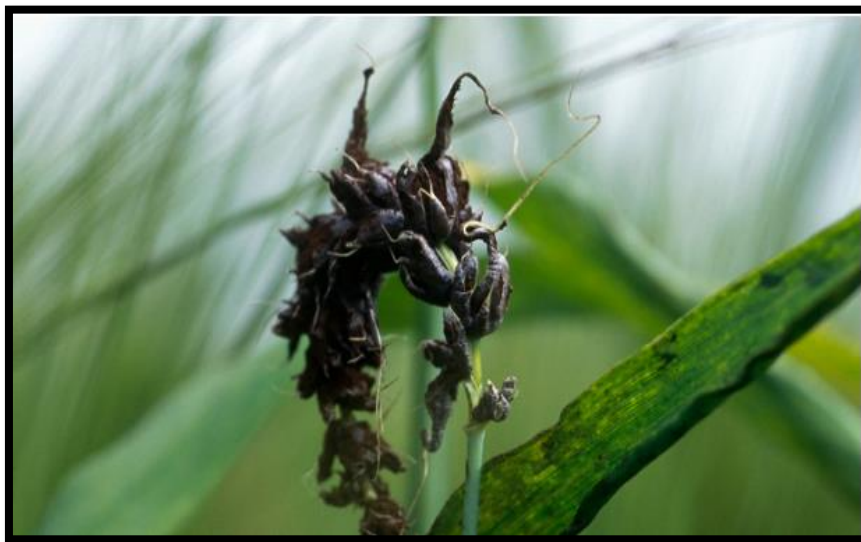


**Figure 10** : Pourriture racinaire (Piétin verse) (SYNGENTA, 2015).

### 2.3.3. Maladies sur épi

#### 2.3.3.1. Charbon nu

Cette maladie se développe aussi bien sur le blé tendre que sur le blé dur. Des attaques irrégulières du blé par *Ustilago segetum* var. *triticeis* ont observées ainsi que l'origine de l'infection du blé par le charbon se trouve dans la semence (ABDI, 2015). Les symptômes sont visibles, il s'agit de masse poudreuse et noire au niveau des épis ou des feuilles. Les épis infectés sont noircis au début, puis ils apparaissent un peu plus vite que les épissains. Les enveloppes de la graine et leur contenu sont détruites et remplacés par une masse noirâtre (Figure 11) (DERDJ, 2017).



**Figure 11** : Le charbon nu (SYNGENTA, 2015).

#### 2.3.1. Carie

La carie commune du blé est causée par le champignon *Tilletia caries*. Elle entraîne des diminutions sensibles de rendement et de qualité si le blé n'est pas protégé ou cultivé dans un climat favorable pour le développement de la maladie (DERDJ, 2017). L'agent responsable de cette maladie se conserve sur la semence et dans le sol sous forme de téleutospores (spore d'automne de la rouille du blé, qui germera au printemps en donnant une baside). La contamination se produit lors de la germination du blé, au stade de maturation, les grains infectés deviennent remplis d'une masse poudreuse noire formée des spores libérant une odeur particulière rassemblant à celle du poisson pourri (Figure 12) (ABDI, 2015).



**Figure 12:** La carie (SYNGENTA, 2015).

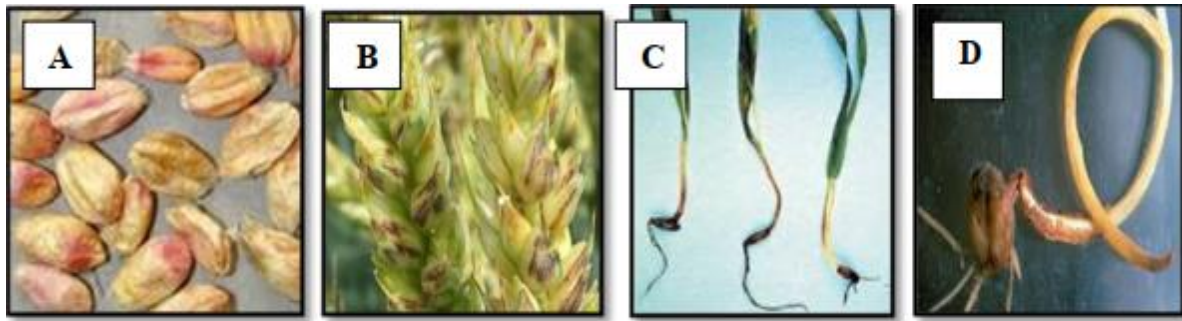
#### 2.4. Fusariose

La fusariose est une maladie fongique nuisible sur une gamme de la majorité des céréales. Elle peut être causée par une vingtaine d'espèces du genre *Fusarium* (BETTOU et RIGHI, 2018). Cette maladie présente une incidence directe sur les rendements provoquant une diminution de qualité et de nombre de grains par épi accompagnée du risque de présence de mycotoxine dans les grains (DERDJ, 2017).

##### 2.4.1. Symptômes

Ces maladies d'origine tellurique peuvent survenir à tous les stades de développement des céréales, elles attaquent tous les organes des plantes depuis les racines jusqu'aux épis. Les symptômes sont très visibles sur champ car elles provoquent généralement un flétrissement des organes (BETTOU et RIGHI, 2018). Ces parasites se développent sur les grains mûrs qui peuvent être ratatinés, légers, blancs crayeux ou parfois roses. On les trouve aussi sur les racines sous forme de pourritures brunes et molles. Rarement, quelques symptômes sont remarqués sur les feuilles sous forme des taches brunâtres ovales et verdâtre virant au marron et au dessèchement (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015). Sur les plantes adulte, on observe une brûlure totale ou partielle des épis. Les premiers symptômes apparaissent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas sous forma d'un blanchiment d'une partie ou de la totalité de l'épi (Figure 13) (SEDRATI et LAKEHAL, 2018).



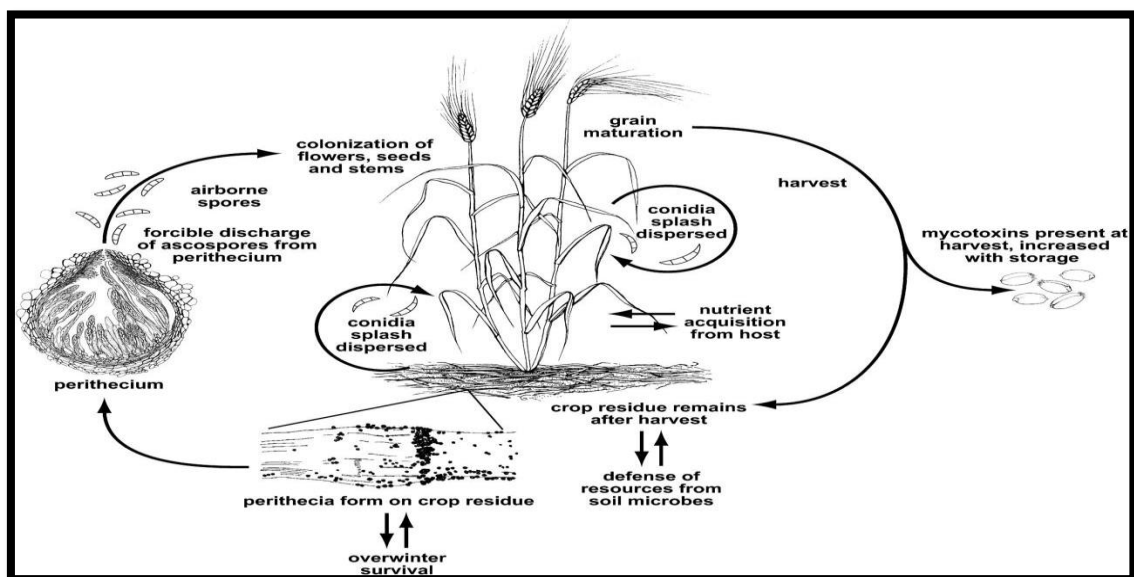


**Figure 13 :** Les symptômes de la fusariose chez le blé: **A)** grains de blé infecté par le *Fusarium* au stade de germination, **B)** pourriture des tiges et des racines au stade plantule, **C)** épis de blé fusarioses présentant des symptômes de nécroses; **D)** grains de blé provenant d'épis variablement infectés (ORLICI et BENKARA, 2018).

#### 2.4.2. Cycle biologique

Les spores de *Fusarium* se déposent sur les épis avec l'aide du vent et des éclaboussures. Les conditions les plus propices à l'infection sont des périodes de 48 à 72 heures de forte humidité et des températures de 24 à 30 °C. Des périodes plus longues d'humidité élevée combinées à des températures fraîches peuvent aussi provoquer l'infection (Figure 14) (ABDI, 2015).


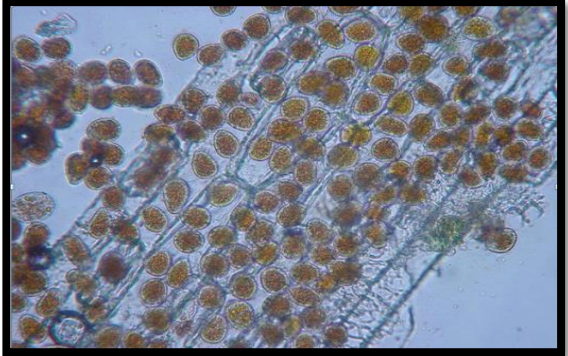
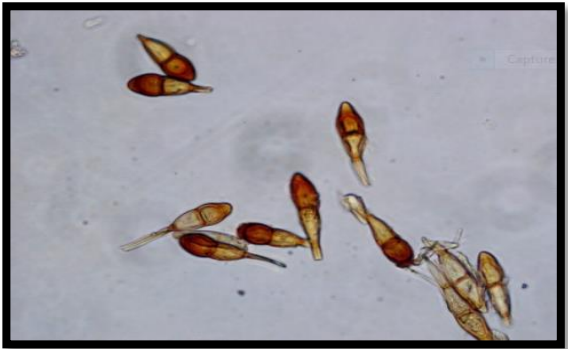
La gravité de la fusariose, qui varie selon le champ et l'année, dépend des conditions climatiques, du stade de croissance de la plante et de la présence du pathogène. Plus l'infection survient plus la maladie est grave (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018).

