

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie végétale

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Biotechnologie et Ecologie végétale  
**Spécialité :** Biotechnologie et génomique végétale

N° d'ordre :  
N° de série :

Intitulé :

---

**Etude de l'activité fongicide d'un extrait végétal sur les champignons  
du blé**

---

**Présenté par :** Azizi Okba

**Le 20/06/2023**

**Jury d'évaluation :**

**Président :** DJEKOUN A. (Pr - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Encadrant :** KELLOU K. (MAA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Co-encadrant :** NAIDJA L. (Dr - CRSP Constantine).

**Examineur :** LOUALI Y. (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Année universitaire  
2022 – 2023**

## *Remerciement*

J'exprime ma gratitude envers le Pr. Djekoun pour son acceptation de présider notre jury.

Je tiens également à remercier sincèrement Mme Louali pour avoir accepté de juger ce  
modeste travail.

À mon encadrant, Mr. Kello, et à Mr .Temagoult, les mots ne suffisent pas à exprimer ma  
gratitude et ma reconnaissance envers vous deux. Je vous remercie pour vos conseils précieux  
et pertinents tout au long de mon travail.

Je vous suis reconnaissant pour votre ouverture d'esprit et votre soutien tout au long de cette  
réalisation.

Mr. Kello, votre passion pour votre travail est contagieuse, merci de me l'avoir transmise.

Et je n'oublie pas le Dr. Naidja du Centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques.

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué directement ou  
indirectement à la réalisation de ce modeste mémoire.

# Dédicace

Je dédie ce noble travail en premier lieu à ma chère mère, que Dieu la protège.

Également à mon cher père, ma première source d'inspiration dans ma vie, sans qui je n'aurais jamais pu arriver ici.

Et aussi à mon cher frère, Zine Eddine.

Et à tous mes chers amis, ainsi qu'aux membres merveilleux de ma promo, chacun avec son nom.

Sans oublier mes encadrants , Mr Kello et mon Mr.Temaguolt, pour leurs conseils avisés.

Merci à tous.

## Résumé

Le blé est l'une des céréales les plus importantes sur le plan mondial, jouant un rôle crucial dans la sécurité alimentaire. Cependant, il est sujet à diverses maladies fongiques qui peuvent entraîner des pertes de rendement significatives.

Les maladies fongiques du blé sont principalement causées par des champignons pathogènes tels que la rouille, l'oïdium et la septoriose. Ces pathogènes se propagent à travers les spores fongiques qui infectent les feuilles, les tiges et les épis du blé, provoquant des lésions, une décoloration et une détérioration générale de la plante.

Pour lutter contre ces maladies fongiques, différentes approches sont utilisées, y compris l'utilisation de substances naturelles dérivées de plantes et de fongicides. Les extraits végétaux sont des composés obtenus à partir de plantes qui possèdent des propriétés antifongiques. Ils peuvent être utilisés sous forme d'extraits bruts ou de produits formulés spécifiquement pour lutter contre les maladies fongiques du blé. Ces extraits végétaux agissent en inhibant la croissance des champignons pathogènes ou en renforçant la résistance des plantes hôtes.

Comme la plante d'*Inula viscosa*, sa teneur en tanins, en saponosides et en coumarines fait de cette plante un antibactérien, un antiviral et un antifongique.

**Mots clé :** Le blé , les maladies fongiques , champignons pathogènes , fongicides , extraits végétaux , *Inula viscosa* .

## Abstract

Wheat is one of the most important cereal crops globally, playing a crucial role in food security. However, it is susceptible to various fungal diseases that can result in significant yield losses.

Fungal diseases of wheat are primarily caused by pathogenic fungi such as rust, powdery mildew, and septoria. These pathogens spread through fungal spores that infect the leaves, stems, and ears of wheat, causing lesions, discoloration, and overall deterioration of the plant.

To combat these fungal diseases, various approaches are employed, including the use of natural plant-derived substances and fungicides. Plant extracts are compounds obtained from plants that possess antifungal properties. They can be used in the form of crude extracts or products specifically formulated to combat wheat fungal diseases. These plant extracts act by inhibiting the growth of pathogenic fungi or enhancing the resistance of host plants.

Like the *Inula viscosa* plant, its content of tannins, saponins, and coumarins makes it an antibacterial, antiviral, and antifungal agent.

**Keywords:** Wheat, fungal diseases, pathogenic fungi, fungicides, plant extracts , *Inula viscosa*.

## الملخص

يعتبر القمح من أهم الحبوب على مستوى العالم ، حيث يلعب دورًا حاسمًا في الأمن الغذائي. ومع ذلك ، فهو عرضة للعديد من الأمراض الفطرية التي يمكن أن تسبب خسارة كبيرة في الغلة. تنجم الأمراض الفطرية تنتشر هذه septoria للقمح بشكل رئيسي عن الفطريات المسببة للأمراض مثل الصدأ ، البياض الدقيقي و العوامل الممرضة من خلال الجراثيم الفطرية التي تصيب أوراق وسيقان وأذان القمح مسببة الآفات وتغير لون النبات وتدهوره العام. لمكافحة هذه الأمراض الفطرية ، يتم استخدام أساليب مختلفة ، بما في ذلك استخدام المواد الطبيعية المشتقة من النباتات ومبيدات الفطريات. المستخلصات النباتية هي مركبات يتم الحصول عليها من نباتات لها خصائص مضادة للفطريات. يمكن استخدامها كمستخلصات خام أو كمنتجات مصاغة خصيصًا للسيطرة على الأمراض الفطرية للقمح. تعمل هذه المستخلصات النباتية عن طريق تثبيط نمو الفطريات المسببة للأمراض أو عن طريق تقوية مقاومة النباتات المضيفة.

مثل نبات الإينولا فيسكوزا، تحتوي هذه النبتة على نسب عالية من التانين والسابونين والكومارين مما يجعلها عاملاً مضاداً للبكتيريا والفيروسات والفطريات .

**الكلمات المفتاحية:** القمح ، الأمراض الفطرية ، الفطريات الممرضة ، مبيدات الفطريات ، المستخلصات النباتية, الإينولا فيسكوزا,

## LISTE DES ABREVAITIONS

**T .Spontaneum** : Triticum Spontaneum

**T .dicoccoides**: Triticum dicoccoids

**T .dicoccum** : Triticum dicoccum

**T .turgidum** : Triticum turgidum

**T .durum** : Triticum durum

**T .vulgare** : Triticum vulgare

**T .aestivum** : Triticum aestvum

**T .spelta** : Triticum spelta

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

**PDA** : Potatose Dextrose Agar

**°C** :Degrés Celsius

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 Carte de la diffusion de la culture du blé .....	2
Figure 2 Relations phylogénétiques entre le blé tendre ( <i>T. aestivum</i> ) et ses ancêtres sauvages	3
Figure 3 Anatomie schématique du grain de blé tendre et proportions relatives de ses principaux tissus .....	5
Figure 4 Photographies des principales maladies des épis et feuilles du blé tendre d'hiver et du blé dur .....	7
Figure 5 Cycle biologique de la septoriose du blé .....	8
Figure 6 Symptômes de septoriose du blé .....	9
Figure 7 Photographies illustrant la cinétique d'apparition des symptômes de fusariose des épis de blé .....	11
Figure 8 et structures infectieuses de <i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>tritici</i> .....	13
Figure 9 Feuille du blé infectée par la tache auréolée <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> .....	14
Figure 10 Feuille de blé infectée par la rouille jaune <i>Puccinia striiformis</i> .....	15
Figure 11 La rouille brune .....	16
Figure 12 Les symptômes de la rouille noire.....	17
Figure 13 Prélèvement du <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> . .....	20
Figure 14 Isolat du <i>Fusariumoxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i> .....	21
Figure 15 Sachet du fongicide commercial Flint®. .....	24
Figure 16 Ensemencement des fragments de feuilles d'avoine sauvage malades .....	25
Figure 17 Aspect macroscopique de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> après.....	26
Figure 18 Aspect microscopique de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> .....	26
Figure 19 Préparation du milieu PDA dans 200 ml des solutions CRSP1 et CRSP2 .....	27
Figure 20 Développement des champignons après 48 heures d'ensemencement.....	28
Figure 21 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> en présence du CRSP1 après 48h. .....	30
Figure 22 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> en présence du CRSP2 après 48h. ....	30
Figure 23 Apparition de la fusariose en présence du CRSP1 après 48h. ....	31
Figure 24 Apparition de la fusariose en présence du CRSP1 après 48h. ....	31
Figure 25 Développement du <i>Fusarium</i> en présence du CRSP2 après 48h .....	32
Figure 26 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> avec la présence du CRSP 1 après une semaine d'ensemencement. ....	32

Figure 27 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> avec la présence du CRSP2 après une semaine. ....	33
Figure 28 Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP1 après une semaine. ...	33
Figure 29 Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP2 après une semaine. ...	34
Figure 30 Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP2 après un moi. ....	34
Figure 31 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> en présence du CRSP1 après une semaine. ....	34
Figure 32 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> avec la présence du CRSP2 après une semaine. ....	34
Figure 33 Développement de <i>Blumeriagraminis</i> f. sp. <i>avenae</i> en présence du Fongicide Flint après une semaine. ....	36
Figure 34 Développement de <i>Fusariumoxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i> en présence du CRSP 1 après une semaine. ....	36
Figure 35 Développement de <i>Fusariumoxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i> avec la présence du CRSP 2 après une semaine. ....	37
Figure 36 Développement de <i>Fusariumoxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i> avec la présence du fongicide Flint après une semaine. ....	37
Figure 37 Culture du <i>Fusariumoxysporum</i> f. sp. <i>cyclaminis</i> adjonction d'extrait. ....	37

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>1 . Historique de blé :</b> .....	2
<b>1.1. L'origine et morphologie du blé</b> .....	2
<b>a. Origine génétique</b> .....	2
<b>b. Classification</b> .....	3
<b>c. Caractéristiques morphologiques</b> .....	4
<b>1.2. Importance socio-économique</b> .....	5
<b>a. Dans le monde</b> .....	5
<b>b. en Algérie</b> .....	6
<b>2. Les maladies du blé</b> .....	6
<b>2.1. Les maladies virales</b> .....	6
<b>2.2. Les maladies fongiques</b> .....	6
<b>A. La spectoriose du blé</b> .....	7
<b>B.La fusariose du blé</b> .....	9
<b>B.2.Initiation de la maladie et développement des champignons</b> .....	10
<b>C . L'oïdium du Blé</b> .....	12
<b>D. la helminthosporiose du blé</b> .....	13
<b>E. Les rouilles</b> .....	14
<b>3. Les méthodes de lutte</b> .....	17
<b>3.1. La lutte biologique</b> .....	17
<b>3.2. La lutte culturale</b> .....	18
<b>3.3. La lutte physique</b> .....	18
<b>3.4. La lutte chimique</b> .....	19
<b>3.5. Les fongicides</b> .....	19

<b>1. Matériel biologique.....</b>	<b>20</b>
<b>1.1. <i>Blumeriagraminisf. sp.avenae</i> (champignon de l'oïdium qui infecte l'avoine)....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. <i>Fusariumoxysporum f. sp. cyclaminis</i> Fusariose vasculaire du cyclamen.....</b>	<b>21</b>
<b>2. Synthèse des extraits du CRSP.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. 1<sup>er</sup> extrait CRSP1.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. 2<sup>ème</sup> extrait CRSP2 .....</b>	<b>23</b>
<b>3. Fongicide commercialFlint® .....</b>	<b>23</b>
<b>4. Méthodologie.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Isolement de l'Oïdium <i>Blumeriagraminisf. sp.avenae</i> .....</b>	<b>24</b>
<b>a. Préparation du milieu de culture .....</b>	<b>24</b>
<b>b. Prélèvement et ensemencement des fragments de feuilles d'avoine malades .....</b>	<b>24</b>
<b>c. Purification des isolats.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2. Acquisition de l'isolat du <i>Fusariumoxysporum f. sp. cyclaminis</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>5. Etude de l'effet fongicide des extraits .....</b>	<b>26</b>
<b>a. 1<sup>er</sup> essai : Préparation de milieux de culture PDA avec les extraitsCRSP1 et 2 ....</b>	<b>26</b>
<b>b. 2<sup>ème</sup>essai : Addition des solutions CRSP 1 et 2 après ensemencement .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Traitement d'images.....</b>	<b>28</b>
<b>1.Effet sur le développement des champignons .....</b>	<b>29</b>
<b>1.1. 1<sup>er</sup>essai .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2. 2<sup>ème</sup>essai .....</b>	<b>34</b>
<b>2.Effet ralentissent de l'extraitCRSP 2 sur la Fusariose dans l'essai 1 .....</b>	<b>37</b>
<b>3. Discussion.....</b>	<b>38</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>41</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>43</b>

# **Introduction**

## **Introduction**

Les céréales, et en particulier le blé, sont des plantes essentielles à l'alimentation humaine depuis des milliers d'années. Elles sont cultivées à travers le monde pour leur valeur nutritive et leur capacité à produire une grande quantité de nourriture. Le blé, en particulier, est l'une des céréales les plus importantes et les plus largement cultivées, fournissant des glucides, des protéines et des fibres à de nombreux régimes alimentaires.