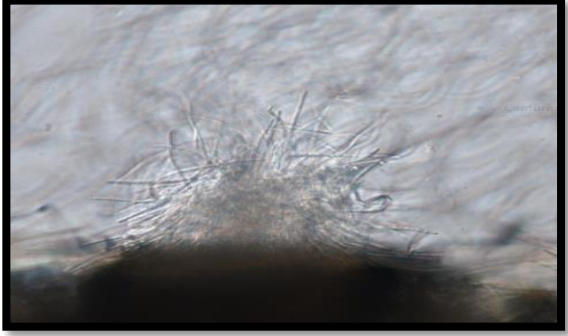

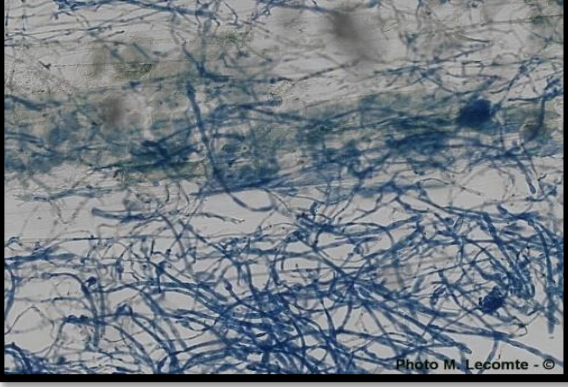



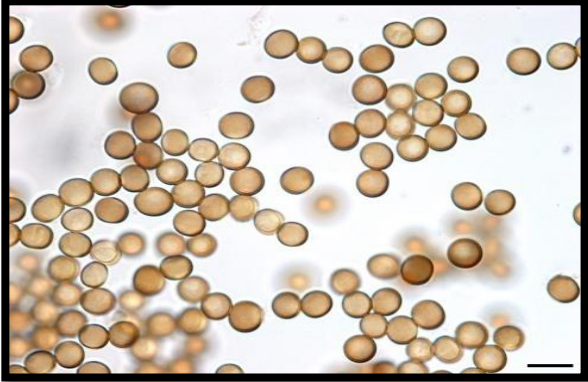
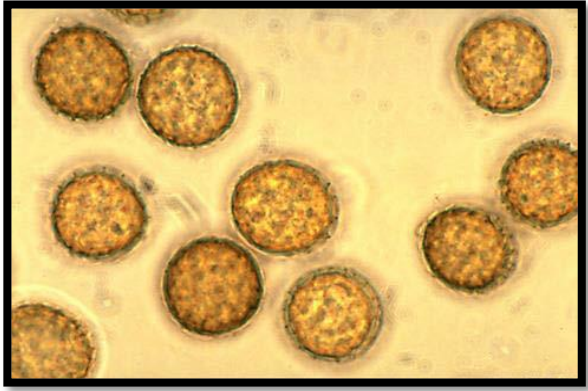
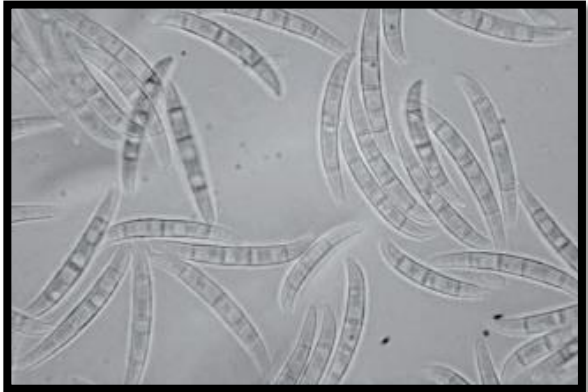
**Figure 14 :** Le cycle de vie de *Fusarium graminearum* principal agent responsable de la fusariose des épis (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018).

## 2.5. Les champignons microscopiques pathogènes du blé

Tableau 02 : Les agents pathogènes du blé sous microscope.

Maladie	Agent pathogène	Sous microscope
La rouille brune	<i>Puccinia recondita</i>	 (BRUCE, 2013)
La rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>	 (BACHI, 2008)
La rouille noire	<i>Puccinia graminis</i>	 (CALDERON, 2006)

<b>La tache septorienne</b>	<i>Septoria tritici</i>	 <p>(RUHI, 2013)</p>
<b>L'helminthosporioses</b>	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	 <p>(BRUCE, 2013)</p>
<b>Oïdium</b>	<i>Erysiphe graminis</i>	 <p>(LECTOM, 2016)</p>
<b>La pourriture racinaire</b>	<i>Fusarium culmorum</i>	 <p>(PANCALDI <i>et al.</i>, 2010)</p>

<b>Le charbon nu</b>	<i>Ustilago segetum</i> var. <i>tritici</i>	 <p>(BRUCE, 2013)</p>
<b>Les caries</b>	<i>Tilletia caries</i>	 <p>(MATHER, 2000)</p>
<b>La fusariose</b>	<i>Fusarium</i> <i>graminearum</i>	 <p>(PANCALDI <i>et al.</i>, 2010)</p>

## **Chapitre 3 : Moyens de lutte**



### 3. Moyens de lutte contre les maladies

La lutte contre les maladies cryptogamiques du blé est orientée pour protéger les plantes saines des maladies plutôt que de guérir les plantes malades pour accroître la quantité et améliorer la qualité de la production agricole (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Les méthodes de lutte appliquées en agriculture varient considérablement d'une maladie à une autre en fonction du pathogène, de la plante hôte et de leur interaction chacun avec l'autre et avec l'environnement (NASRAOUI, 2008). Pour empêcher ou limiter les dégâts causés par les pathogènes, il est nécessaire d'utiliser des méthodes de lutttes efficaces, ces méthodes peuvent être chimiques, culturales, physiques ou biologiques (Tableau 03) (ORLICI et BENKARA, 2018).

**Tableau 03** : Les méthodes de lutte contre les principales maladies cryptogamiques (SAFER et RAHMANI, 2015).

Méthodes de lutte	Agents pathogènes	Maladies
Rotation culturale (légumineuses) Fertilisation azotée équilibrée	<i>Fusariumculmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Cochliobolu ssativus</i>	Pourritures racinaires
Traitement de semence	<i>Ustilla gonuda</i> <i>Tilletia caries</i>	Charbon nu(CN) Carie(CA)
Pratiques culturales (jachère travaillée, rotation) traitement de semences résistance variétale fongicides	<i>Septori anodorum</i> <i>Septoria tritici</i>	Septorioses
Résistance variétale. Fongicides	<i>Puccinia triticina</i> <i>Puccinias triiformis</i>	Rouille

### 3.1. Lutte chimique

L'utilisation des fongicides cette dernière décennie, est devenue très répandue car elle vise à diminuer l'impact de la maladie et réduit 50 à 60% de sa sévérité (**ALEM et AMROUCHE, 2016**). Les fongicides de composition chimique font partie des pesticides qui sont des produits agro-pharmaceutiques ou produits phytosanitaires (**ORLICI et BENKARA, 2018**). Leur efficacité est liée au stade physiologique de la plante au moment de l'application, ces fongicides doivent être présents sur la surface des plantes avant l'envahissement par le pathogène dans le but d'assurer une protection contre les infections (lutte préventive) (**NASRAOUI, 2008**). Le contrôle chimique peut être efficace mais son inconvénient reste cependant la possibilité de développer des souches fongiques résistantes ainsi dans le coût énorme des fongicides (**HAMEL, 2016**). Parmi les fongicides utilisés contre la fusariose du blé, on peut citer : fludioxonilbenomyl, le tubuconazole, l'azoxystrobine et le mancozeb (**ALEM et AMROUCHE, 2016**).

### 3.2. Lutte culturale

Les méthodes culturales de lutte contre les maladies concernent toutes les actions culturales qui peuvent créer des conditions défavorables aux pathogènes et favorables aux plantes. Elle vise à limiter l'augmentation du taux d'inoculum primaire dans le sol (**HAMLAOUI et BENAMER, 2018**). Elle consiste à :

- Eviter les semis précoces et trop denses (**HAMLAOUI et BENAMER, 2018**). Et utiliser les semences saines (**ALEM et AMROUCHE, 2016**).
- La répression des mauvaises herbes graminées est aussi importante (**HAMLAOUI et BENAMER, 2018**).
- Une bonne fertilisation azotée peut également réduire les attaques des maladies foliaires (**HAMEL, 2016**).
- Il est déconseillé fortement d'ensemencer du blé l'année qui suit une culture de céréales (maïs, avoine, orge, seigle) dont il faut réaliser une rotation d'au moins deux ans en dehors des céréales, cela réduit la densité de l'inoculum (**ALEM et AMROUCHE, 2016**).

### 3.3. Lutte physique

Plusieurs agents physiques peuvent être utilisés pour empêcher la conservation des agents phytopathogènes dans l'environnement (**NASRAOUI, 2008**). La lutte physique

consistant à créer des conditions climatiques utilisant des agents physiques tels que la température (haute ou basse), l'air sec, la lumière à longueurs d'onde défavorables, la radiation. Ces agents peuvent être utilisés pour contrôler les maladies des plantes (**ORLICI et BENKARA, 2018**).

### 3.4. Lutte biologique

C'est une méthode qui consiste à utiliser des ennemis naturels en vue de détruire totalement ou partiellement des populations de pathogènes nuisibles (**HAMLAOUI et BENAMER, 2018**). Les ennemis naturels ainsi que les ravageurs/pathogènes sont de plusieurs natures : plantes, insectes, nématodes, champignons, bactéries, virus (**ORLICI et BENKARA, 2018**). Les microorganismes peuvent exercer une activité antagoniste selon différents mécanismes incluant : la compétition, l'antibiose et les actions sur la résistance de l'hôte. Parmi les champignons antagonistes les plus utilisés dans la lutte biologique, nous citons les genres : *Trichoderma* (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**).

#### 3.4.1. Mécanismes d'action d'un agent de lutte biologique

##### 3.4.1.1. Antibiose

L'excrétion des antibiotiques par les microorganismes est un phénomène habituel. L'antibiose est le mode d'action le plus étudié chez les agents de lutte biologique. Elle consiste en la production par l'agent antagoniste d'antibiotiques efficaces contre l'agent pathogène. Il existe des métabolites qui peuvent agir avec la croissance des agents phytopathogènes par contre il ya des métabolites qui sont responsables à la perturbation de la perméabilité cellulaire des parasites (**NASRAOUI, 2008**).

##### 3.4.1.2. Compétition

La compétition entre deux ou plusieurs microorganismes concerne soit l'élément nutritif, l'espace ou les autres facteurs environnementaux qui deviennent limitatifs pour la croissance (**BETTOU et RIGHI, 2018**). Pour être un compétiteur efficace, un agent antagoniste doit être capable d'utiliser rapidement et efficacement les éléments nutritifs présents en faible concentration sur les organes de la plante (**ORLICI et BENKARA, 2018**).

##### 3.4.1.3. Parasitisme

Ce mécanisme consiste à une interaction directe entre deux microorganismes ou les cellules vivantes de l'un constituent une base nutritive pour l'autre (**NASRAOUI, 2008**). Il



implique l'invasion des cellules de l'agent pathogène par le microorganisme antagoniste (BETTOU et RIGHI, 2018).

### 3.4.2. Intérêt de la lutte biologique

Les principaux avantages de la lutte biologique sont son innocuité, sa spécificité, son acceptabilité sociale potentielle, l'absence de développement de résistance chez les ravageurs, son adaptabilité aux cultures et la potentielle valeur ajoutée aux produits ainsi cultivés (NOEMIE, 2010). En plus de son rôle dans la restauration de la biodiversité dans l'écosystème, aussi elle présente un rôle important et efficace dans le contrôle des maladies phytopathogènes (HAMEL, 2016). Elle peut être utilisée en remplacement aux autres luttes. Il peut s'agir de l'introduction d'un organisme pour lutter contre un ravageur exotique (lutte biologique classique), de l'augmentation de l'occurrence d'un ennemi naturellement présent en rajoutant dans le milieu (lutte biologique par augmentation) ou en protégeant son milieu (lutte biologique par protection). Sont principalement utilisés des insectes, bactéries, nématodes et champignons (NOEMIE, 2010).

La lutte biologique est considérée comme une voie alternative à l'utilisation des produits chimiques qui constituent un danger sur l'environnement et sur l'homme. L'utilisation de plusieurs modes d'action par un seul agent antagoniste et sa capacité d'adaptation à la rhizosphère contribuent à ce que la lutte biologique devient plus durable que les produits chimiques. Plusieurs microorganismes ont montré leur efficacité dans la protection du blé. Les genres *Bacillus*, *Lysobacter* et *Pseudomonas* sont les agents bactériens les plus étudiés ainsi que les levures des genres *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* et *Cryptococcus* (HAMEL, 2016). Parmi les champignons antagonistes les plus utilisés dans la lutte biologique, nous citons les genres : *Trichoderma* (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018).

## **Partie 2 : Protocole expérimental**

Ce travail a pour but d'évaluer les types des champignons pathogènes présents dans les différentes variétés du blé. Il comporte une partie prospection sur terrain qui vise à collecter des échantillons symptomatiques et aussi à suivre l'évolution des maladies. Pour cela, l'échantillonnage, l'isolement de la flore fongique et l'identification macroscopique et microscopique des champignons microscopiques responsables de certaines maladies cryptogamiques rencontrés durant la saison agricole, doivent être représentatifs, en respectant l'enchaînement des étapes et le conditionnement du matériel.

### 1. Prétraitement et conditionnement du matériel

Il est nécessaire de respecter un certain nombre de mesures avant d'effectuer les analyses microbiologiques et mycologiques telles que : le prétraitement et le conditionnement du matériel, un flaconnage correcte et l'étiquetage précis, afin d'assurer une conservation, traçabilité des échantillons et par conséquent l'optimisation des résultats (**LOMRI et MEHTAL, 2019**).

#### 1.1. Nettoyage de la verrerie

Il convient de nettoyer le matériel avec de l'eau et du détergent, puis le rinçage à l'eau courante de robinet, puis à l'eau distillée afin de réduire au minimum le risque de contamination et enfin le séchage dans une étuve à 60° - 70°C pendant quelques heures. Tout le matériel utilisé doit subir le même traitement effectué avant son utilisation et on le place à l'étuve pendant au minimum une nuit, puis on le range.

#### 1.2. Etiquetage

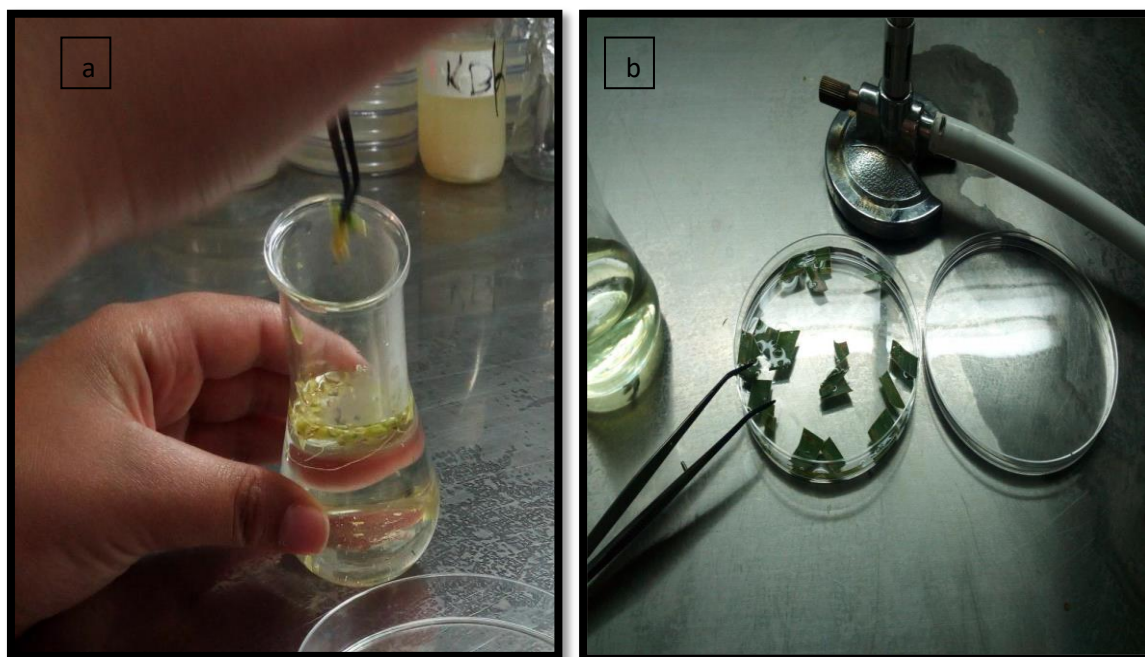
Il s'agit d'indiquer : l'origine de l'échantillon, la date du prélèvement et le type d'analyse auquel l'échantillon est destiné. Ces informations mentionnées sur les sacs stériles du prélèvement, permettent leur identification facile une fois arrivés au laboratoire.

### 2. Echantillonnage

Suite à des observations approfondies, les échantillons sont prélevés et collectés durant de nombreuses prospections sur les champs de céréales au niveau de la wilaya de Constantine (**LAHMAR et ZERBITA, 2015**). Les plantes affectées sont placées dans des sacs en plastique non transparents et envoyés directement au laboratoire, les graines sont également obtenues au moment de la récolte dans chaque champ, puis sont placées séparément dans des sacs en papier et conservées dans une glacière à 4°C pour éviter toute modification jusqu'à ce qu'elles soient cultivées pour l'isolement fongique (**MINATI et KHALAF, 2020**).

### 2.1. Désinfection des échantillons

Avant la mise en culture et après l'examen visuel de l'organe affecté par l'agent pathogène, et présentant des symptômes de maladies, les échantillons sont d'abord lavés à l'eau courante. Les graines de chaque échantillon de blé sont désinfectées superficiellement par trempage dans une solution diluée d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) à 1% pendant 3 à 4 minutes pour chaque échantillon. Les graines sont ensuite rincées trois fois à l'eau distillée stérile afin d'éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium (**LOUZE et HADJAISSA, 2018**). Les portions végétales soupçonnées affectées par des maladies fongiques, et qui peuvent être des feuilles, collets, racines ou même des épis, sont d'abord découpées en petits fragments (**MINATI et KHALAF, 2020**). Chaque échantillon est traité séparément. Les fragments végétaux découpés sont ensuite désinfectés par trempage dans une solution d'eau de javel à 2 % pendant 10 minutes, puis ils sont rincés deux fois dans l'eau distillée stérile, afin d'éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium (**Figure 15**) (**FERADJI et SAADA, 2018**).

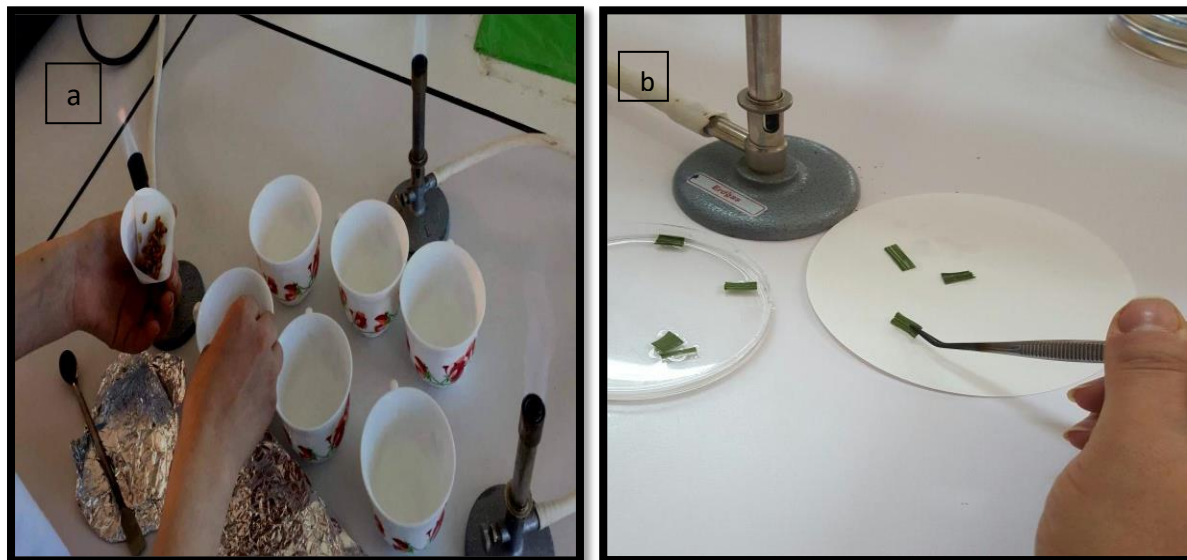


**Figure 15** : La désinfection des échantillons : a) Désinfection des graines dans l'eau de javel à 1%, b) Rinçage de l'échantillon (**FERADJI et SAADA, 2018**).

### 2.2. Séchage des échantillons

Le séchage des échantillons se fait à une température ambiante entre deux becs bunsen dans un périmètre de zone stérile de 40 cm (**LOUZE et HADJAISSA, 2018**). Les graines et

les fragments végétales désinfectés, sont déposés sur papier buvard (MINATI et KHALAF, 2020) ou papier filtre stérile pendant quelques minutes, jusqu'à séchage totale (Figure 16) (SAHRI et TABBAKH, 2019).



**Figure 16 :** Le séchage des échantillons : a) Séchage des graines (SAHRI et TABBAKH 2019), b) Séchage des feuilles (FERADJI et SAADA, 2018).

### 3. Isolement des champignons phytopathogènes

#### 3.1. Milieu de culture

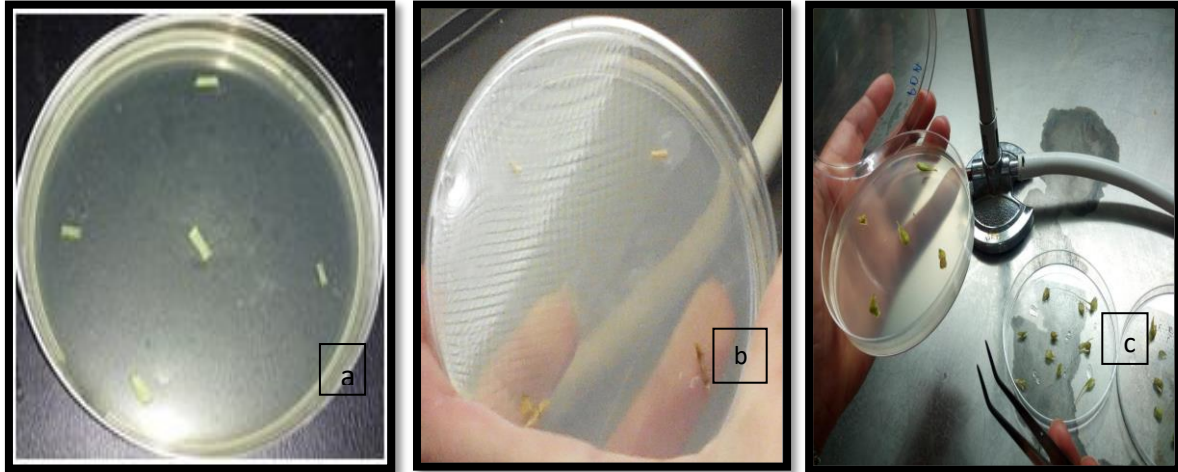
L'isolement des agents pathogènes est effectué sur le milieu *PDA* (Annexe 1). Ce milieu est recommandé pour l'isolement et le dénombrement des moisissures et des levures des produits alimentaires (FERADJI et SAADA, 2018). Après stérilisation à 121°C pendant 15 minutes, et au moment de son utilisation, le milieu *PDA* est additionné de quelques gouttes d'antibiotique (chloramphénicol 8 µg/mL), afin d'empêcher tout risque de contamination bactérienne (LOUZE et HADJAISSA, 2018).