Cependant, la culture du blé n'est pas sans ses défis. Les maladies fongiques représentent l'un des principaux problèmes auxquels les agriculteurs sont confrontés lors de la production de blé. Les maladies fongiques du blé sont causées par des champignons pathogènes qui infectent les parties aériennes et souterraines de la plante, compromettant ainsi son rendement et sa qualité.

Il existe plusieurs maladies fongiques courantes du blé, dont certaines peuvent causer des dommages considérables aux cultures. Dans cette étude, nous abordons différentes maladies fongiques qui affectent les céréales en général et le blé en particulier. Dans la première partie, nous traitons des différentes maladies qui touchent le blé, sous la forme d'une revue bibliographique, et nous discutons des principales méthodes de prévention contre ces maladies. Ensuite, dans la deuxième partie, nous réalisons des expériences en laboratoire sur l'une de ces maladies en créant un extrait végétale. Son importance réside dans son pouvoir d'éliminer ces champignons.

Nous avons comparé cet extrait à un fongicide commercial, À partir de ces résultats, nous pouvons observer l'efficacité de cet extrait contre les champignons, ce qui nous permet de postuler que cet extrait peut être considéré comme un fongicide préventif ou un fongicide de lutte .

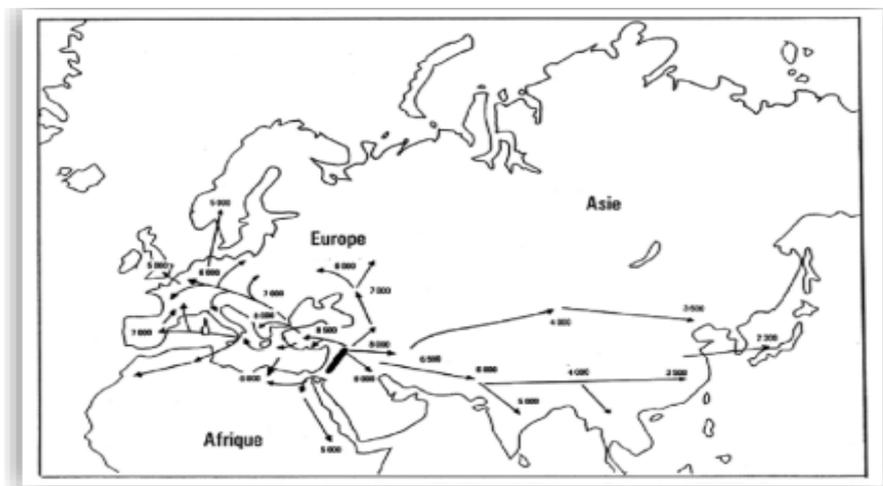
# **Revue Bibliographique**



## 1 . Historique de blé :

Le blé est une plante qui a été parmi les premières à être cultivées dans le cadre de l'agriculture en raison de ses nombreuses caractéristiques avantageuses. Sa facilité de stockage et de transport en font un choix idéal pour les agriculteurs. De plus, sa capacité à être cultivé sur de vastes surfaces en fait une culture rentable et productive. (Yves et De Buyser, 2001).

Pendant plus de 7 000 à 10 000 ans avant Jésus-Christ, l'homme a cultivé le blé, l'une des premières céréales, dans la région du Croissant fertile, un vaste territoire comprenant la vallée du Jourdain et les régions adjacentes de la Palestine, de l'Irak, de la Jordanie et de la bordure ouest de l'Iran (Feldman 2001). (Figure 1)



**Figure 1:** Carte de la diffusion de la culture du blé (Bonjeau,2001).

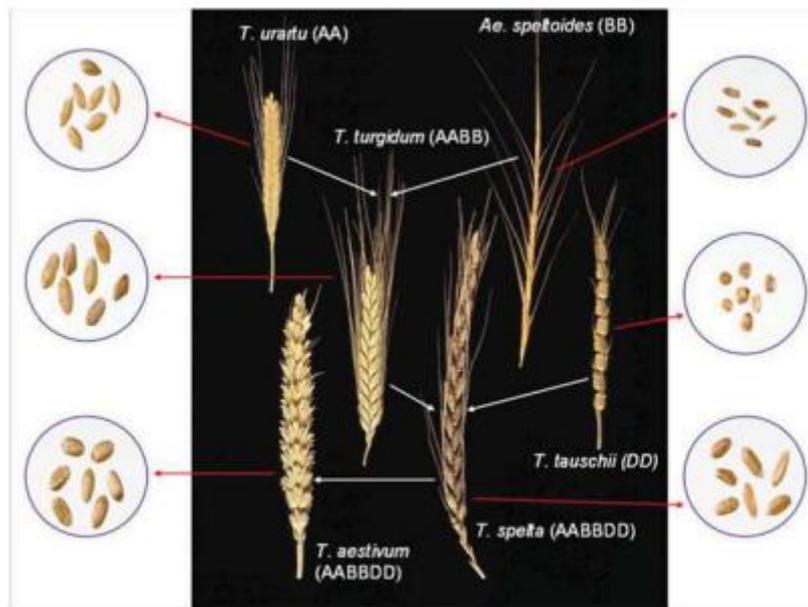
Selon Bonjeau (2001), le blé s'est diffusé hors de son centre d'origine vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe, par l'ancienne voie de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb à partir de la péninsule italienne. et c'est la Sicile.

### 1.1. L'origine et morphologie du blé

#### a. Origine génétique

Le blé dur comme le blé tendre appartiennent au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé, qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes : Le groupe diploïde ( $2n = 14$  chromosomes) ou groupe de *Triticum monococcum* (engrain, en langage courant). Le groupe tétraploïde ( $2n = 28$  chromosomes) ou groupe de *Triticum dicoccum* (amidonnier), dans lequel on trouve *T.durum* (blé dur), Le

groupe *hexaploïde* ( $2n = 42$  chromosomes) ou groupe de *Triticum sativum*, auquel appartient *T. sativum* (blé tendre), ou encore appelé *T. vulgare* (Anonyme a, 1981).



**Figure 2 :** Relations phylogénétiques entre le blé tendre (*T. aestivum*) et ses ancêtres sauvages (d'après Shewry 2009).

Un exemple d'épi et de grains est donné pour chaque espèce. Le blé tendre est la résultante de 2 hybridations successives. Le croisement de *Triticum urartu* avec une espèce proche d'*Aegilops speltoides* a donné *Triticum turgidum*, à l'origine du blé dur, *Triticum turgidum ssp durum*. En se croisant avec *Triticum tauschii*, ce dernier a mené à l'apparition du blé tendre. (Figure 2).

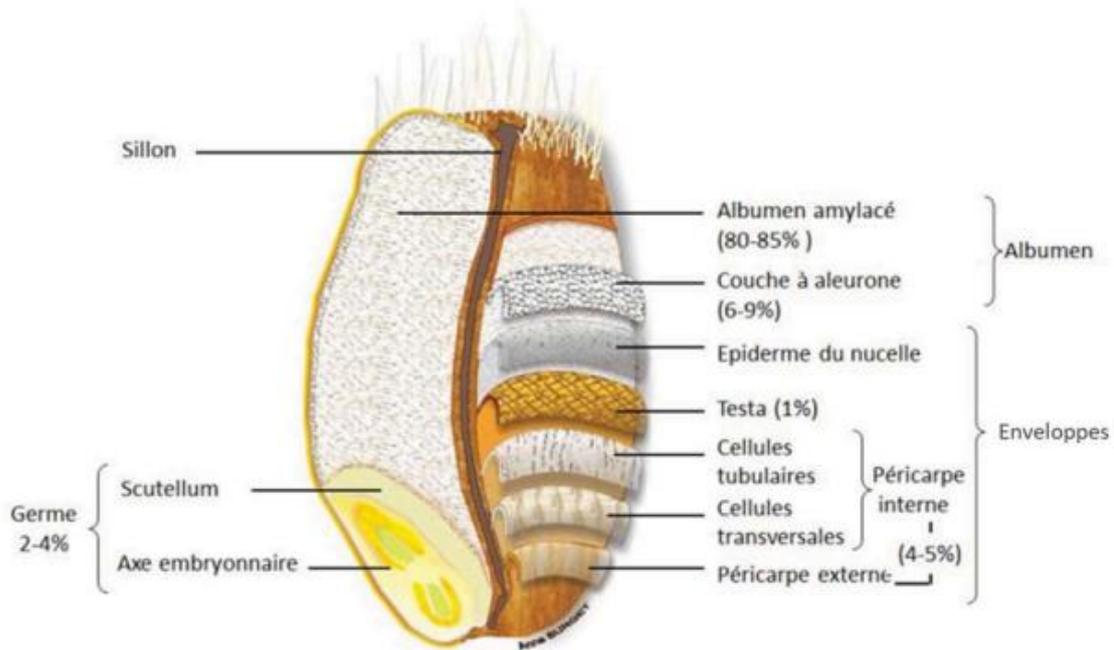
### b. Classification

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, herbacée monocotylédone de la famille des Poaceae (anciennement graminées) regroupe de nombreuses espèces qui appartiennent aux angiospermes (plante à fleurs) (Mathieu CH., 2010).

### **c. Caractéristiques morphologiques**

l'appareil végétative de blé se caractérise par un appareil racinaire, tige et feuille, épi, épillets, fleurs et graines .

- **Le grain** : Le fruit des graminées est un caryopse ; fruit sec indéhiscent à maturité.(Morsli, 2010).
- **Appareil végétatif** : Le système aérien de la plante se développe en produisant un certain nombre de talles, qui se développent en tiges cylindriques formées par des nœuds séparés par des entre-nœuds. Chaque tige porte à son extrémité une inflorescence en épi composé .Deux systèmes racinaires se forment au cours de développement :
  - Un système primaire** : se sont des racines séminales qui fonctionnent de la germination au tallage.
  - Un système secondaire** : de type fasciculé, les racines partent des nœuds les plus bas et Sont presque toutes au même niveau. (Lesage, 2011).
- **Appareil reproducteur** : Les fleurs sont groupées en inflorescence de type « épi composé », chacune est composée d'unités morphologiques de base ; les épillets. Le blé dur, le blé tendre et l'orge sont des plantes autogames ou à autofécondation. (Morsli, 2010).



**Figure 3** : Anatomie schématique du grain de blé tendre et proportions relatives de ses principaux tissus (d'après Surget et Barron 2005).

Le grain de blé est composé de 3 parties principales : les enveloppes (nucellus, testa, péricarpe interne et externe), l'albumen et le germe (scutellum et axe embryonnaire). (Figure 3)

## 1.2. Importance socio-économique

### a. Dans le monde

Le blé est l'un des aliments les plus importants pour les populations mondiales et la deuxième céréale la plus produite au monde, devant le riz et derrière le maïs. Les principaux pays producteurs de blé dans le monde sont la Chine, l'Inde et les Etats Unis d'Amérique, la Russie, la France, le Canada, l'Allemagne, la Turquie, l'Australie et l'Ukraine (Gaur et Mogalapu, 2018).

En Méditerranée, la France est le premier producteur de blé. En 1996, elle a produit 36 millions de tonnes. L'usage de blé dur en alimentation est spécialement concentré en méditerranée (Algérie, Maroc, Tunisie, Turquie, Italie,...), pour la fabrication de couscous, pains, et différents types de cuisines régionales (Lebeau, 2015), et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) représente environ 21% de la production alimentaire mondiale, grâce à son adaptation à un large éventail de climats (Xiaojie et al., 2012).

## **b. en Algérie**

Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Nadjem, 2012).

Le pays a recours aux importations pour subvenir aux besoins de la population sans cesse croissante. Selon FAOSTAT (2019) l'Algérie importe le blé de France, du Canada, d'Allemagne, des Etats-Unis d'Amérique, d'Espagne et du Mexique.

## **2. Les maladies du blé**

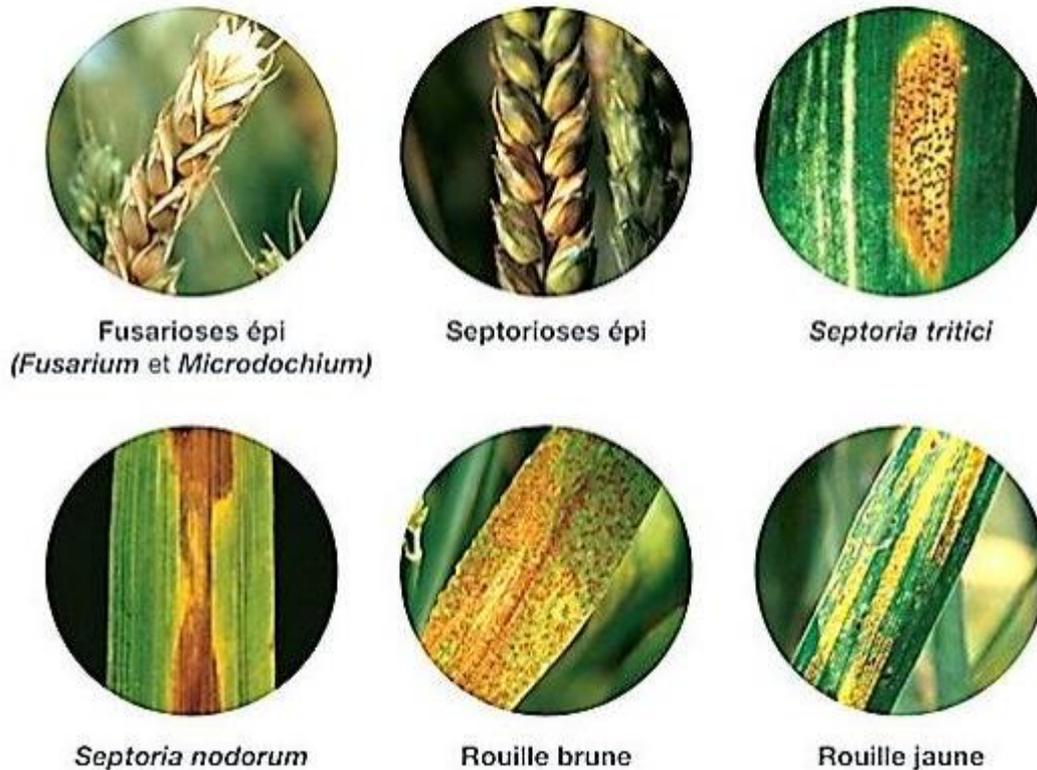
### **2.1. Les maladies virales**

L'incidence économique des maladies virales a pris de l'importance, surtout pour celles qui se transmettent par des pucerons tels : le BYDV, ou bien par la Cicadelle telle : le virus de la mosaïque striée du blé (Cornuet, 1987).