#### 3.2. Méthode d'isolement

Sous des conditions aseptiques, les différents fragments collectés sont coupés et divisés en parties individuelles de la plante (épi, couronne, tige et racine) (MINATI et KHALAF, 2020). Pour isoler la mycoflore interne et externe des feuilles et des racines contaminées, les morceaux des feuilles et des racines désinfectés sont coupés en fragments de 1 à 2 cm puis placés directement à l'aide d'une pince stérile dans des boîtes de pétri contenant le milieu *PDA* à raison de 2 à 3 fragments par boîte. Les boîtesensemencées sont

## Partie 2 : Protocole expérimental

ensuite incubées à 30°C jusqu' à l'apparition des filaments fongiques (**CHAROUANA et BREL, 2018**). Concernant les graines désinfectées, elles sont placées directement, à l'aide d'une pince stérile, dans des boîtes de pétri contenant le milieu *PDA*. L'ensemble est incubé à 28°C pendant 4 à 6 jours (**Figure 17**) (**LOMRI et MEHTAL, 2019**).



**Figure 17** : L'isolement des moisissures : a) Ensemencement des fragments des feuilles (**CHAROUANA et BREL, 2018**), b) Ensemencement des fragments des racines (**MINATI et KHALAF, 2020**), c) Ensemencement des graines (**LOMRI et MEHTAL, 2019**).

### 4. Purification des isolats

Pour obtenir des isolats purs, des observations quotidiennes sont effectuées dès l'apparition des premiers filaments des colonies fongiques (**SAHRI et TABBAKH, 2019**). La purification est réalisée par transfert des colonies développées sur des boîtes contenant le milieu de culture *PDA* (chaque colonie est récupérée dans une boîte) (**MINATI et KHALAF, 2020**). Il s'agit de prélever une petite bouture mycélienne à la marge du thalle sous forme d'un disque à l'aide d'une pipette pasteur stérile (**SAHRI et TABBAKH, 2019**). L'incubation des boîtes de repiquage est faite à 28°C, pendant à 4 à 6 jours. Cette méthode est répétée jusqu'à l'obtention des colonies pures. En cas de contamination par une autre souche fongique, la purification des souches est effectuée par le repiquage d'un hyphe terminal au centre d'une nouvelle boîte contenant le même milieu et dans les mêmes conditions d'incubation jusqu'à l'obtention de souches pures (**Figure 18**) (**LOMRI et MEHTAL, 2019**).





**Figure 18** : La méthode de purification par dépôt du disque fongique sur une nouvelle boîte contenant le milieu *PDA* (FERADJI et SAADA, 2018).

### 5. Identification des isolats fongiques

L'identification des champignons contaminants le blé repose sur les caractères macroscopiques et l'observation microscopique (SAHRI et TABBAKH, 2019).

#### 5.1. Etude des caractères cultureux macroscopique

Cette étude se fait à l'œil nue, en observant les caractères suivants (FARES et BOUCHAIB, 2017) : la couleur du revers de la colonie qui représente un critère clef d'identification, les couleurs les plus fréquentes sont le blanc, crème, jaune, orange, brun allant jusqu'au noir. Les pigments peuvent être localisés au niveau du mycélium ou diffuser dans le milieu de culture. Les champignons filamenteux forment des colonies duveteuses, laineuses, cotonneuses, veloutées, poudreuses ou granuleuses. Le contour de la colonie et la vitesse de croissance apicale sont aussi des éléments très importants d'identification (FERADJI et SAADA, 2018).

#### 5.2. Etude des caractères morphologiques microscopiques

Cette étude nécessite un microscope binoculaire. L'examen microscopique d'un champignon se fait après réalisation d'un étalement entre lame et lamelle ou bien lame et scotch. Cette préparation peut être examinée soit à l'état frais (la préparation est faite dans l'eau distillée ou le lactophénol) (Annexe 2), soit après fixation et coloration au bleu coton (Annexe 3). Généralement, un examen à l'objectif x40 est suffisant pour mettre en évidence la plupart et des éléments importants (FERADJI et SAADA, 2018). L'observation microscopique permet de détecter la présence du thalle, la présence ou l'absence de septa, la nature de la reproduction et les caractéristiques des fructifications (FERADJI et SAADA,

2018), la structure et disposition des spores comme la couleur, la forme et la taille (FARES et BOUCHAIB, 2017). Il est alors relativement facile d'arriver jusqu'au nom du genre du champignon.

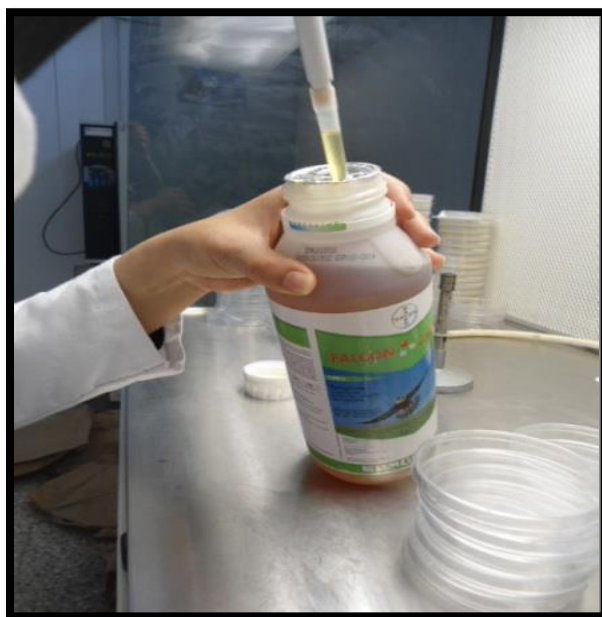
### 6. Conservation des isolats

Après purification et identification, les souches sont conservées au froid (4°C), dans des tubes contenant le milieu *PDA* incliné (HAMEL, 2015).

### 7. Mécanismes de luttés contre les champignons phytopathogènes

#### 7.1. La lutte chimique

La lutte chimique est assurée par ensemencement des isolats pathogènes obtenus, dans des boîtes de pétri contenant le milieu *PDA* additionné de quelques fongicides chimiques testés. Ce test est réalisé en triplicate. Le témoin représente les isolats pathogènes ensemencés sur le même milieu sans fongicide, les boîtes sont ensuite incubées à une température de 20°C pendant 10 jours (Figure 19) (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).



**Figure 19** : La préparation des milieux (*PDA* + Formulations anti fongiques) pour la lutte chimique in vitro (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).

Les formulations et les concentrations de quelques produits chimiques utilisés comme fongicides, sont indiqués dans le tableau 4 :



**Tableau 4** : Les formulations antifongiques et le volume de produit par superficie (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).

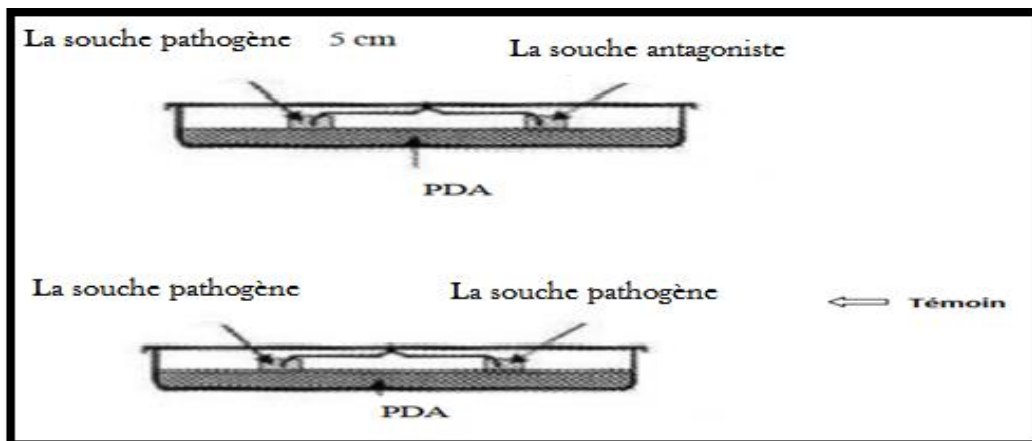
Produits	Principes actifs (g/l)	Volume de produit par superficie (litre/hectare)
01	Speroxamine (250) Tubuconazole (167) Triadimenol (43)	0,8
02	Epoxiconazole (125)	1
03	Propiconazol (250) Cyproconazole (80)	0,5

### 7.2. Test d'antagonisme

Le test d'antagonisme peut être réalisée par deux méthodes : confrontation directe et confrontation à distance par l'utilisation des agents antagonistes *Trichoderma harzianum* et *Aspergillus niger*.

#### 7.2.1. Confrontation directe

Cette technique consiste à placer dans la même boîte de pétri contenant le milieu PDA, deux disques de 5 mm de diamètre constitués par l'inoculum du pathogène et celui de l'antagoniste (*Trichoderma harzianum* et l'*Aspergillus niger*) (KHOUALDA, 2020). Les deux explants sont placés suivant un axe diamétral à 5 cm symétriquement et à équidistance par rapport au centre de la boîte (Figure 20). Pour le témoin, un disque mycélien du pathogène est déposé dans une autre boîte. L'incubation est réalisée à 25°C et à l'obscurité pendant six jours, les boîtes témoins sont aussi incubées dans les mêmes conditions (BERBER *et al.*, 2009).



**Figure 20**: Schéma montrant la confrontation directe (HIBAR *et al.*, 2005).

7.2.2. Confrontation à distance

L'agent antagoniste (*Trichoderma harzianum* et l'*Aspergillus niger*) et le pathogène sont repiqués dans deux boîtes séparées contenant le milieu PDA, par la suite un assemblage est réalisé par superposition des deux boîtes (l'antagoniste en bas et le pathogène en haut) (Figure 21).

La jonction entre les deux boîtes est assurée par du parafilm afin d'éviter toute perte des substances volatiles. Les boîtes sont incubées à l'obscurité et à 25°C pendant 4 jours. Le témoin est formé par superposition de deux boîtes contenant un explant de l'agent pathogène (BERBER *et al.*, 2009).

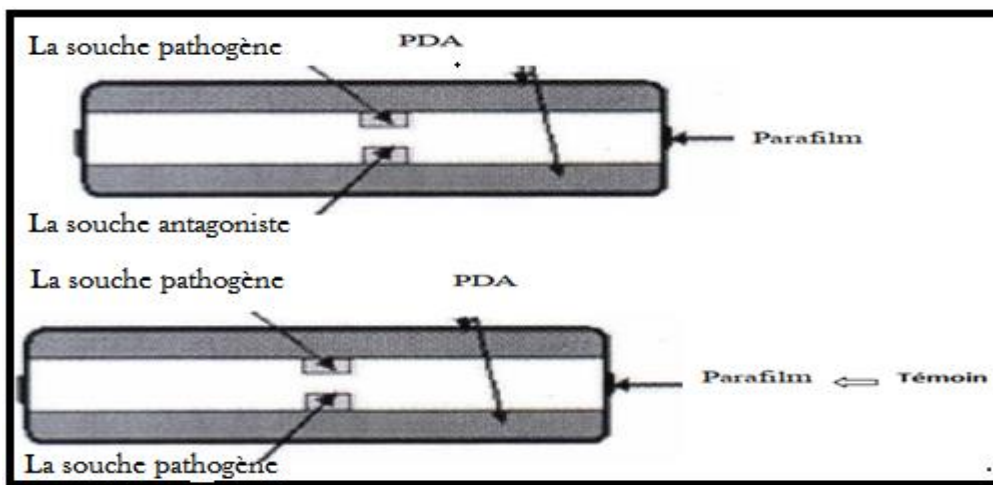


Figure 21 : Schéma montrant la confrontation à distance (HAMEL, 2015).