Plusieurs virus sont susceptibles d'affecter les récoltes des blés, notamment ; le virus du nanisme du blé (WDV), le streak mosaic virus du blé (WSMV), le virus de la mosaïque du blé, virus transmis par le sol (VMB) ( Makkouk et al .,1990).

### **2.2. Les maladies fongiques**

Plusieurs maladies sur blé sont responsables de pertes de rendement ou encore d'une dégradation de la qualité sanitaire des grains. Les plus importantes, illustrées dans la figure 4, sont la septoriose (*Septoria spp.*), les rouilles (*Puccinia striiformis et triticina*), et les fusarioses (*Fusarium spp. et Microdochium spp.*).



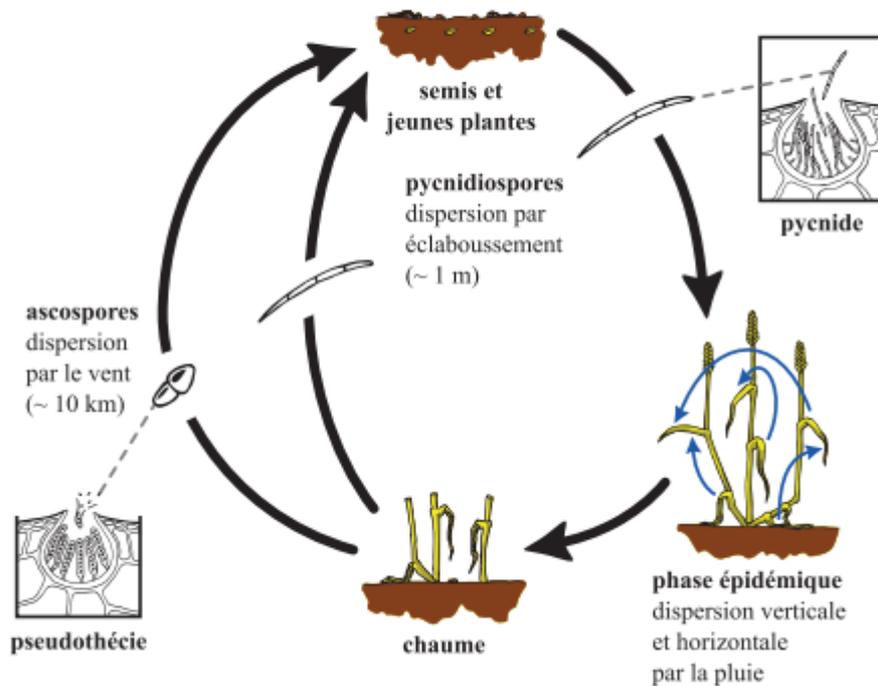
**Figure 4 :** Photographies des principales maladies des épis et feuilles du blé tendre d’hiver et du blé dur ([www.bayer-Agri.fr](http://www.bayer-Agri.fr)).

### A. La septoriose du blé

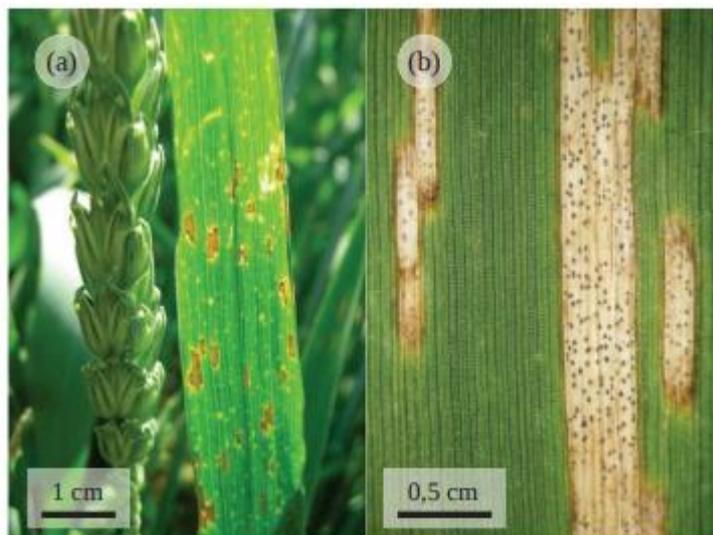
La septoriose du blé est une maladie foliaire qui affecte le blé et qui est causée par un champignon appelé *Zymoseptoria tritici* (anciennement connu sous le nom de *Mycosphaerella graminicola*). Ce champignon est un type de champignon ascomycète filamenteux. Il se propage à travers deux types de spores : les ascospores, qui sont des spores sexuées, et les pycnidiospores, qui sont des spores asexuées. Les ascospores sont dispersées par le vent, tandis que les pycnidiospores sont dispersées par la pluie (Figure 5). L'inoculum primaire, c'est-à-dire la source principale d'infection, est constitué des ascospores qui infectent les cultures de blé à l'automne (Suffert et al., 2011; Morais et al., 2016). Les pycnidiospores interviennent dans la phase épidémique de la maladie, qui se produit principalement au printemps et au début de l'été.

La septoriose du blé (Orton et al., 2011) est une maladie foliaire qui a un impact significatif sur le rendement du blé dans les pays européens où la production est intensive (Jørgensen et al., 2014). Elle est causée par un champignon appelé *Zymoseptoria tritici*. La

gestion de cette maladie repose principalement sur l'utilisation de fongicides et de variétés de blé partiellement résistantes. Cependant, il est difficile de lutter contre cette maladie en raison de la capacité d'adaptation élevée du pathogène responsable.



**Figure 5:** Cycle biologique de la septoriose du blé. Les ascospores, issues de la reproduction sexuée, sont produites dans des pseudothécies. Les pycnidiospores, issues de la reproduction asexuée, sont produite dans des pycnides (Gigot, 2013).



**Figure 6:** Symptômes de septoriose du blé. Feuille drapeau de blé (feuille la plus haute) présentant des lésions de septoriose (a) et lésions sporulantes à la surface d'une feuille de blé, les points sombres sont des pycnides (Gigot, 2013)

Lorsqu'une spore rencontre une feuille, l'infection se produit si les conditions favorables sont réunies, notamment sur le plan microclimatique (Shaw, 1990, 1991). L'infection est suivie d'une phase asymptomatique, appelée période de latence. Cette période peut être relativement longue, allant de 250 à 300 degrés Celsius-jours, soit de 11 à 42 jours, en fonction des conditions environnementales (Lovell et al., 2004 ; Bernard et al., 2013). Pendant cette période, le champignon se développe et forme des structures reproductrices appelées pycnides, ce qui entraîne la destruction des tissus de l'hôte (phase nécrotrophe). Les symptômes se manifestent sous la forme de lésions nécrotiques contenant des pycnides sombres qui apparaissent lors de la sporulation (Figure 6). Les pycnidiospores produites dans les pycnides sont libérées dans l'air lorsque l'humidité est suffisamment élevée et peuvent ensuite être dispersées par la pluie.

### **B.La fusariose du blé**

La fusariose est associée à un complexe d'espèces regroupant deux genres de champignons phytopathogènes, *Fusarium* et *Microdochium* (Arseniuk et al., 1999). Ces 2 genres regroupent environ 19 espèces capables d'induire la fusariose de l'épi de blé et d'orge (Liddell, 2003). Les espèces les plus fréquentes sont *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *M. nivale* et *M. majus* (Xu & Nicholson, 2009 ; Xu et al., 2005), avec une fréquence plus faible de *F. culmorum* et plus forte de *F. poae* depuis 2000 en France (Ioos et al., 2004).

L'humidité et l'absence de rotation sont des facteurs importants au développement de cette maladie (Laffont, 1985).

### **B.1.Le complexe fusarien**

#### **a. Le genre *Fusarium***

La première et véritable description du genre *Fusarium* a été réalisée par Link en 1809. De nombreuses espèces fusariennes ont été identifiées dans la nature dont les principales capables d'induire la fusariose de l'épi de blé: *F. tricinctum*, *F. poae*, *F. langsethiae*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. arthrosporioides*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti* et *F. crookwellense* (Xu & Nicholson, 2009). Les champignons du genre *Fusarium* sont capables de produire des métabolites secondaires toxiques, les mycotoxines, dont la présence augmente l'incidence de la maladie sur les productions agricoles.

#### **b. Le genre *Microdochium***

Il appartient à la famille des Tuberculariacées et regroupe deux espèces, *M. nivale* et *M. majus* (Glynn et al., 2005), provoquant les mêmes symptômes sur épi que les *Fusaria* ainsi que des symptômes sur feuilles. Ces deux espèces ne produisent pas de mycotoxines.

### **B.2.Initiation de la maladie et développement des champignons**

La fusariose de l'épi de blé débute par la dispersion de spores matures sur les épis de blé en période de floraison. Ces spores germent et colonisent généralement les anthères saillantes, situées dans la partie médiane de l'épi, là où la floraison commence et où l'humidité est plus élevée que dans les autres parties de l'épi (Walter et al., 2010 ; Leonard & Bushnell, 2003). Elles pénètrent dans la fleur et se développent pour atteindre les graines en formation, les bractées florales et le rachis. La pénétration dans l'épi peut également se produire à la surface des glumes ou à travers des ouvertures naturelles telles que les stomates, les blessures ou la base de l'épillet (Brown et al., 2010 ; Champeil et al., 2004).

Au début de l'infection, les tubes germinatifs se développent en surface et forment un réseau dense de mycélium à l'intérieur de l'épillet et autour de l'ovaire, environ 24 à 26 heures après l'inoculation (Brown et al., 2010). Ensuite, le champignon se développe de manière intercellulaire sur le front de l'infection, se nourrissant des exsudats extracellulaires, mais les symptômes visibles ne sont pas encore apparents (Guenther & Trail, 2005). À l'arrière du front de progression, les hyphes se propagent de manière radiale à travers les tissus vivants de

l'hôte, induisant une colonisation intracellulaire et nécrotrophique des cellules hôtes. Cela se manifeste par l'apparition des premiers symptômes de décoloration, appelés "bleaching", environ 2 à 4 jours après l'infection. Les symptômes de nécrose peuvent également être associés à des taches brunes sur les glumes et le rachis (Christ et al., 2011 ; Bottalico & Perrone, 2002). Le pathogène se propage le long du rachis et colonise de préférence les épillets adjacents, principalement ceux situés en dessous de l'infection (Argyris et al., 2005). Cette propagation dans le rachis entraîne un dysfonctionnement du système vasculaire, entraînant une maturation précoce de la partie supérieure de l'épi par rapport à l'infection, appelée "échaudage" (Figure 7). Lorsque l'échaudage se produit tôt dans le cycle du blé, les grains peuvent être absents ou présenter un aspect atrophié en raison d'un manque de nutriments et d'eau (Bai & Shaner, 1994 ; Leonard & Bushnell, 2003)



**Figure 7** : Photographies illustrant la cinétique d'apparition des symptômes de fusariose des épis de blé. De gauche à droite : l'apparition des premiers symptômes de décoloration 3 jours après l'infection (JAI) ; la colonisation des épillets adjacents 5 JAI et l'échaudage de la partie supérieure 9 JAI.

Les symptômes observés sur les grains sont très variés. Lorsque l'attaque de la fusariose se produit avant la formation des grains, ces derniers peuvent être fortement affectés, voire absents (Bai & Shaner, 1994). Ils sont généralement plus petits, avec une coloration blanche ou rose, correspondant au développement du mycélium. Les grains peuvent présenter une

surface rugueuse, ridée ou galeuse, souvent associée à des concentrations élevées de toxines. Des taches noires peuvent également être observées autour de l'embryon (Christ et al., 2011). En revanche, lorsque l'attaque se produit tardivement, les grains peuvent avoir une taille normale mais ils sont susceptibles de contenir des toxines (Leonard & Bushnell, 2003). Ainsi, le stade de développement des grains semble jouer un rôle important dans l'impact de la maladie sur le rendement de la récolte.