8. Mesure de l'inhibition de la croissance mycélienne

Pour déterminer le taux d'inhibition de la croissance mycélienne de l'agent pathogène causée par l'agent antagoniste. Des mesures journalières du diamètre de la colonie sont effectuées. Le taux d'inhibition de la croissance est calculé selon la formule suivante (HAMEL, 2015) :

$$IC\% = (DT - DPA / DT) \times 100$$

DT : Diamètre de la croissance du témoin.

DPA : Diamètre de la croissance mycélienne du pathogène en présence de l'antagoniste.

IC : Taux d'inhibition de la croissance mycélienne.

## **Partie 3 : Discussion générale**

### Partie 3 : Discussion générale

---

Les céréales surtout le blé, constituent une source d'alimentation pour de nombreuses populations dans le monde. Dans la présente recherche, nous avons répondu à l'objectif se résumant à l'étude des maladies cryptogamiques du blé et à l'évaluation de l'activité antagoniste des champignons du genre *Trichoderma* souvent utilisés comme agent de biocontrôle pour lutter contre ces maladies.

Après l'isolement des champignons pathogènes sur le milieu PDA à partir des échantillons de blé suspectés. Les résultats de cette analyse ont révélé une contamination remarquable par les moisissures à partir des parties infectées (épi, tige, couronne et racine) et qui ont été collectées au stade de maturation (**CHAROUANA et BREL, 2018**). La flore fongique totale de blé a permis l'identification de : *Alternaria spp* (15,76 %), *Fusarium spp* (15,02 %), *Helminthosporium spp* (8,53 %), *Cladosporium spp* (7,97 %), *Penicillium spp* (7,6%), *Aspergillus spp* (5,75 %), *Rhizopus spp* (2,41 %) (**MINATI et KHALAF, 2020**). D'autres études ont rapportés que l'oïdium est la maladie la plus prédominante sur le blé dur et blé tendre, ceci peut être expliqué par les conditions climatiques favorables pour son apparition et extension. D'autres études sur la flore fongique ont montré que les isolats présentant les symptômes de la fusariose, l'helminthosporiose et de la septoriose. Des champignons principalement du genre *Alternaria*, et avec une fréquence plus faible *Pithomyces* et *Trychophyton* ont été identifiés (**FERADJI et SAADA, 2018**).

Les données climatiques (température et précipitation) constituent les conditions favorables au développement des maladies fongiques qui touchent le blé, et si ces dernières sont favorables, les dégâts sont très importants surtout sur les variétés sensibles. **EZZAHIRI (2001)**, affirme que le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement et que ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies. En effet, les facteurs climatiques, en particulier l'humidité et la température, jouent un rôle primordial dans les processus de contamination puisqu'ils vont conditionner la germination et l'infection du champignon (**MOREAU, 2008**). La variabilité du climat de la terre à moyen terme aura des effets négatifs, il est caractérisé par un réchauffement global qui influe sur le développement des maladies du blé, leur occurrence et leur répartition géographique (**CAUBEL, 2012**).

Par ailleurs, les conditions climatiques annuelles en Europe vont influencer la dynamique et l'intensité de l'épidémie dans les champs, les attaques peuvent dans les pires

cas entrainer jusqu'à 40% de perte de la récolte belge (**CARRETIER, 2018**). Cependant, dans la méditerranée et surtout les payés à climat chaud, le premier problème posé est celui du stockage des céréales souvent accompagné d'importantes pertes de quantité et de qualité. Ceci est représenté par environ 30% de grains perdus suite à diverses dégradations (**BOUSLAH et al., 2016**). Par contre, au Maroc et durant la campagne agricole 2012-2013, la pluviométrie était importante ( $P > 500$  mm) et bien répartie dans le temps et dans l'espace dans la majorité des régions céréalières et potentiellement dans les régions du Nord-ouest du Maroc. Ceci a bien favorisé le développement des maladies cryptogamiques foliaires du blé (**ZAHRI et al., 2014**).

En effet, les maladies des plantes diminuent leur valeur sélective, mais aussi leur rendement agricole (**MEBARKIA, 2020**). Toutes ces maladies sont à caractère explosif et peuvent se propager très rapidement sur les variétés sensibles, lorsque les conditions climatiques leur sont favorables (**ZAHRI et al., 2014**).

Parmi les maladies fongiques du blé, la septoriose est actuellement la maladie la plus problématique en Europe et donc elle est la plus dommageable sur le blé en France (**GOUACHE et al., 2015**). Dès le début du mois de Mars, une présence parfois conséquente d'inoculum sur feuilles basses a été observée (**CARRETIER, 2018**), elle est capable de causer des pertes de rendement pouvant aller jusqu'à 50% car aucune variété ne lui est totalement résistante (**BATAILLE et al., 2018**). La rouille brune est retrouvée dans toutes les régions du globe où est cultivé le blé mais les dégâts peuvent s'élever (en France jusqu'à 30% du rendement), ainsi que la rouille jaune qui peut donc s'avérer explosive et engendrer jusqu'à 70% de perte de rendement sur des variétés très sensibles (**BATAILLE et al., 2018**). La pression des fusarioses été très importante, aussi grâce au climat très propice aux maladies des épis, l'helminthosporiose et l'oïdium ont été un peu moins présentes qu'en 2017 (**CARRETIER, 2018**). En Belgique et dans les pays frontaliers, le blé est exposé à plusieurs maladies fongiques telles que la septoriose, la rouille jaune et la rouille brune malgré la présence d'autres maladies en Belgique. En effet, la septoriose peut provoquer des pertes allant jusqu'à 40%. La rouille jaune peut causer des pertes allant jusqu'à 70%. Pour la rouille brune, les pertes peuvent s'élever jusqu'à 30% (**MEURS, 2018**).

Au niveau des hauts plateaux Algériens durant la campagne agricole 2013/2014, les résultats obtenus montrent la présence des maladies fongiques avec une répartition hétérogène. La fréquence moyenne des maladies fongiques est de 24,40% classée par ordre

décroissant : La fusariose (50 %), la septoriose (25 %), l'oïdium (11,53 %) et la rouille brune (8,33 %). Le développement de ces maladies durant cette campagne agricole 2012/2013 au niveau de 23 wilayas a été constaté par un taux d'infection de la maladie de l'ordre de 72,59 % causé par la fusariose, la rouille brune et la septoriose sont présentes avec une sévérité de 3,5 % et de 7,5 %, respectivement. Ceci est dû entre autres aux conditions climatiques défavorables caractérisées par une sécheresse de 40 jours durant cette campagne agricole (**ABDI, 2015**). La culture du blé en Algérie est encore menacée par plusieurs maladies, et les maladies fongiques ont un impact important sur le rendement. Le développement des maladies fongiques dans ces dernières années a été assez moyen. Durant cette campagne agricole, les maladies cryptogamiques les plus rencontrées dans les champs sont : l'oïdium, l'helminthosporiose, la septoriose et la rouille jaune qui touchent approximativement toutes les variétés de blé. Ces maladies sont caractérisées par la prédominance de l'oïdium avec une sévérité de 48,7%, suivi de l'helminthosporiose avec une sévérité de 38,5% ainsi que la septoriose avec une sévérité de 23,83% (**BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018**).

Les maladies cryptogamiques foliaires les plus fréquemment rencontrées dans les champs de blé tendre au Maroc lors de la campagne 2012-2013 sont par ordre d'importance les septorioses (85,4%), les rouilles brunes (76,6%) et à un degré moindre l'oïdium. Au niveau des champs de blé dur, la situation a été caractérisée par la prédominance de la rouille brune (79,0%) et l'helminthosporiose (70,1%). L'oïdium a été moins important. Sur les deux espèces du blé, les symptômes des rouilles noires et jaunes n'ont pas été identifiés (**ZAHRI et al., 2014**).

Par ailleurs, la protection contre les maladies fongiques est un réel défi pour conserver les rendements en blé de nos régions. C'est ainsi, que les organes verts du blé peuvent être protégés durant la période de remplissage des grains par l'application des produits chimiques (**NYSTEN, 2018**). De ce fait, 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 montrées un effet inhibiteur total sur le développement des maladies fongiques. Parmi ces fongicides chimiques, la matière active Epoxiconazole a eu un effet modérément inhibiteur par rapport aux autres formulations composées de plusieurs matières actives (**Figure 24**). Cela peut engendrer une résistance des souches pathogènes à long terme vis à vis les fongicides employés (**MAHFOUD et LASBAHANI, 2015**).

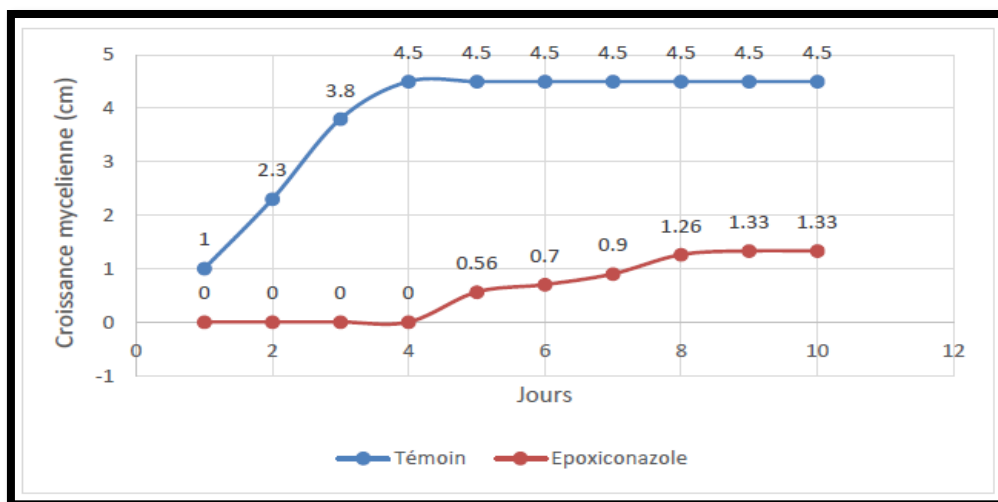


Figure 24 : Effet de l'Epoxiconazole sur l'agent pathogène (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).

Les travaux de MAHFOUD et LASBAHANI, 2015 sur la lutte biologique plus précisément la confrontation directe ont permis d'évaluer l'effet de plusieurs antagonistes sur le développement de *Fusarium sp.* Parmi ceux, *Trichoderma* et *Aspergillus niger* se sont montrés les puissants inhibiteurs de ce pathogène.

En effet, la croissance mycélienne du pathogène *Fusarium sp.* est de 0,55 cm à la fin du 10<sup>ème</sup> jour d'incubation elle est très réduite par rapport au témoin (4,5 cm). En ce qui concerne l'agent antagoniste *Trichoderma harzianum*, la croissance à la fin de l'incubation est de 6,3 cm. Le repiquage simultané de *Trichoderma harzianum* et de *Fusarium sp.* montre une croissance plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié (Figure 25) (Annexe 4).

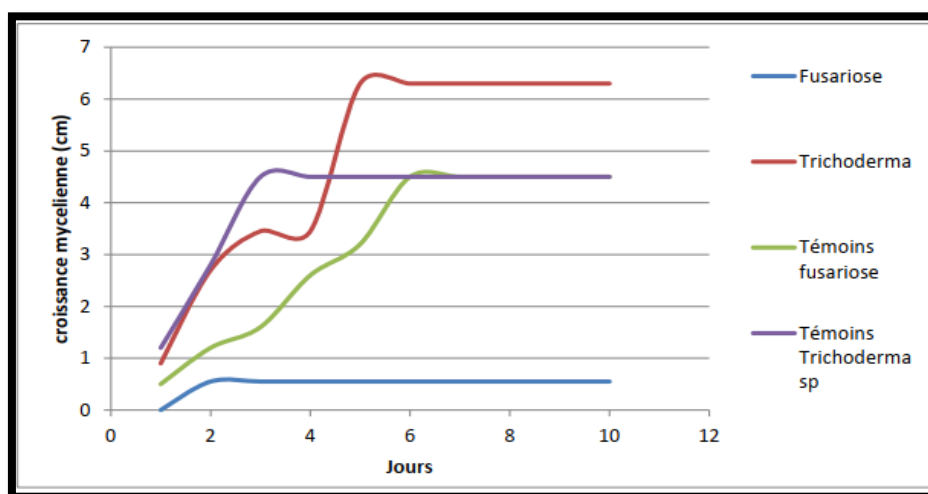
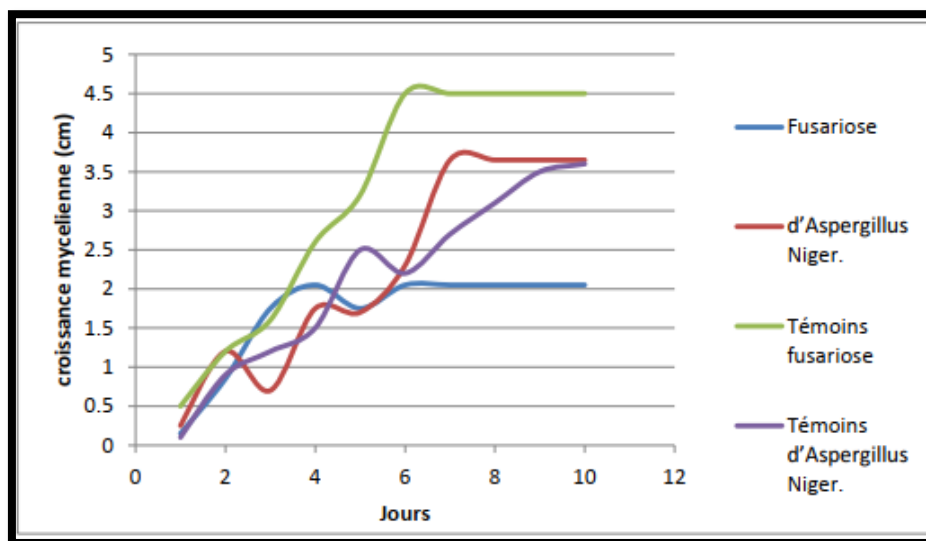


Figure 25 : Effet de l'antagoniste *Trichoderma harzianum* sur l'agent pathogène *Fusarium sp.* (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).

### Partie 3 : Discussion générale

Aussi, dans la confrontation directe de *Fusarium sp* et d'*Aspergillus niger*, la croissance mycélienne du pathogène *Fusarium sp* est de 2,05 cm à la fin du 10<sup>ème</sup> jour d'incubation, elle est très réduite par rapport au témoin (4,5 cm). En ce qui concerne l'agent antagoniste *Aspergillus niger*, la croissance à la fin de l'incubation est de 3,65 cm. Le repiquage simultané de l'*Aspergillus niger* et de *Fusarium sp* montre une croissance modérément plus rapide de l'antagoniste par rapport au pathogène étudié (**Figure 26**) (**Annexe 5**).



**Figure 26** : Effet de l'antagoniste *Aspergillus niger* sur l'agent pathogène *Fusarium sp* (**MAHFOUD et LASBAHANI, 2015**).

Dans le but de limiter le développement des plusieurs champignons pathogènes du blé par l'agent d'antagoniste (*Trichoderma harzianum*). Les résultats de (**BERBER et al., 2009**) pour le test de confrontation directe a mis en évidence le pouvoir mycoparasitaire de *Trichoderma* qui inhibe efficacement la croissance mycélienne et la germination conidienne des souches pathogènes. L'effet de métabolites volatils et diffusibles pour les souches fongiques. La production de composés volatils a montré une forte capacité à limiter la croissance de plusieurs pathogènes. La souche de *Trichoderma harzianum* est plus efficace contre les agents fongiques testés et ses spore entraine une forte réduction de la maladie et inhibe la sporulation des souches pathogènes.

D'après les travaux de (**DAAMI et al., 2001**), qui ont testé *Trichoderma harzianum* comme agent de lutte biologique contre quelques espèces de *Fusarium*, le résultat obtenu est similaire à celui indiqué dans ce travail. De ce fait, le *Trichoderma harzianum* et l'*Aspergillus niger* ont eu un effet inhibiteur sévère sur le *Fusarium sp*. L'*Aspergillus niger* possède une



capacité d'arrêt à distance du développement des pathogènes avec formation d'une zone d'inhibition entre les colonies confrontées, dont la largeur est variable selon le pathogène et l'isolat.

Dans le cas de la confrontation à distance, l'absence de contact direct entre l'agent antagoniste et l'agent pathogène a révélé que *Trichoderma sp* agit seulement par la production de substances antifongiques volatiles (HAMEL, 2015). Par conséquence, une lyse des membranes mycéliennes traduites par la force de pression occasionnée par l'enroulement du mycélium de *Trichoderma sp* au tour du mycélium de *Fusarium sp*. Le *Trichoderma sp* agit par mycoparasitisme, est connue comme un agent de lutte biologique, son effet se manifeste par l'enroulement des hyphes au tour des filaments du champignon pathogène, suivi d'une lyse due aux enzymes produites et libérées par l'agent de lutte *Trichoderma sp* (HAMEL, 2015).

Par ailleurs, la lutte contre les maladies cryptogamiques du blé vise à minimiser et à retarder le développement des maladies (BENMEHIDI et BOUKAABACHE, 2018). Au cours du temps, les agriculteurs ont développé de nombreuses pratiques pour limiter l'expansion et les dégâts des différentes espèces pathogènes, et par conséquent accroît la quantité et améliore la qualité de la production des plantes (ROUAG, 2017). En réponse à ces problèmes, l'homme met au point des moyens de lutte chimique, cette méthode de phytoprotection est de plus en plus étudiée et a été appliquée avec succès en plusieurs occasions au niveau des champs, mais il se rend rapidement compte qu'ils amènent leur lot de complications, comme le développement de résistance par les ravageurs qui est un problème fréquemment rencontré avec l'utilisation de pesticides (NASRAOUI, 2008). Dans un premier temps il faudra toujours examiner toutes les options permettant d'utiliser d'autres méthodes non chimiques (ROUAG, 2017). En effet, les pathogènes peuvent être biologiquement contrôlés par l'utilisation d'autres micro-organismes antagonistes qui peuvent détruire totalement ou partiellement des populations de pathogènes (NASRAOUI, 2008). La lutte biologique présente de nombreux avantages des points de vue environnementaux, sociaux et économiques, ainsi que l'absence de développement de résistance chez les ravageurs. Les auteurs ne s'entendent pas pour dire ce qui est le coût le plus élevé, entre la lutte biologique et l'utilisation des pesticides. Par contre, la lutte biologique offre certains avantages de plus que les pesticides qui sont difficilement monnayables, comme les risques sur la santé humaine sont moindres, les risques à l'épandage le sont aussi. Également, contrairement aux pesticides (NOEMIE, 2010).

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

L'objectif principal de cette étude, est de regrouper les informations nécessaires pour connaître les maladies cryptogamiques touchant le blé, ainsi que les champignons responsables de ces infections, les conditions favorisant leur dissémination et par conséquent, les moyens de lutte employés contre ces phytopathogènes afin d'améliorer la qualité et d'augmenter le rendement de la céréaliculture.

Ce travail nécessite, tout d'abord, un échantillonnage qui doit être effectué au niveau des champs de blé présentant des symptômes de maladies fongiques. Les échantillons des différentes parties des plantes malades, après désinfection, font l'objet d'un isolement sur milieu *PDA*. Après incubation à 30°C jusqu'à l'apparition des filaments fongiques, une purification sur le même milieu est nécessaire, afin d'obtenir des isolats purs. L'identification des genres phytopathogènes est réalisée par l'étude des caractères culturels macroscopiques et les caractères morphologiques microscopiques. L'utilisation des mécanismes de lutte contre les agents pathogènes est réalisée par plusieurs combinaisons de fongicides dans la lutte chimique et dans le cas de la lutte biologique, il s'agit de deux méthodes : la confrontation directe (technique de la double culture) et la confrontation à distance (par effet d'inhibiteurs volatils) par l'utilisation de champignons microscopiques connus comme antagonistes (*Trichoderma harzianum* et *Aspergillus niger*).

Par ailleurs, les maladies cryptogamiques du blé tel que la septoriose (*Septoria tritici*), la rouille jaune (*Puccinia striiformis*) et la rouille brune (*Puccinia recondita*) sont actuellement les principales causes de pertes de rendement au monde. En Algérie, l'oïdium (*Erysiphe graminis*) et l'helminthosporiose (*Pyrenophora tritici-repentis*) sont les maladies les plus dominantes dans ces dernières années. En effet, une attention particulière doit être prêtée pour lutter contre ces maladies par l'emploi de différentes méthodes.

C'est ainsi, dans le cadre du contrôle des maladies cryptogamiques du blé, la lutte chimique révèle l'efficacité des formulations testées ainsi que l'essai *in vitro* de lutte biologique contre les maladies du blé a montré une activité antagoniste importante. La consommation nationale de pesticides augmente et continue à augmenter jusqu'à la fin du siècle, en effet la consommation mondiale annuelle de pesticides dépasse probablement 2 millions de tonnes. Globalement, les modes d'agriculture conventionnelles ne semblent pas durables et sont de plus en plus contestés. L'utilisation des pesticides est souvent remise en question et certains agriculteurs n'hésitent plus à s'en passer en utilisant d'autres pratiques et en développant d'autres types d'agriculture.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Comme perspectives à ce travail, il serait intéressant d'élargir cette étude sur l'ensemble du territoire national, notamment dans les zones à vocation céréalière. Des études complémentaires doivent être effectuées dans cet axe, et la recherche d'agents de lutte biologiques efficaces de type fongiques, bactérien, ou autres, devient une nécessité. En effet, le défi le plus important c'est d'être capable d'exploiter ces résultats dans les champs dans le but de diminuer l'utilisation des produits chimiques. A vu des résultats des recherches actuelles, il est encourageant de poursuivre les investigations avec les champignons antagonistes.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## A

**ABDELHADI, B., (1997).** Les maladies bactériennes des céréales au Maroc. Cahiers Agricultures [en ligne], 6 : 605-10 <https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30059/29819> (26/06/2021)

**ABDI, Y., (2015).** Distribution spatiale des maladies fongiques du blé dur (*Triticum durum* Desf) et effet de la fusariose sur le rendement en zones semi arides de Sétif. Mémoire Magister : Génétique et amélioration des plantes. Sétif : Université Ferhat ABBAS Sétif 1, 112p.

**AHMED YAHIA, A., HOURIA, C., (2018).** Etude du polymorphisme protéique de cinq génotypes d'une variété de blé dur cultivée en Algérie. Mémoire Master : Biotechnologie et Génomique Végétale .Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 64p.