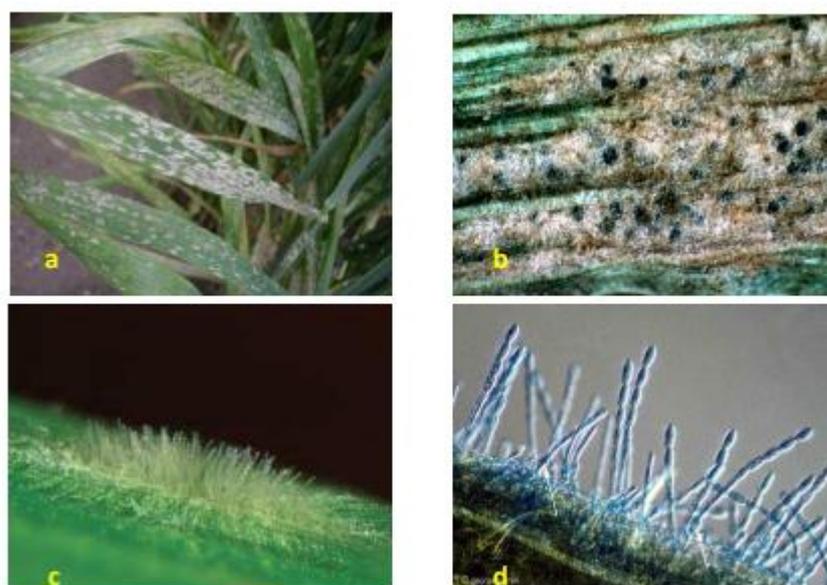
### **C . L'oidium du Blé**

Les champignons responsables des maladies appelées "oidiums" appartiennent à l'ordre des *Erysiphales*, de la famille des *Erysiphaceae*, qui fait partie de la classe des Ascomycètes (Bolay, 2005). Ces champignons présentent une spécificité d'hôte grâce à l'existence de formes spéciales. Par exemple, *Blumeria graminis f. sp. tritici* infecte le blé, *Blumeria graminis f. sp. hordei* (Bgh) infecte l'orge et *Blumeria graminis f. sp. avenae* infecte l'avoine. De plus, il existe une spécificité de race-cultivar, ce qui signifie qu'un champignon ne se développe que sur une plante d'un génotype spécifique. En outre, l'oidium des céréales se caractérise par son parasitisme obligatoire : le champignon ne peut se développer que sur une plante hôte vivante, car la germination avancée des spores infectieuses dépend de cette plante. L'oidium est également un ectoparasite : une fois le contact établi entre la plante et le champignon, ce dernier produit des structures qui se développent uniquement à la surface des cellules épidermiques de la plante.

L'oidium est un parasite obligatoire qui passe l'été en repos végétatif sur les feuilles sénescées, où il forme des fructifications noires appelées cleistothèces (Figure 8). Les ascospores qui mûrissent dans ces structures infectent les repousses de céréales ou les semis précoces d'automne.

Cependant, il est également vrai que le champignon passe principalement l'été sur les repousses de céréales, agissant comme un hôte intermédiaire, formant des pustules. Les spores, dispersées par le vent, infectent ensuite les nouvelles plantes. Pendant l'hiver, le champignon survit passivement sous forme de mycélium sur les plantes. L'épidémie au printemps se propage à partir de cette forme asexuée de spores, et le blé de printemps est infecté par l'infection provenant du blé d'hiver. Les propagateurs de la maladie, les conidies, sont libérés et disséminés par le vent. Leur formation se produit dans une plage de température allant de 5°C à 28°C, avec une température optimale de 20°C. Une forte humidité de l'air favorise la sporulation, entraînant une explosion de l'épidémie. En revanche, la pluie et

l'humidité sur les feuilles ralentissent la sporulation et la formation de pustules. Selon les conditions atmosphériques, l'épidémie peut même stagner. Les conidies ne survivent que quelques jours. Un semis précoce favorise une forte colonisation par le champignon au printemps, tandis qu'une densité de semis élevée favorise l'infection pendant la phase principale de croissance. Une densité de repousses accrue et une croissance plus importante créent un microclimat dans la parcelle, favorisant ainsi le développement des parasites. Il faut environ 5 jours à une température de 15°C à partir du début de l'infection pour que les conidies se forment (Sutton, 1990).



**Figure 8:** Symptômes et structures infectieuses de *Blumeria graminis* f.sp. tritici a: Symptômes foliaires; b: cleistothèces; c: pustule infectieuse vue de côté; d: chaînes de conidies . **Source :** (<http://www.plantwise.org> ; <http://scarab.msu.montana.edu>)

#### D. la helminthosporiose du blé

la helminthosporiose est une maladie foliaire du blé, elle est causé par le champignon *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs (Lamari et al., 1991, Sayoud et al., 1999 ;Lamari et al., 2005), désigné par le terme anglo-saxon « Tan spot » ou tâche bronzée.

L'helminthosporiose, tout comme la septoriose, se propage de la base vers le sommet de la plante. Au niveau des feuilles, on observe des taches en forme d'œil plutôt ovales, souvent

entourées d'un halo jaune chlorotique. Un point noir au centre de la tache indique le point d'infection. Ce point noir évolue progressivement en une zone foncée, puis en un cercle brun, et il n'y a pas de formation de pycnide (Figure 08) (Abdi,2015).



**Figure 9:** Feuille du blé infectée par la tache auréolée *Pyrenophora tritici-repentis*

. ([http://www.dirceugassen.com/images/fotos/sgrd/drechslera%20tritici-repentis\\_04.jpg](http://www.dirceugassen.com/images/fotos/sgrd/drechslera%20tritici-repentis_04.jpg)).

## E. Les rouilles

### a. La rouille jaune

La rouille jaune du blé, qui est causée par le champignon *Puccinia striiformis f. sp. tritici*, est l'une des maladies les plus importantes affectant le blé à l'échelle mondiale (Chen, 2005). En Europe, elle a été une maladie répandue sur les cultures de blé depuis des siècles, en particulier dans les pays du nord-ouest (Steele et al., 2001). Aux États-Unis, des pertes de rendement de 25% ont été enregistrées en 1960, lorsqu'il y avait des conditions extrêmement favorables au développement de la rouille jaune, touchant jusqu'à 70% des surfaces cultivées (Chen, 2005).

La maladie a été observée pour la première fois en Afrique du Sud dans le cap occidental en 1996, sur le blé de printemps (cultivars sensibles) et dans des conditions climatiques favorables (Pretorius et al., 1997, Boscholt et al., 2002 ).

La rouille jaune des céréales, connue également sous le nom de stripe rust ou yellow rust, est causée par différentes formes spéciales du champignon *Puccinia striiformis*. Ce

champignon appartient à la classe des basidiomycètes, à l'ordre des urédinales et à la famille des *Pucciniaceae*. Le nom spécifique du pathogène a subi plusieurs changements au fil du temps. Il a été initialement décrit comme *Uredo glumarum* par Schmidt (1827, cité dans Liu et Hambleton, 2010), puis comme *Puccinia striaeformis* par Westendorp (1854, cité dans Liu et Hambleton, 2010), et enfin comme *Puccinia glumarum* par Eriksson et Henning (1894, cité dans Liu et Hambleton, 2010). Selon Stubbs (1985), le nom *Puccinia glumarum* a été utilisé par Hylander et al. (1953), tandis que Cummins et Stevenson (1956) ont été les premiers à utiliser le nom *Puccinia striiformis* (Liu et Hambleton, 2010).

On observe Les symptômes apparaissent sous forme de pustules globuleuses, 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 et sur les épis et les grains (Anonyme, 2013).



**Figure 10:** Feuille de blé infectée par la rouille jaune *Puccinia striiformis*

### **b. La rouille brune du blé**

La rouille brune peut causer des dégâts importants et son agent causal est *Puccinia recondita*. Le cycle asexué de la maladie comprend trois étapes : l'infection de la feuille, la croissance du pathogène dans les tissus foliaires et la production de spores. Les mécanismes physiologiques et moléculaires de l'infection sont bien documentés (Bolton et al., 2008).

Les symptômes de la rouille brune se manifestent sous la forme de petites pustules circulaires ou ovales, de couleur orange ou brune (urédospores), qui apparaissent sur la face supérieure des feuilles, et parfois sur la face inférieure,



**Figure 11 :** La rouille brune (Safer et Rahmani, 2015)

### **c.La rouille noire du blé**

La maladie du blé causée par *Puccinia graminis* se manifeste par des pustules sporulées de couleur brune qui apparaissent sous forme de taches noires. Elle peut se développer sur les feuilles, les tiges et les épis. L'intensité des épidémies dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature et la quantité de l'inoculum initial, la sensibilité de la variété cultivée, le stade de développement du blé lors de l'infection initiale et les conditions climatiques. Les infections surviennent à des températures moyennes supérieures à 4°C, avec des températures idéales entre 10 et 15°C, et une humidité relative d'au moins 18% pendant au moins 18 heures (Abdi, 2015).



**Figure 12:** Les symptômes de la rouille noire (Zahri et al., 2014).

### **3. Les méthodes de lutte**

Les champignons phytopathogènes sont responsables d'une grande partie des dommages causés aux cultures. Ce sont des parasites qui infectent les plantes et provoquent des maladies cryptogamiques, ce qui entraîne une diminution significative des rendements. Dans certains cas, ces maladies peuvent avoir des conséquences catastrophiques, comme cela a été le cas lors de la famine irlandaise au XIXe siècle, où l'épidémie d'oïdium a entraîné une destruction massive des récoltes de pommes de terre.

Au fil de l'histoire, l'homme a développé de nombreux moyens pour lutter contre les ravageurs des cultures. Ces méthodes ont évolué et se sont multipliées avec les progrès scientifiques et techniques. Aujourd'hui, il existe plusieurs approches pour combattre ces champignons pathogènes.

#### **3.1. La lutte biologique**

La lutte biologique regroupe l'ensemble des méthodes visant à contrôler les ravageurs ou parasites des cultures en utilisant leurs ennemis naturels tels que les virus, les bactéries, les insectes, les acariens et les champignons, ainsi que des pièges. Le principe de cette approche consiste à exploiter les interactions antagonistes entre différentes espèces, telles qu'elles se produisent naturellement dans l'environnement (Mazoyer, 2002).

Selon l'Organisation internationale de lutte biologique (OILB), la lutte biologique consiste à utiliser des organismes pour prévenir ou réduire les dommages causés par les ravageurs et les agents phytopathogènes tels que les insectes, les mauvaises herbes, les champignons et les bactéries (Lepoivre, 2003).

Certains considèrent que la résistance génétique des plantes-hôtes est une méthode non chimique de lutte qui ne relève pas strictement des méthodes de lutte biologique. Cependant, pour d'autres, la résistance génétique devrait également être considérée comme une méthode de lutte biologique. De même, l'utilisation de biopesticides dérivés de matières naturelles telles que les animaux, les plantes et les bactéries peut être considérée comme une forme de lutte biologique, comme défini par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis en 1998 (Lepoivre, 2003).

### **3.2. La lutte culturale**

La lutte culturale se réfère à l'ensemble des méthodes agricoles utilisées pour protéger les cultures en adoptant des pratiques appropriées. Cela comprend des mesures telles que la rotation des cultures et l'utilisation de variétés résistantes (Deguine, 2008). Toutes les méthodes qui impliquent la modification de la plante elle-même pour la protéger (comme l'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes) ou de son environnement pour le rendre défavorable à ses ennemis sont considérées comme des pratiques de lutte culturale.

Pour assurer une protection efficace des cultures de blé, il est essentiel d'utiliser des semences saines, de maintenir un sol propre et de choisir des variétés résistantes. La résistance variétale, lorsqu'elle est disponible, demeure la méthode de lutte la plus économique et pratique contre les maladies foliaires du blé (Ezzahiri, 2001).

Certaines techniques culturales peuvent également limiter le développement des maladies telles que les rouilles. Par exemple, un semis tardif peut prévenir les contaminations, mais une densité de semis élevée peut créer un microclimat humide favorisant les maladies. De même, des épandages tardifs d'engrais azoté augmentent la susceptibilité des plantes aux maladies, notamment aux rouilles (Rapilly et al., 1971).

### **3.3. La lutte physique**

Selon Vincent et al. (2000), dans le domaine de la protection des plantes, la lutte physique englobe toutes les techniques de lutte qui n'impliquent aucun processus biologique ou biochimique comme mode d'action primaire.

La préservation de l'environnement est cruciale pour lutter contre les maladies des plantes. Les résidus de plantes malades peuvent servir de source d'inoculum capable d'attaquer les plantes cultivées saines dans un substrat sain. Pour limiter ces sources potentielles de contamination, diverses méthodes préventives peuvent être utilisées, telles que la destruction par incinération des débris végétaux infectés ou leur enfouissement dans le sol (Seguin, 1995).

### **3.4. La lutte chimique**

La lutte chimique est une méthode utilisée dans la lutte contre les agents phytopathogènes en utilisant des traitements chimiques, tels que les fongicides. Ces traitements peuvent être préventifs pour éviter l'apparition de la maladie ou curatifs pour stopper sa propagation. Il est important de prendre en considération plusieurs facteurs dans cette méthode, tels que le moment du traitement, le produit utilisé, la dose à appliquer, le spectre d'action et la durée de protection (Mahdjoub et Magherbi, 2018).

En agriculture, les fongicides sont utilisés pour éliminer les champignons pathogènes qui attaquent les cultures, les semences et les produits récoltés. Selon Clément (1981), ce sont des substances actives ou des préparations qui peuvent inhiber la croissance ou provoquer la mort des champignons, et qui sont utilisées pour lutter contre les maladies des cultures. Les fongicides utilisés dans la pratique agricole appartiennent à différentes familles chimiques (Bermond, 2002). L'utilisation de fongicides en traitement des semences est plus pratique pour contrôler les maladies transmises par les semences et réduire l'impact des maladies foliaires (Boulif, 2012).

### **3.5. Les fongicides**

Les fongicides sont des substances actives utilisées pour lutter contre les champignons pathogènes. Certains chercheurs incluent également dans cette catégorie les produits ayant une action contre les bactéries, les virus ou les mycoplasmes, bien que leur utilisation soit moins répandue à l'échelle mondiale (Rocher, 2004).

Les fongicides, également appelés mycocides ou produits antifongiques, peuvent être de nature chimique ou biologique. Les fongicides chimiques, qui sont largement utilisés, sont généralement de nature synthétique. Les fongicides biologiques, quant à eux, peuvent être des agents biotiques tels que des bactéries ou des champignons. Cette classification est basée sur les travaux de (Simon et al, 1994) et (Leroux, 2003).

# **Matériel et Méthodes**



Cette étude rentre dans le cadre de collaboration entre notre laboratoire de **G**énétique **B**iochimie et **B**iotecnologie **V**égétale (**GBBV**), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine –1 et le **C**entre de **R**echerche en **S**ciences **P**harmaceutiques de Constantine (**CRSP**). Dans l'objectif de mettre en évidence l'activité antifongique de deux extraits naturels (ou nanoparticules) à base de la plante vivace l'inule visqueuse « **ماغرمان** » (*Inulaviscosa* ou *Dittrichiaviscosa* L.) sur les champignons qui infectent les végétaux. Cet extrait végétal a été fabriqué par le Centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques de Constantine en utilisant la technologie des nanoparticules.

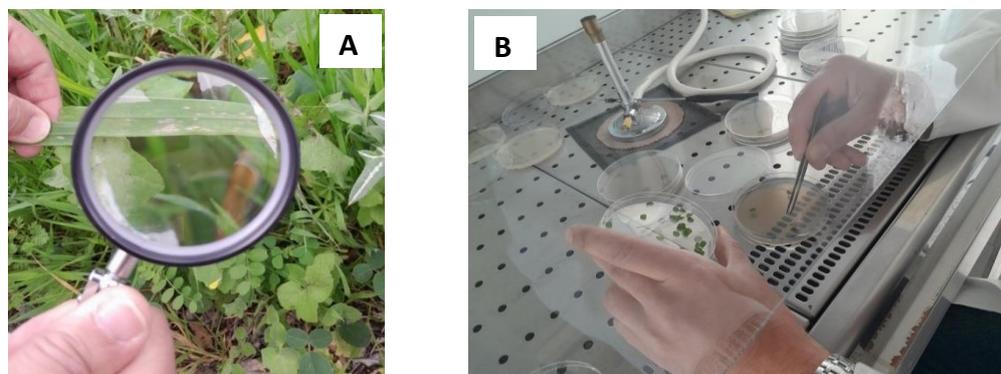
## **1. Matériel biologique**

Dans ce travail, nous avons testé l'activité fongicide des deux extraits du CRSP sur deux ascomycètes ; *Blumeria graminis*f. *sp.avenae*(Oïdium de l'avoine) et *Fusarium oxysporum* f. *sp. Cyclaminis* Fusariose vasculaire du cyclamen qui infectent collectivement plus de 100 hôtes différents.

### **1.1 *Blumeria graminis*f. *sp.avenae* (champignon de l'oïdium qui infecte l'avoine)**

Nous avons isolé ce champignon à partir de l'avoine sauvage qui pousse dans le campus du laboratoire G.B.B.V à Chaabat Erressas, université Constantine 1.

Les prélèvements du champignon sont effectués à partir des disques préparés sur des feuilles d'avoine sauvage qui présentent des symptômes typiques de l'Oïdium et ensemencés sur des boîtes de Pétri contiennent du milieu PDA, il forme des fructifications noires appelées cleistothèces. (Figure 13).



**Figure 13** : Prélèvement du *Blumeria graminis*f. *sp.avenae*.

**A** : Identification du champignon sur les feuilles d'avoine sauvage, **B** :Ensemencement du champignon sur milieu PDA.

L'avoine sauvage, également connue sous le nom scientifique *Avena fatua*, est une plante herbacée appartenant à la famille des Poacées (graminées). Elle est considérée comme une mauvaise herbe ou une plante adventice dans de nombreuses cultures céréalières, notamment le blé, l'orge et l'avoine cultivée.

### **1.2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* Fusariose vasculaire du cyclamen**

Ce champignon a été obtenu à partir d'un isolat fourni par le directeur du laboratoire de recherche de Mycologie, Biotechnologie et de l'Activité Microbienne, Pr. KACEM CHAOUICHE Nouredine.



**Figure 14 :**Isolat du *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*

## **2. Synthèse des extraits du CRSP**

### **2.1. 1<sup>er</sup> extrait CRSP1**

Cet extrait naturel, de laboratoire du centre de recherche en sciences pharmaceutiques, est fabriqué en utilisant la méthode de synthèse verte des nanoparticules d'oxyde de fer à partir de la plante *Inula viscosa*.

*Inula viscosa* (ou *Dittrichia viscosa* L.) est une plante vivace à souche ligneuse et à racine pivotante, au port touffu et érigé et au feuillage caduc. D'une croissance rapide, elle mesure 50 cm à 1 mètre de hauteur.

La synthèse verte des nanoparticules est un domaine de recherche qui vise à développer des méthodes de fabrication respectueuses de l'environnement pour produire des nanoparticules. Contrairement aux méthodes traditionnelles qui utilisent des solvants toxiques ou des agents

réducteurs dangereux, la synthèse verte se concentre sur l'utilisation de sources durables, de réactifs non toxiques et de conditions de réaction douces.

Les avantages de la synthèse verte des nanoparticules sont multiples. Elle réduit l'impact sur l'environnement en évitant l'utilisation de substances nocives et en minimisant la production de déchets dangereux. De plus, elle offre des perspectives intéressantes en termes de sécurité pour les travailleurs et de durabilité à long terme.

Plusieurs méthodes ont été développées pour la synthèse verte des nanoparticules, notamment l'utilisation d'extraits de plantes, de microorganismes ou de matériaux d'origine naturelle comme agents réducteurs ou stabilisants. Les conditions de réaction sont souvent douces, telles que des températures modérées et des temps de réaction réduits.

Le protocole de synthèse verte des nanoparticules d'oxyde de fer à partir de la plante *Inula viscosa*:

- 1- Collecte des feuilles d'*Inula viscosa* : Récoltez les feuilles fraîches de la plante *Inula viscosa*. Lavez-les soigneusement pour éliminer les impuretés.
- 2- Les feuilles récoltées sont séchées à l'abri de l'humidité et de la lumière du soleil pendant 15 jours.
- 3- Préparation de l'extrait de plante : Hachez finement les feuilles de *Inula viscosa* et placez-les dans un bécher en verre (250 ml). Ajoutez un solvant approprié (l'eau désionisée) pour extraire les composés actifs de la plante. Agitez la solution à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 2 heures à 80°C.
- 4- Préparation de la solution de sel de fer : Préparez une solution de sel de fer en dissolvant 1g de chlorure de fer(III) dans 50 ml d'eau désionisée.
- 5- Mélange de l'extrait de plante et de la solution de sel de fer : Ajoutez lentement l'extrait de plante filtré à la solution de sel de fer tout en agitant vigoureusement. Assurez-vous que les deux solutions sont bien mélangées.
- 6- Réduction et chauffage : Chauffez la solution à 90°C pendant 2 heures pour faciliter la réduction des ions de fer et la formation des nanoparticules d'oxyde de fer.
- 7- Refroidissement et centrifugation : Laissez la solution refroidir à température ambiante. Ensuite, centrifugez la solution à 3000 tr/min pendant 10 minutes pour séparer les nanoparticules d'oxyde de fer du reste de la solution.

- 8- Lavage des nanoparticules : Lavez les nanoparticules d'oxyde de fer obtenues plusieurs fois avec de l'eau désionisée pour éliminer les impuretés et les résidus de réactifs.
- 9- Séchage des nanoparticules : Vous séchez les nanoparticules d'oxyde de fer soit en les plaçant dans une étuve à 90°C pendant 24 heures pour éliminer l'excès de solvant.

### 2.2. 2<sup>ème</sup> extrait CRSP2

La différence entre les deux extraits réside dans le fait que le premier extrait est soumis à un processus de lavage et de centrifugation, tandis que ces deux étapes de lavage et de centrifugation sont éliminées pour ce deuxième extrait. Cependant, il convient de noter que les étapes de préparation des extraits demeurent similaires. En d'autres termes, bien que les deux extraits suivent des procédures différentes en ce qui concerne le lavage et la centrifugation, les autres étapes de préparation restent identiques.

### 3. Fongicide commercial Flint®

Flint®50 WG est un fongicide systémique anti-oïdium et anti tavelure, 50 % trifloxystrobine de la société Bayer. Flinte est un fongicide à base de trifloxystrobine, substance active de la famille chimique des strobilurines, qui agit principalement sur la germination des spores par inhibition de la respiration cellulaire.



Figure 15 : Sachet du fongicide commercial Flint®.

## **4. Méthodologie**

### **4.1. Isolement de l'Oïdium *Blumeria graminis* f. sp. *avenae***

Pour cet isolement, nous avons utilisé la technique directe.

#### **a. Préparation du milieu de culture**

Dans notre étude, nous avons utilisé le milieu de culture PDA (agar de pomme de terre avec dextrose) pour l'ensemencement, la purification des souches fongiques et les tests d'activité antifongique. Ce milieu est couramment utilisé et fournit les nutriments nécessaires à la croissance *in vitro* du mycélium des champignons (Cassagne, 1996).

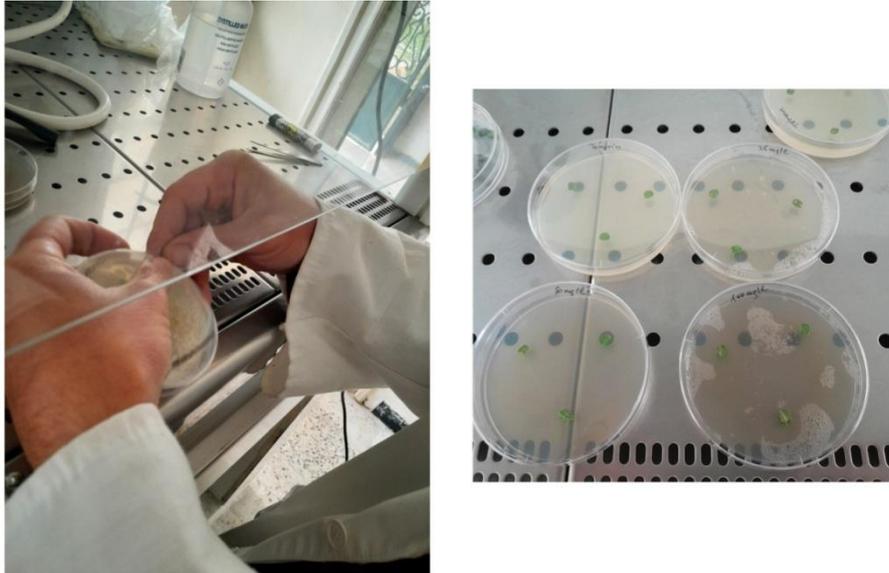
Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) est composé de pomme de terre, de glucose et d'Agar-agar. Le protocole de préparation du milieu en condition d'asepsie totale est le suivant : 200 g de pommes de terre épluchées sont découpées et mis à ébullition dans un récipient contenant 500 ml d'eau distillée pendant 30 mn ; puis, les pommes de terre sont retirées et le bouillon est transvasé dans un bécher contenant 20 g de glucose et 15 g d'Agar-agar ; ensuite, la solution est complétée à 1 l avec de l'eau distillée. Ce milieu est autoclavé à 121 °C pendant 30 mn sous une pression d'un bar. L'acide citrique (bactéricide) est ajouté au milieu au moment de sa distribution dans les boîtes de Pétri et les tubes à essai sous la hotte en présence d'une flamme à raison de 5 mg/l (Dedi, 2007).

#### **b. Prélèvement et ensemencement des fragments de feuilles d'avoine malades**

Nous avons découpé l'avoine sauvage infectée par l'oïdium *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* en petits fragments, en préparation de sa mise en place dans le milieu PDA que nous avons préparé.

Les fragments obtenus des feuilles de la plante malade, sont ensemencés aseptiquement dans le milieu gélosé PDA placé en boîte de Pétri. Les boîtes sont ensuite fermées hermétiquement à l'aide d'un ruban adhésif (Parafilm).