**AIT KAKI, S., (2008).** Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf) : appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Mémoire de Magistère: amélioration des plantes. Annaba : Badji Mokhtar Annaba, 123 p.

**ALEM, K., AMROUCHE, D., (2016).** Etude de l'activité antifongique de l'extrait aqueux des pépins du pomélo *Citrus paradisi* (Rutaceae) vis-à-vis du *Fusarium tricinctum* du blé dur selon les modes in vitro et in vivo. Mémoire de Master : Agroenvironnement et bio-indicateurs. Boumerdes: Université M'Hamed Bougera, 72 p.

**ATTAB, S., (2014).** Etude de quelques altérations physiologiques et biochimiques chez le blé causées par une maladie cryptogamique (l'oïdium). Thèse de Doctorat: Biologie végétale. Annaba : Université Badji Mokhtar, 145p.

**AYADI, S., (2019).** Bioécologie des insectes ravageurs inféodés au blé dur et tendre (*Triticum l*) dans la région de constantine. Mémoire Master : Biologie et Contrôle des populations d'insectes. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 75p.

**B**

**BACHI, P., (2008).** Stripe rust (*Puccinia striiformis f.sp. tritici*). In : Invasive.org. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5368530> (29.05.2021).

**BATAILLE, C., DUVIVIER, M., HEENS, B., (2018).** Livre Blanc « Céréales ». Belgique. 86p.

**BENABDALLAH, M., (2016).** Les caractères et les effets d'une fertilisation biologique par le grignon d'olive sur le rendement des cultures des céréales. Mémoire de master : Agronomie : Amélioration végétale. Tlemcen: université de Tlemcen, 101 p.

**BENDJOUDI, R., DEHIMI, H., (2020).** Etude des méthodes d'isolement et d'identification de quelques champignons de stockage des céréales. Mémoire Master : Microbiologie appliquée. Msila : UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF, 54p.

**BENMEHIDI, O., BOUKAABACHE, Y., (2018).** Pépinière des principales maladies fongiques du blé dur dans la région de Constantine. Mémoire de Master : Biologie et Physiologie Végétale. Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine, 87p.

**BERBER, F., AMINA, O., ALAIN, B., ALLAL, D., (2009).** Antagonisme in vitro et in vivo de deux *Trichoderma* à l'égard de quatre espèces de bipolaris pathogènes sur le sorgho ; Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, vol., 148, 93-114.

**BETTOU, M., RIGHI, M., (2018).** Contribution à la lutte chimique et biologique contre l'agent causal de la tache septorienne du blé « *Zymoseptoria tritici* » in vitro. Mémoire Master : Microbiologie. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 66p.

**BONIN, L., COHAN, J., COULEAUD, G., CROSSON, P., (2016).** Céréale à paille : Interventions de printemps. France : AVALIS. 214p.

**BONJEAN, A., PICARD, E., (1990).** Les céréales à paille : Origine historique, économique, sélection. SOFTWORD/Groupe ITM (INRA), 147p.

**BOUCHAIB, A., FARES, R., (2017).** Recherche de bactéries développant une activité antagoniste vis à vis des agents de la pourriture racinaire de blé dur. Mémoire Master : Biotechnologie des Mycètes / Fermentation et production de substances fongiques. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 101p.

**BOUSLAH, F., EI MOUEDDEB, K., EIYES HAMZA, M., (2016).** Les problèmes de qualité du blé dur après stockage en Tunisie [**en ligne**]. Vol. 21 No. 1, 200p. <http://www.ijisr.issr-journals.org/abstract.php?article=IJISR-15-363-01> (06/08/2021)

**BOUTEMEUR, S., OUKACI, L., (2019).** Contribution à l'étude de la flore fongique associée aux grains de blé : influence de la méthode d'isolement et l'origine de l'échantillon. Mémoire Master : Protection des végétaux. Bouira: Université Akli Mohand Oulhadj, 91p.

**BOUZEROUATA, A., (2017).** Application de *Bacillus spp.* mésophile dans la lutte biologique. Mémoire Master: Microbiologie appliquée. Tlemcen : Université Abou-Bakr Belkaid, ,65P.

**BRUCE, W., (2013).** loose smut of wheat or barley *Ustilago tritici*. **In** : Invasive.org. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5503666> (29.05.2021).

**BRUCE, W., (2013).** Tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*). **In** : Invasive.org. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5505420> (29.05.2021).

**BRUCE, W., (2013).** Wheat leaf rust (*Puccinia recondita*). **In** : Invasive.org. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5505409> (29.05.2021).

## C

**CALDERON, C., (2006).** wheat stem rust (*Puccinia graminis*). **In** : Invasive.org. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=2177071> (29.05.2021).

**CARRETIER, D., (2018).** Présentation du dispositif régional d'épidémiosurveillance. France : Édition Ouest Occitanie, 14p.

**CAUBEL, J., (2012).** Modélisation dynamique et générique de pathosystèmes fongiques aériens Application à l'étude des impacts du changement climatique sur la rouille brune du



blé et le mildiou de la vigne. Thèse de Doctorat : Agronomie. Paris : Institut des sciences et technologies, 337p.

**CHAROUANA, N., BREL, R., (2018).** Isolement, purification et identification des moisissures du champ à partir des céréales de Constantine (Blé dur, blé tendre et orge) et évaluation de l'effet antagoniste des extraits des racines d'une plante endémique Mémoire Master : Mycologie et Biotechnologie fongique .Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine, 81p.

## D

**DERDJ, D., (2017).** Effet des actinomycètes sur l'agent phytopathogène (*Fusarium* ssp.) chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire Master : Biotechnologies végétales et métagénomique. Msila : Université Mohamed Boudiaf, 86p.

**DJAOUTI, M., (2010).** Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréales en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif. Série 'Master of science' N°106. Thèse Master science, CIHEAM. IAMM. 106, 142p.

## E

**ETIENNE, D., LEOPLOD, F., KLAUS R., (1997).** The Bacterial Diseases of Wheat : Concepts and Methods of Disease Management. Mexico : Alma McNab. 86p.

**EZZAHIRI, B., (2001).** Les maladies du blé identification, facteurs de développement et méthode de lutte. Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information, et de liaison du PNTTA, 77, page4.

## F

**FAO state., (2010).** [www.FAOstate.com](http://www.FAOstate.com) (30/06/2021).

**FARES, R., BOUCHAIB, A., (2017).** Recherche de bactéries développant une activité antagoniste vis -à- vis des agents de la pourriture racinaire de blé dur. Mémoire de Master :

Biotechnologie des Mycètes / Fermentation et production de substances fongiques. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine, 101p.

**FEILLET, P., (2000).** Le grain de blé composition et utilisation Inra, paris : 312p.

**FERADJI, K., SAADA, I., (2018).** Diagnostic des maladies cryptogamiques rencontrées chez le blé durant la campagne agricole 2017/2018 dans la région de Bouira. Etude de la mycoflore associée à la semence de blé. Mémoire Master: Protection des végétaux. Bouira : Université Akli Mohand Oulhadj, 107p.

## G

**GOUACHE, D., CHAOUCH, S., FLORIN, L., (2015).** MiCODetect – vers le cahier des charges d'un Capteur Optique de Détection présymptomatique de *Septoria tritici* pour la lutte intégrée contre la septoriose du blé [en ligne]. Vol. (46), 11-26. [https://www.researchgate.net/publication/287621496\\_MiCODetect\\_project\\_-\\_guidelines\\_for\\_an\\_optical\\_sensor\\_for\\_presymptomatic\\_detection\\_of\\_Septoria\\_tritici\\_to\\_aid\\_in\\_integrated\\_management\\_of\\_Zymoseptoria\\_tritici\\_blotch\\_of\\_wheat](https://www.researchgate.net/publication/287621496_MiCODetect_project_-_guidelines_for_an_optical_sensor_for_presymptomatic_detection_of_Septoria_tritici_to_aid_in_integrated_management_of_Zymoseptoria_tritici_blotch_of_wheat) (07/08/2021).

## H

**HADDAD, H., BENCHERIF, H., (2020).** La fusariose de l'épi chez les céréales provoquée par *Fusarium graminearum* et *Microdochium nivale*. Mémoire Master : Microbiologie appliquée. Bordj Bou Arreridj : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy, 50p.

**HAMANI, S., (2020).** Diagnostic des maladies cryptogamiques des céréales dans la région de Bouira. Mémoire Master : Phytopathologie. Bouira : Université Akli Mohand Oulhadj, 63p.

**HAMEL, A., (2016).** Etude de l'antagonisme de *Trichoderma sp* vis-à-vis le *Fusarium sp* agent de la fusariose du blé en Algérie. Mémoire de Master : Moyen de lutte et bio régulateur. Boumerdes: Université M'hamed Bougera, 99p.

**HAMLAOUI, S., BENAMER, K., (2018).** Etude comparative de quelques paramètres morphologique et biochimique chez sept variétés de blé dur (*Triticum durum.Desf*) dans la région de Constantine. Mémoire Master : Biologie et physiologie de la reproduction végétale. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 76p.

**HASSIBA, N (2015).** Etude comparative des traitements de semences sans fongique chez les céréales à l'aide de l'ozone et de l'oxygène pur. Mémoire de Master : Maîtrise en microbiologie agroalimentaire Maître ès sciences (M. Sc.). Québec, Canada : université LAVAL, 157p.

**HIBAR, K., DAAMI-RAMADI, M., KHIAREDDINE, H., EL MAHDJOUR, M., (2005).** Effet inhibiteur *in vivo* et *in vitro* du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum f. sp. radicans lycopersici*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 9 (3): 163-171.

<https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/105785>.

### K

**KHOUALDA, A., (2020).** La recherche de champignons phytopathogènes infectants le petit pois (*Pisum sativum. L*). Essai *in vitro*, de lutte biologique contre les souches phytopathogènes isolées. Mémoire de Master : Mycologie et biotechnologie fongique. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine, 89 p.

### L

**LAHMAR, A., ZERBITA, O., (2015).** Identification des différentes maladies cryptogamiques rencontrées chez les céréales durant la campagne agricole 2014/2015 dans la région de Constantine. Mémoire de Master : Biologie et génomique végétale. Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine, 102 p.

**LARPENT, J-P., SANGLIER, J., (1989).** Biotechnologie des antibiotiques. Masson, Paris. 481p.

**LECTOM, M., (2016).** *Erysiphe graminis (Blumeria graminis)*. In : AMFB. Disponible sur :[http://www.amfb.eu/Myco/Micromycetes/Pagesoidiums/Imagesoidiums/Erysiphe-graminisML\(1\).jpg](http://www.amfb.eu/Myco/Micromycetes/Pagesoidiums/Imagesoidiums/Erysiphe-graminisML(1).jpg) (29.05.2021).

**LOMRI, A., MEHTAL, D., (2019).** Les méthodes d'isolement, de purification, d'identification et de caractérisation des champignons phytopathogènes du blé dur de la région de Bordj Bou Arreridj. Mémoire Master: Protection des végétaux. Bordj Bou Arreridj : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, 66p.

**LOUZE, H., HADJAISSA, F., (2018).** Isolement et identification des moisissures de stockage du blé tendre (*Triticum aestivum L*) et blé dur (*Triticum durum L*). Mémoire Master: Microbiologie Appliquée. Oum El Bouaghi : Université Larbi Ben M'hidi, 57p.