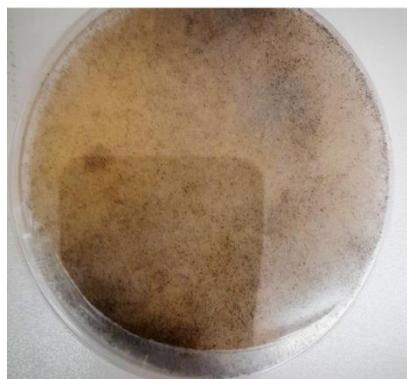
L'incubation a lieu à une température de 28 °C pendant 7 jours, afin de favoriser la croissance du champignon.



**Figure 16** :Ensemencement des fragments de feuilles d’avoine sauvage malades.

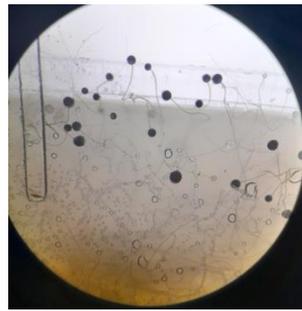
### c. Purification des isolats

La purification est effectuée afin de faciliter l'identification. En effet, les colonies développées autour des fragments végétaux ne sont jamais pures et sont souvent associées à d'autres champignons ou bactéries, ce qui nécessite une opération de purification avant toute manipulation. Pour ce faire, nous avons effectué des repiquages successifs de manière aseptique en utilisant une anse de platine. Des fragments de culture exempts de toute contamination sont sélectionnés dans la zone périphérique de croissance des colonies, puis déposés avec précaution dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA.



**Figure 17** :Aspect macroscopique de *Blumeria graminis* f. sp. *Avenae* après

7 jours d’incubation à 28°C sur milieu PDA.



**Figure 18** :Aspect microscopique de *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* (spores noirs de l'oïdium qui infecte l'avoine) après 7 jour d'incubation à 28°C sur milieu PDA.

#### **4.2.Acquisition de l'isolat du *Fusariumoxysporum* f. sp. *cyclaminis***

Pour l'ensemencement du champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* de la fusariose vasculaire du cyclamen, il est utilisé directement à partir de la boîte contenant l'isolat que nous avons apporté du laboratoire de recherche de Mycologie, Biotechnologie et de l'Activité Microbienne.

### **5. Etude de l'effet fongicide des extraits**

Nous avons réalisé deux expériences différentes. Dans la première, nous avons ajouté l'extrait pendant la préparation du milieu PDA, tandis que dans la deuxième expérience, nous avons préparé le milieu PDA de manière normale et ensuite sur lequel nous avons isolé les champignons, en les laissant se développer pendant deux jours, puis nous avons pulvérisé l'extrait.

#### **a. 1<sup>er</sup> essai : Préparation de milieux de culture PDA avec les extraits CRSP1 et 2**

Ce milieu est composé de pomme de terre, de glucose, extrait CRSP1 et d'Agar-agar. Le protocole de préparation du milieu en condition d'asepsie totale est le suivant : 100 g de pommes de terre épluchées sont découpées et mis à ébullition dans un récipient contenant 200 ml de CRSP (1 ou 2) pendant 30 mn.



**Figure 19** : Préparation du milieu PDA dans 200 ml des solutions CRSP1 et CRSP2.

Les pommes de terre sont ensuite retirées et le bouillon est transvasé dans trois bouteilles en verre comme suit :

- **B1** : 100 ml CRSP + 2 g Glucose + 1.5 g Agar + Ac.Citrique.
- **B2** : 50 ml CRSP + 50 ml H<sub>2</sub>O + 2g Glucose + 1.5 Agar + Ac.Citrique.
- **B3** : 25 ml CRSP + 70 ml H<sub>2</sub>O + 2 g Glucose + 1.5 Agar + Ac.Citrique

Ce milieu est autoclavé à 121 °C pendant 20 mn sous une pression d'un bar. L'acide citrique (bactéricide) est ajouté au milieu au moment de sa distribution dans les boîtes de Pétri sous la hotte en présence d'une flamme à raison de 5 mg/l.

Nous prélevons un échantillon de chaque champignon et le plaçons dans le centre de la boîte de Pétri. Nous avons préparé 14 boîtes, 2 boîtes Témoins et 6 boîtes pour le Fusarium et 6 pour l'Oïdium. Les boîtes ont été ensuite incubées à l'obscurité dans une étuve de 28°C.

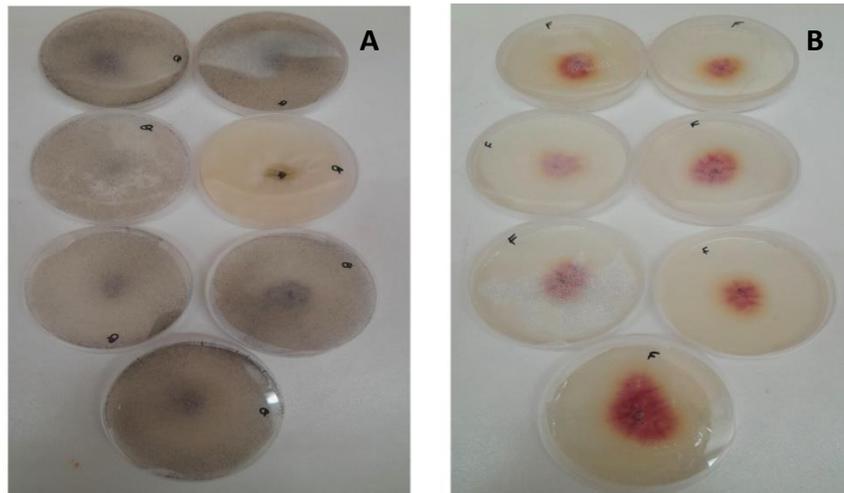
**b. 2<sup>ème</sup> essai : Addition des solutions CRSP 1 et 2 après ensemencement**

La préparation du milieu PDA est effectuée de manière normale avec 200 g de pommes de terre épluchées sont découpées et mis à ébullition dans un récipient contenant 500 ml d'eau distillée pendant 30 mn ; puis, les pommes de terre sont retirées et le bouillon est transvasé dans un ballon contenant 20 g de glucose et 15 g d'Agar-agar ; ensuite, la solution est complétée à l'avec de d'eau distillée. Ce milieu est autoclavé à 121 °C pendant 30 mn sous une pression d'un bar. L'acide citrique (bactéricide) est ajouté au milieu au moment de sa distribution dans les boîtes de pétri et les tubes à essai sous la hotte en présence d'une flamme à raison de 5 mg/l.

Nous avons préparé 14 boîtes de Pétri, chaque champignon dans 7 boîtes, Les boîtes ont été ensuite incubées à l'obscurité dans une étuve de 28°C.

Après 48 heures, nous retirerons les boîtes de Pétri de l'incubateur et nous observerons le développement des champignons à l'intérieur.

Après 48 heures, nous retirerons les boîtes de Pétri de l'incubateur et nous observerons le développement des champignons à l'intérieur.



**Figure 20 :** Développement des champignons après 48 heures d'ensemencement

**A :** *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* et **B :** *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*.

Après cela, nous ajoutons l'extrait aux boîtes de Pétri, où chaque extrait est ajouté à deux boîtes pour chaque champignon à des concentrations différentes.

Nous avons deux extraits et un fongicide commercial : CRSP1, CRSP2 et le fongicide Flint.

CRSP1 : - 2 boîtes de *Fusarium*, boîte à 50mg/L et une autre à 100 mg/L.

-2 boîtes d'*Oïdium*, à une boîte on a ajouté 50mg/L et à l'autre 100 mg/L.

CRSP2 : - 2 boîtes de *Fusarium*, boîte à 50mg/L et une boîte à 100 mg/L.

-2 boîtes d'*Oïdium*, 1<sup>ère</sup> boîte on a ajouté 50mg/L et à la deuxième 100 mg/L.

Fongicide Flinte : 0.02 g par 100 ml, nous le mettons de la même manière dans les boîtes de Pétri : - 2 boîtes de *Fusarium*, boîte avec 50mg/L et boîte avec 100 mg/L.

-2 boîtes d'*Oïdium*, à une boîte on a ajouté 50mg/L et à l'autre 100 mg/L.

Nous laissons une boîte pour chaque champignon en tant que témoin. Et après toutes les boîtes ont été ensuite incubées à l'obscurité dans une étuve à 28°C.

L'essai sur champ, *in vivo*, n'a pas pu être réalisé en raison de l'absence de maladies cryptogamiques sur champs dû aux conditions défavorables et les fluctuations du climat qui ont caractérisées les mois d'Avril (avec températures élevées) et de Mai (fortes précipitations).

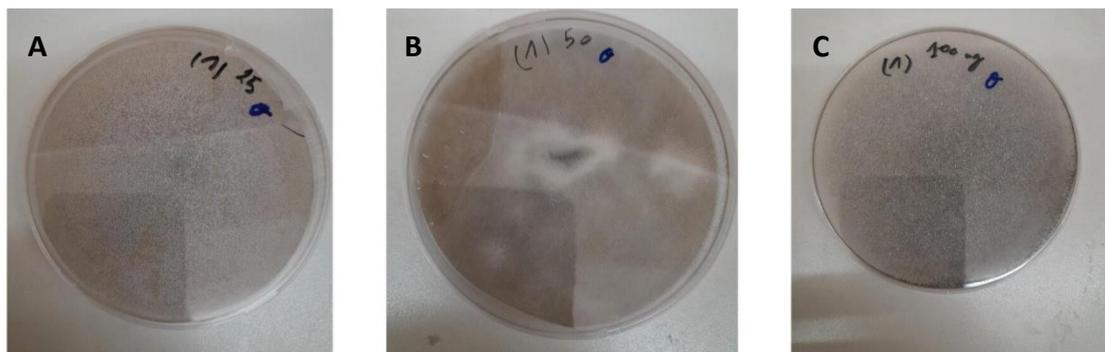
## 6. Traitement d'images

Nous avons utilisé le logiciel ImageJ® pour mesurer le diamètre du développement du champignon après 48 h d'ensemencement. L'ImageJ est un logiciel multiplate-forme, libre et open source de traitement et d'analyse d'images développé par National Institutes of Health, en 1972. Il est écrit en Java et permet l'ajout de fonctionnalités via des plug-ins et macros.

## 1. Effet sur le développement des champignons

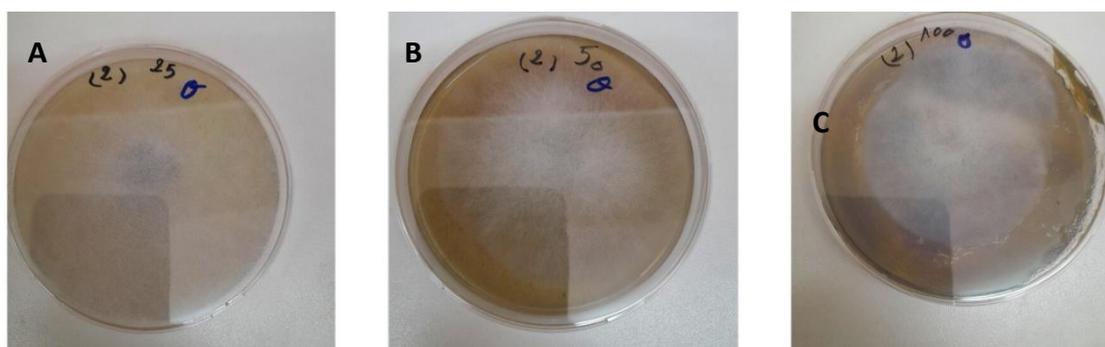
### 1.1. 1<sup>er</sup> essai : Après 48 heures

Dans cette expérience, après deux jours, nous avons remarqué un développement de l'*Oidium*, contrairement au *Fusarium* où nous n'avons pas observé de développement, cela n'était visible qu'avec le produit CRSP 2, dans les concentrations suivantes : 25 mg/l, 50 mg/l et 100 mg/l respectivement.



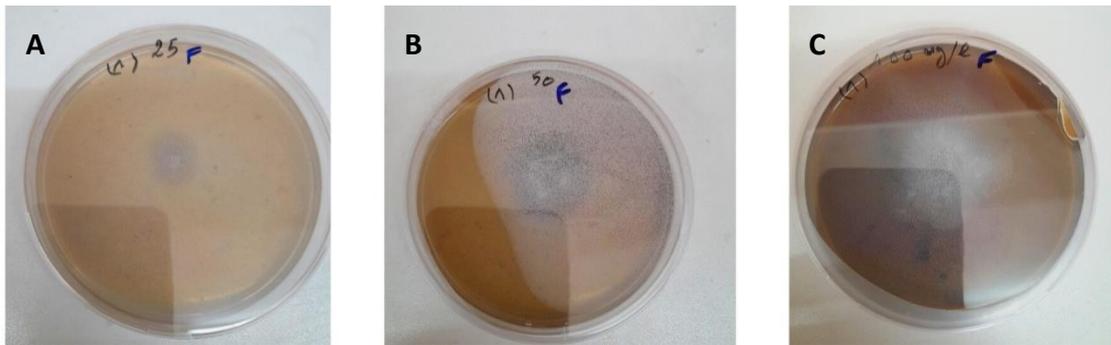
**Figure 21** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp. *Avenae* en présence du CRSP1 après 48h.

Nous observons un développement important du champignon d'*Oidium* dans les trois boîtes restantes, notamment aux concentrations 25 et 100 mg/l (A et C respectivement) avec beaucoup de mycélium. (Figure 21).



**Figure 22** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* en présence du CRSP2 après 48h.

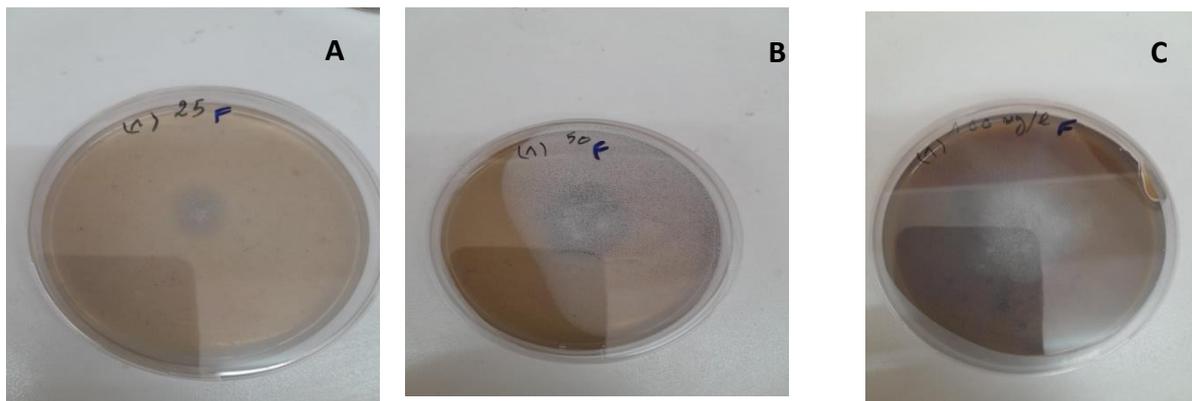
Le champignon (l'*Oidium*) est bien développé après deux jours, en présence de l'extrait CRSP2 dans les trois boîtes. (Figure 22).



**Figure 23** :Apparition de la fusariose en présence du CRSP1 après 48h.

En ce qui concerne la fusariose, nous remarquons un ralentissement de son développement avec le premier extrait, contrairement à l'oïdium ; où nous pouvons distinguer l'augmentation du diamètre et le développement du champignon.

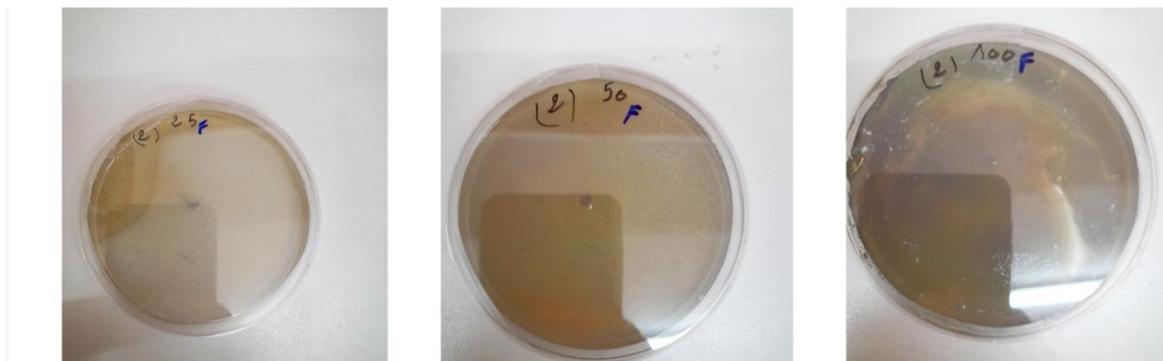
Dans la figure suivante n° 26 (A, B et C), nous avons enregistré une différence dans le diamètre du développement du champignon dans chaque boîte.



**Figure 24** :Apparition de la fusariose en présence du CRSP1 après 48h.

**A** :25mg/l : 4 cm de diamètre **B** : 50 mg/l : 6 cm de diamètre **C** : 100mg/l :Non indiqué.

Dans la boîte de Pétri de 100 mg/l le diamètre n'est pas calculé car il n'est pas clair en raison de la présence de contamination.

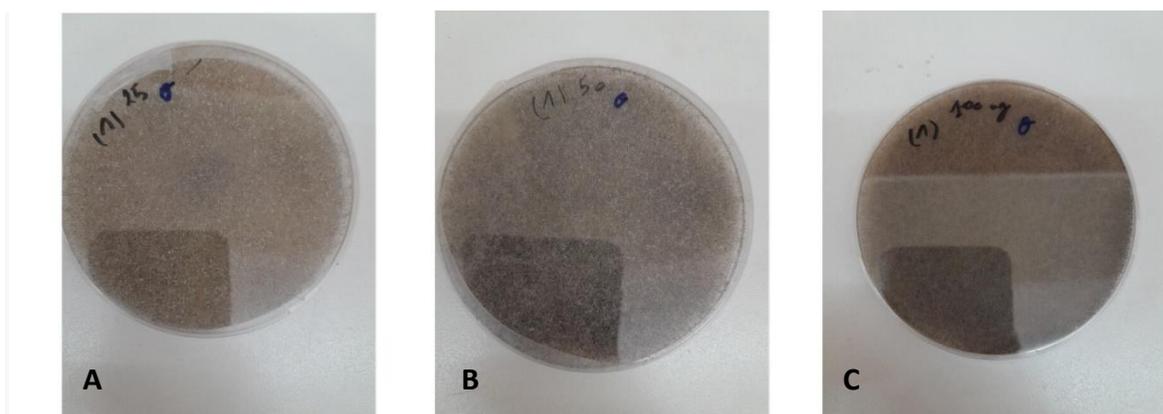


**Figure 25** :Développement du Fusarium en présence du CRSP2 après 48h

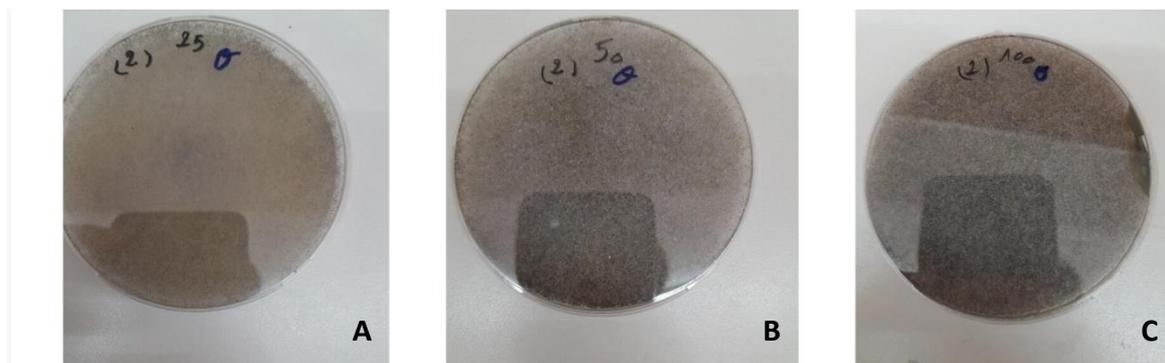
.Aucun développement des champignons n'est enregistré après 48h sur l'ensemble des boîtes contenant l'extrait CRSP2.

#### -Après une semaine

Après une semaine, nous avons observé un développement important des champignons responsables de la maladie d'oïdium, qui a envahie toutes les boîtes, tant avec le premier produit qu'avec le deuxième. En revanche, pour les champignons responsables de la fusariose, malgré leur développement initial retardé avec le premier produit, nous avons constaté qu'ils avaient totalement évolué après une semaine. En ce qui concerne le deuxième produit, une résistance persiste contre la fusariose même après une semaine, indiquant que ce fongicide continue à encercler la maladie.

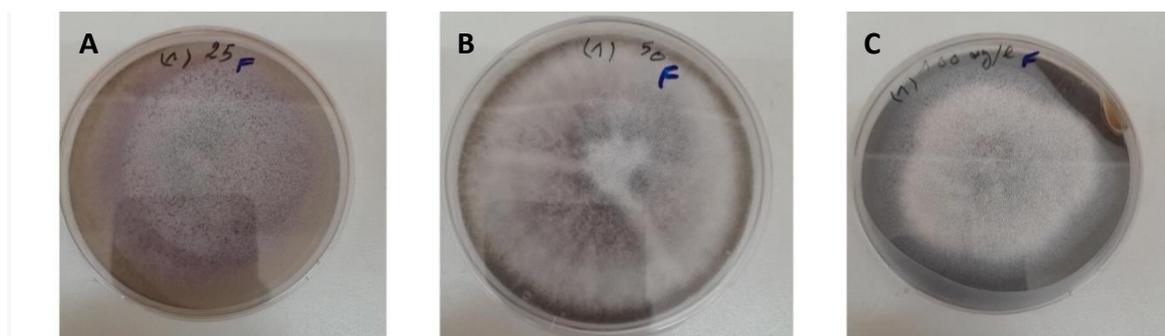


**Figure 26** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp.avenae avec la présence du CRSP 1 après une semaine d'ensemencement.



**Figure 27** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* avec la présence du CRSP2 après une semaine.

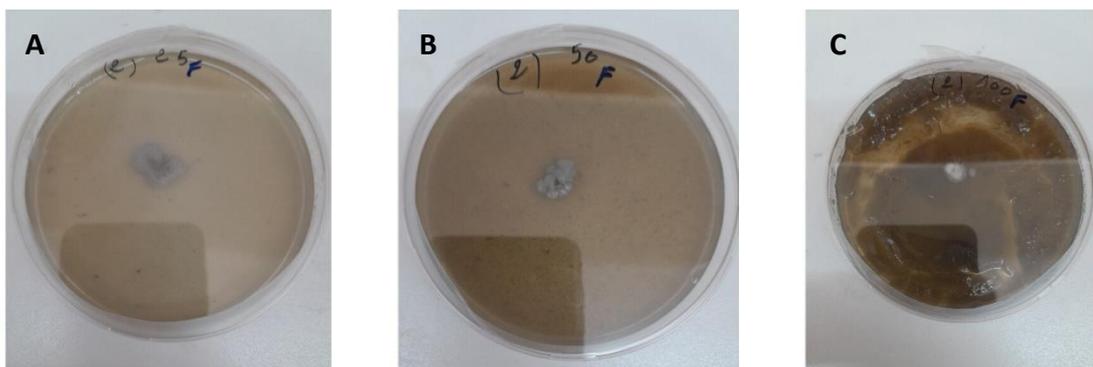
Comme nous l'avons mentionné, il y a un développement de la fusariose avec le premier extrait CRSP1, en présence de contamination dans les deux boîtes : 100 mg/l et 50 mg/l, et cela est visible dans la figure suivante :



**Figure 28** : Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP1 après une semaine.

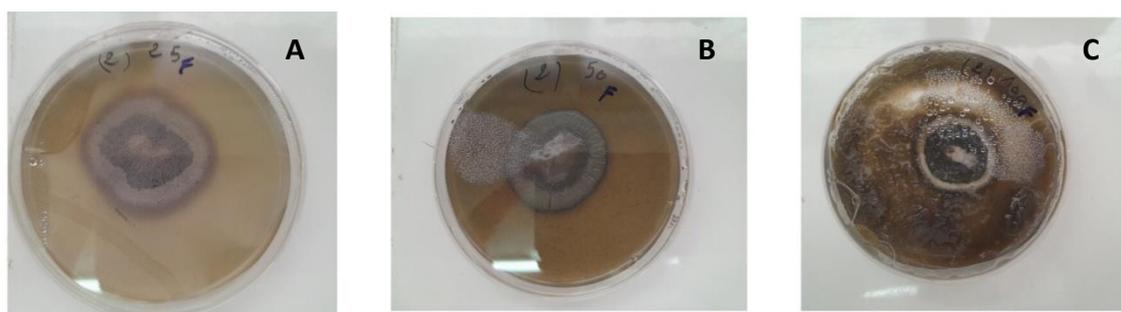
En ce qui concerne le deuxième extrait CRSP2, nous constatons une résistance contre la fusariose, et il n'y a aucun développement des champignons même après une semaine.

Comme indiqué dans la figure suivante, on observe une action positive de ralentissement du deuxième extrait CRSP2 sur le développement de la fusariose :



**Figure 29 :** Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP2 après une semaine.

En ce qui concerne le deuxième extrait CRSP2 son action contre la fusariose est continue jusqu'à un mois, nous avons observé un développement du champignon. Cependant, ce développement était lent, comme le montre l'augmentation du diamètre de développement dans la figure suivante (figure 30) par comparaison avec la précédente (figure 29).