## M

**MAHFOUD, A., LASBAHANI, A., (2015).** Approche de lutte contre les maladies fongiques du blé : étude de l'efficacité de trois molécules antifongiques (*in-vitro et in situ*) et l'effet antagoniste de certains microorganismes fongiques (*in-vitro*). Mémoire de Master : Biotechnologie des Mycètes. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine, 70p.

**MATHER, D.** Teliospores of *Tilletia caries*. (2000) Stinking smut of wheat. The Plant Health Instructor. doi: 10.1094/PHI-I-2000-1030-01, 145p.

**MEBARKIA, A., (2020).** Protection des végétaux . Sétif : Université Ferhat Abbas Sétif 1, 28p.

**MEURS, R., (2018).** Etude de l'effet des conditions climatiques, de l'influence du choix variétal et de l'efficacité des traitements fongicides sur la dynamique des principales maladies fongiques du blé d'hiver. Mémoire Master : Bio Ingénieur - Sciences agronomiques. Gembloux Agro-Bio Tech. 81p.

**MINATI, M., KHALAF, M., (2020).** Fungal Diversity of Winter Wheat Parts, Seed and Field Soil in Iraq, Basra Province. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering [en ligne], vol., 928, (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/928/6/062004/meta>) (07/07/2021).

**MOREAU, J., (2008).** Livre Blanc « Céréale». Gembloux : FUSA et GRA-W. 39p.

**MOULE, C., (1971).** Pyrotechnicien spéciale II : Céréales. La maison rustique. Paris, 95p.

## N

**NASRAOUI, B., (2015).** Les champignons et pseudo-champignons pathogènes des plantes cultivées : Biologie, Nouvelle Systématique, Interaction Pathologique. 199p.

**NOEMIE, L., (2010).** Lutte biologique aux ravageurs: Applicabilité au Québec. Thèse de Doctorat : Environnement. Canada : Université de Sherbrooke, 103p.

**NYSTEN, A., (2018).** Étude de l'évolution des résistances aux fongicides carboxamides dans les populations Belges de *Zymoseptoria tritici*. Mémoire Master : Bio Ingénieur - Sciences agronomiques. Louvain : Université catholique, 117p.

## O

**ORLICI, Z., BENKARA, O., (2018).** Contribution à l'étude de la flore fongique des semences de blé dur de campagne dans la région Nord de Constantine. Mémoire Master : Microbiologie. Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 83p.

## P

**PANCALDI, D., TONTI, S., PRODI, A., (2010).** *Fusarium culmorum* on potato dextrose agar (PDA) and macroconidia. Survey of the main causal agents of *Fusarium* head blight of durum wheat around Bologna, northern Italy, vol 49, 258–266p.

**PRESCOOT, J., BURNETT, P., SAARI, E., RANSOM, J., BOWMAN, J., (1987).** Maladies et ravageurs du blé : guide d'identification au champ. Mexico : CIMMYT. 142p.

## R

**ROUAG, N., (2017).** Méthode de lutte et risques. Sétif : Université Ferhat ABBAS Sétif 1, 35p.

**RUHL, G., (2013).** Septoria leaf spot of wheat (*Septoria tritici*). In : *Invasive.org*. Disponible sur : <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5494439> (29.05.2021).

## S

**SAFER, T., RAHMANI, Y., (2015).** Efficacité de quelques fongicides sur les maladies fongiques du blé dur transmises par les semences. Mémoire de Master : Production végétale et Environnement. Msila: Université Mohamed Boudiaf, 75p.

**SAHRI, S., TABBAKH, I., (2019).** L'étude des champignons phytopathogènes du blé tendre (*Triticum aestivum*) de la région de Bordj Bou Arreridj. Mémoire Master: Protection des végétaux. Bordj Bou-Arréridj : Université Mohamed El Bachir El Ibrahim, 96p.

**SALEM, S., (2008).** Etude de l'effet de l'irradiation de la farine de blé sur ses propriétés microbiologiques et sur la rhéologie des pâtes obtenues. Thèse de Doctorat: Bio-industrie. Tunis : Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie, 76p.

**SEDRATI, N., LAKEHAL, R., (2018).** Étude de l'influence de deux osmotocums sur la croissance des plantules de blé dur. Mémoire Master : Biotechnologie et Génomique Végétale .Constantine : Université des Frères Mentouri Constantine1, 80p.

**SEKHRI, F., GUERROUM, N., MAKHLOUFI, Z., (2006).** Contribution à l'étude de la lutte biologique des champignons phytopathogènes par l'utilisation de *Trichoderma* sp. Mémoire Master : Microbiologie. Msila : Université Mohamed Boudiaf, 30p.

**SIOUDA, A., BENKHLIFA, Z., (2015).** Etude écophysiological des quelques écotypes de blé dur (*Triticum durum Desf.*) dans la région semi-aride de Setif. Mémoire Master : Biodiversité et conservation des écosystèmes. Setif: Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A ,74 p.

**SYNGENTA. Carie du blé. (2015).** [Carte] In : SYNGENTA France. Disponible sur <https://www.syngenta.fr/traitements/carie-du-ble> (11/015/2021).

**SYNGENTA Charbon du blé. (2015).** In : SYNGENTA France. Disponible sur <https://www.syngenta.fr/traitements/charbon-du-ble> (11/015/2021).

**SYNGENTA. Oïdium blé. (2015).** In : SYNGENTA France. Disponible sur : <https://www.syngenta.fr/traitements/oidium-sur-ble-ou-orge> (11/015/2021).

**SYNGENTA. Piétin verse. (2015).** In : SYNGENTA France. Disponible sur <https://www.syngenta.fr/cultures/cereales/article-fongicide/maladies-du-ble> (11/015/2021).

## Z

**ZAHRI, S., FARIH, A., DOUIRA, A., (2014).** Statut des principales maladies cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013. Journal of Applied Biosciences[en ligne], 77:6543 – 6549 <https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/105785> (30/06/2021).

# **Annexes**

**Annexe (1) : Le milieu de culture PDA.**

Pomme de terre	200g
Glucose	20g
Agar-agar	20g
Eau distillé	1000ml

Pour la préparation de l'extrait, laver et couper en petits morceaux la pomme de terre non pelée. Les mettre dans 500 ml d'eau distillée et porter à l'ébullition pendant 30 – 45 min. D'autre part faire fondre l'agar dans 500 ml d'eau distillée, écraser la pomme de terre, ajouter le filtrat à la solution d'agar puis ajouter le glucose. Ecraser, filtrer et compléter à 1 litre. Compléter à 1000ml et stériliser à 121C° pendant 20 minutes. En cas de dépôt, agiter le milieu avant de le répartir (LARPENT, 1985).

**Annexe (2) : La composition de lactophénol**

Acide lactique	20 ml
Phénol pur cristallisé	20 g
Glycérol	40 ml
Eau distillée	20 ml (BOUTEMEUR et OUKACI, 2019).

**Annexe (3) : La composition de bleu de coton**

Bleu de méthyle	1g
Acide acétique glaciale	2ml
SDS	0.5g
Eau distillée	100 ml (LOUZE et HADJAISSA 2018).

**Annexe (4) : La croissance mycélienne en mm de *Fusarium* et *Trichoderma harzianum* en fonction du temps (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).**

		La croissance mycélienne en mm			
Les isolats	Les jours	Agent antagoniste <i>Trichoderma harzianum</i>	Témoin <i>Trichoderma harzianum</i>	Agent Pathogène <i>Fusarium</i>	Témoin <i>Fusarium</i>
	1	10	12	07	05
	2	22	28	10	12
	3	22	45	10	16



## Annexes

<b>4</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>45</b>

**Annexe (5) : La croissance mycélienne en mm de *Fusarium* et *Aspergillus niger* en fonction du temps (MAHFOUD et LASBAHANI, 2015).**

		La croissance mycélienne en mm			
Les isolats Les jours	Agent antagoniste <i>Aspergillus niger</i>	Témoin <i>Aspergillus niger</i>	Agent Pathogène <i>Fusarium</i>	Témoin <i>Fusarium</i>	
<b>1</b>	<b>02.5</b>	<b>05</b>	<b>01.5</b>	<b>05</b>	
<b>2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>08.5</b>	<b>12</b>	
<b>3</b>	<b>07</b>	<b>18</b>	<b>17.5</b>	<b>16</b>	
<b>4</b>	<b>17.5</b>	<b>25</b>	<b>20.5</b>	<b>26</b>	
<b>5</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>20.5</b>	<b>32</b>	
<b>6</b>	<b>36.5</b>	<b>33</b>	<b>17.5</b>	<b>45</b>	
<b>7</b>	<b>36.5</b>	<b>35</b>	<b>20.5</b>	<b>45</b>	
<b>8</b>	<b>36.5</b>	<b>37</b>	<b>20.5</b>	<b>45</b>	
<b>9</b>	<b>36.5</b>	<b>41</b>	<b>20.5</b>	<b>45</b>	
<b>10</b>	<b>36.5</b>	<b>41</b>	<b>36.5</b>	<b>45</b>	

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

**Filière :** Biotechnologie

**Spécialité :** Mycologie et biotechnologie fongique

**Titre :** Les champignons phytopathogènes du blé et les moyens de lutte.

**Résumé :** Le blé constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéine, il fournit également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. Au cours de sa croissance, le blé peut-être soumis à un certain nombre d'agressions de nature diverses, entre autres les maladies cryptogamiques (causées par les champignons) qui représentent 80% des maladies affectant les céréales. Les champignons phytopathogènes du blé sont responsables des dégâts importants, en particulier, la diminution de la qualité technologique et sanitaire, la réduction de la valeur nutritionnelle, des pertes de rendement qui provoquent des problèmes économiques nationale et internationale. La prolifération de ces champignons macroscopiques exige un certain nombre de facteurs nutritifs et environnementaux tels que l'aération, le pH et la température. Les maladies cryptogamiques les plus fréquentes sont : la rouille brune (*Puccinia recondita*), la rouille jaune (*Puccinia striiformis*), la tache septorienne (*Septoria tritici*), l'helminthosporiose (*Pyrenophora tritici-repentis*), l'oïdium (*Erysiphe graminis*) et la fusariose (*Fusarium graminearum*). Ce travail vise les méthodes d'échantillonnage et d'isolement des champignons pathogènes du blé, la confirmation et l'identification de ces derniers est basée sur l'analyse des critères macroscopiques et microscopiques. L'essai de la lutte biologique est réalisé par l'utilisation de *Trichoderma harzianum* et *Aspergillus niger* selon deux méthodes : confrontation directe (technique de double culture) et confrontation à distance (par effet d'inhibiteurs volatils). La lutte chimique est assurée par l'utilisation de fongicides chimiques. Les résultats des études actuelles, prouvent que la lutte biologique contre les maladies cryptogamiques, s'impose comme alternative de choix, surtout par l'utilisation du genre *Trichoderma* qui présente une activité antifongique importante, et nécessite d'être exploitée.

**Mots clés :** Le blé, les champignons phytopathogènes, les maladies cryptogamiques, la lutte biologique, *Trichoderma harzianum*, la lutte chimique.

**Membre du jury :**

**Présidente du jury :** Melle. ABDELAZIZ Ouided (MCB- UFM Constantine1).

**Rapporteur :** Mme. LEGHLIMI Hind (MCA- UFM Constantine1).

**Examinatrice :** Mme. BOUCHERIT Zeyneb (MAA- UFM Constantine1).

**Présentée par :**  
**REZINE Amira et BOUKEZIOUA Fatima**

*Année universitaire : 2020-2021*