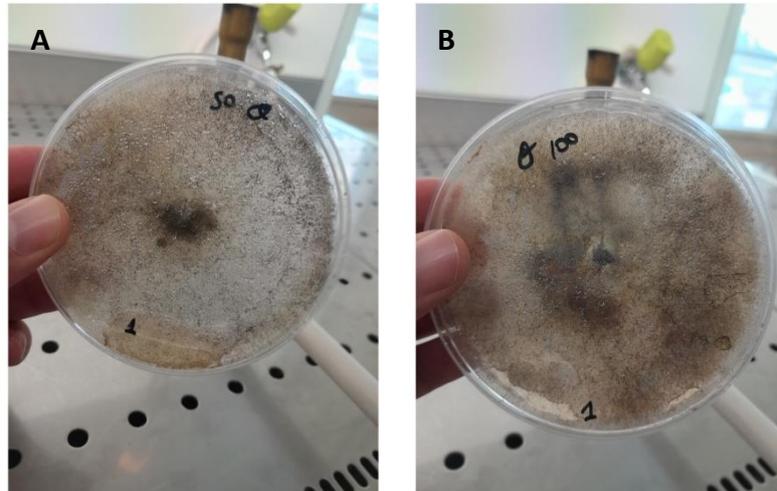


**Figure 30 :** Développement de la Fusariose avec la présence du CRSP2 après un moi.

D'après nos mesures du diamètre de développement des champignons, la plupart des mesures étaient de 5 cm.

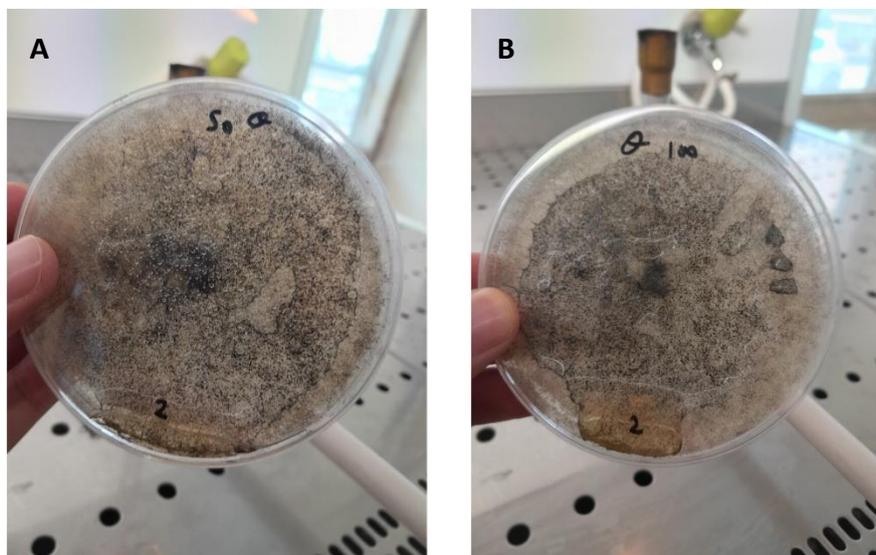
## 1.2. 2<sup>ème</sup> essai : Après une semaine de culture

Après l'ajout des extraits dans chaque boîte, nous avons procédé à leur surveillance une semaine plus tard, en notant le développement de chaque champignon.



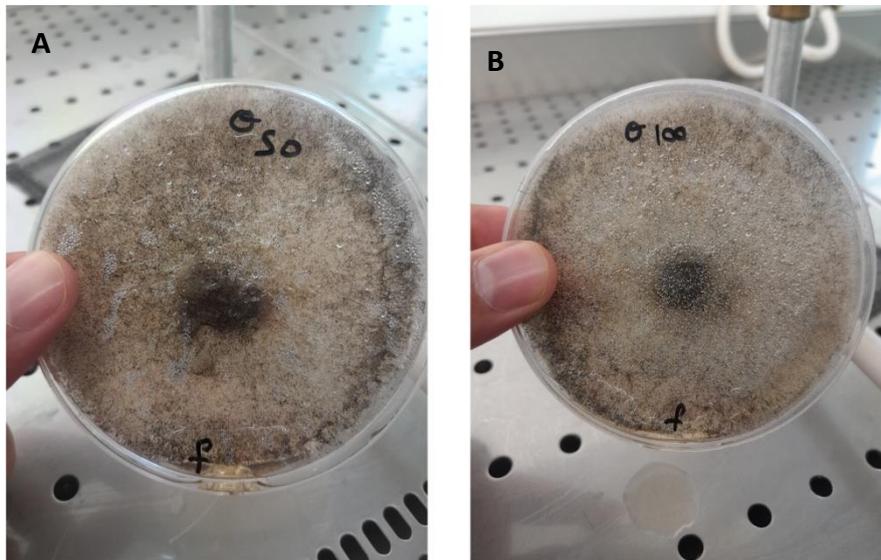
**Figure 31** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp. *Avenae* en présence du CRSP1 après une semaine.

Nous observons un développement du champignon de l'oïdium avec le premier extrait CRSP 1, mais il y a un développement plus intense à 100 mg/l que celui observé à 50 mg/l.



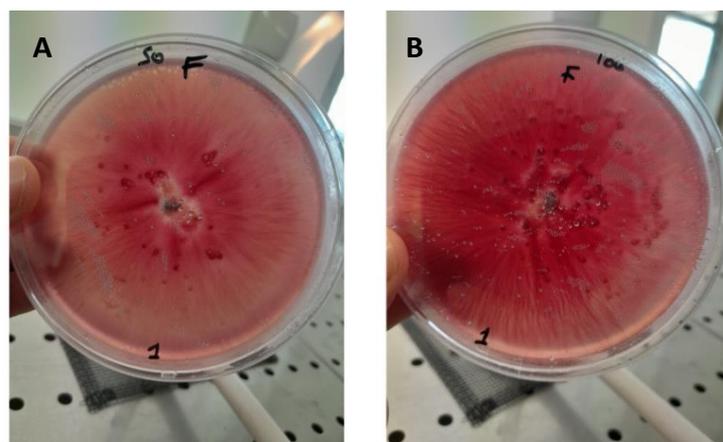
**Figure 32** : Développement de *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* avec la présence du CRSP2 après une semaine.

Concernant le deuxième extrait, nous avons remarqué un développement plus prononcé des champignons par rapport au premier extrait.



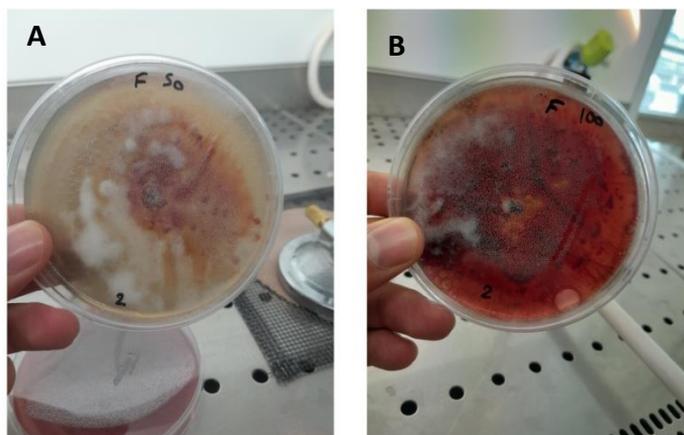
**Figure 33** :Développement de *Blumeria graminis f. sp. Avenae* en présence du Fongicide Flint après une semaine.

Nous remarquons une diminution du développement des champignons responsables de l'oïdium en présence du fongicide commercial Flint, par rapport au premier et au deuxième fongicide CRSP 1 et 2. Cela est dû au fait que le fongicide commercial est spécifiquement conçu pour lutter contre l'oïdium.



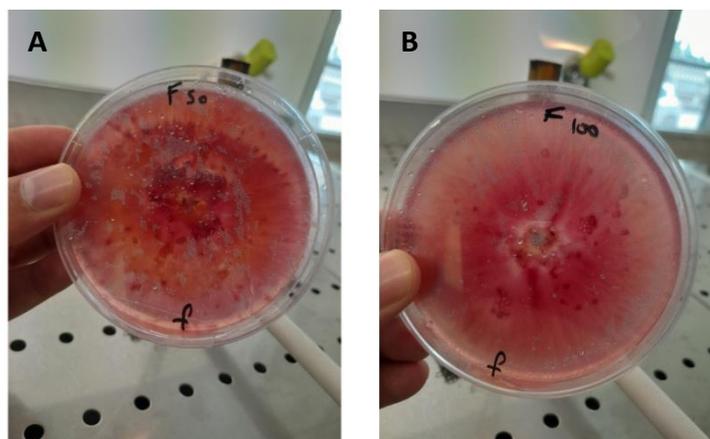
**Figure 34** :Développement de *Fusarium oxysporum f. sp. Cyclaminis* en présence du CRSP 1 après une semaine.

Nous observons un développement du champignon responsable de la fusariose avec le premier extrait CRSP 1, mais le développement est moins intense avec 50 mg/l que avec 100 mg/l. Il y a un ralentissement dans le développement à 50 mg/l.



**Figure 35** :Développement de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* avec la présence du CRSP 2 après une semaine.

En ce qui concerne le deuxième extrait, nous constatons un développement de la fusariose dans les deux boîtes, mais il est plus important dans la boîte à 100 mg/l que dans celui à 50mg/l. De plus, nous remarquons une contamination dans les deux boîtes.

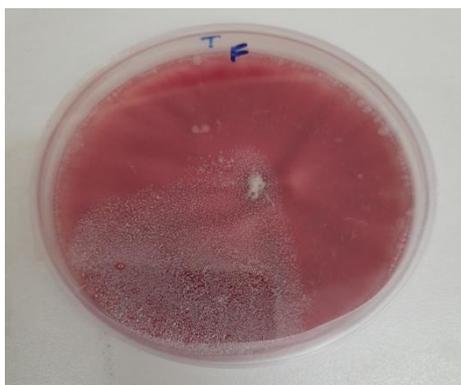


**Figure 36** :Développement de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* avec la présence du fongicide Flint après une semaine.

Nous observons un développement des champignons dans les deux contenants, en particulier dans la boîte à 50mg/l.

## 2.Effet ralentissent de l'extrait CRSP 2 sur la Fusariose dans l'essai 1

D'après nos résultats, on peut déduire que l'extrait CRSP 2 a ralenti considérablement la croissance du champignon de la Fusariose *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* dans les boîtes de Pétri. Effectivement, c'est ce que nous observons lors de la comparaison entre les boîtes de la Fusariose traitées avec le deuxième extrait CRSP 2 par comparaison avec le témoin. Il y a une différence importante dans le diamètre de la croissance du champignon, qui est très développée dans la boîte témoin.



**Figure 37** :Culture du *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* adjonction d'extrait  
(Boîte témoin).

D'après nos résultats, il y'a une efficacité remarquable de l'extrait CRSP 2 sur la croissance du Fusariose proportionnellement à l'augmentation des doses, cet effet est plus important avec la dose 25 mg/l, 50 mg/l et 100 mg/l.

### 3. Discussion

À partir des résultats obtenus dans cette étude, on constate que le champignon d'oïdium *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* a montré une résistance aux deux extraits, contrairement au champignon de la fusariose *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cyclaminis* qui s'est développé avec le premier extrait mais n'a montré aucun développement avec le deuxième extrait dans la première expérience.

Nous avons observé que le développement du champignon avec le deuxième extrait n'a montré aucun progrès après 48 heures, avec une légère augmentation du diamètre du champignon après une semaine, et les résultats étaient presque les mêmes après un mois. De là, nous concluons que le deuxième fongicide est efficace contre la fusariose, car il possède des propriétés fongicides préventives. Cependant, son utilisation et son efficacité nécessitent des méthodes, dont l'utilisation de semences saines, c'est-à-dire de semences exemptes de pathogènes fongiques, permet de réduire le risque d'infections fongiques dès le départ.

Ainsi, dans certains cas, il peut être difficile d'obtenir des semences totalement exemptes de pathogènes fongiques. C'est là qu'intervient l'utilisation de fongicides efficaces. Lorsque les semences sont traitées avec un fongicide efficace, cela peut éliminer les spores fongiques présentes sur les semences, réduisant ainsi le risque d'infections fongiques (Attoumani-Ronceux, 2010).

En observant les résultats du deuxième extrait avec le champignon *Fusarium*, nous pouvons le considérer comme un fongicide de prévention.

Les fongicides sont largement utilisés dans la lutte contre les champignons phytopathogènes, et ils ont démontré des résultats avérés sur l'incidence des maladies. Pourtant, les effets de l'application de fongicides sur la production de mycotoxines sont contradictoires et parfois irréguliers. Certains fongicides sont spécifiquement utilisés contre les champignons producteurs de mycotoxines. Par exemple, les triazoles tels que le metconazole et le tebuconazole se sont révélés efficaces contre la fusariose et l'accumulation de désoxynivalénol dans les grains de blé (Edwards, 2004).

Le moment de l'application semble jouer un rôle crucial dans l'efficacité du contrôle. Pour les céréales, l'efficacité maximale est observée au début de l'anthèse et diminue rapidement

avant et après cette période (Beyer et *al.*, 2006). C'est ce que nous observons dans les résultats de la deuxième expérience, où l'on ajoute le fongicide après 48 heures de développement du champignon. Les résultats montrent une augmentation du développement des champignons de l'oïdium et de la fusariose de manière normale, sans aucune inhibition de ce développement. Nous excluons donc l'idée que les deux fongicides CRSP 1 et 2 sont efficaces pour lutter contre la maladie fongique (fongicide de lutte). Et sans oublier, dans certaines conditions, quelques fongicides peuvent même stimuler la production de mycotoxines (DMello et *al.*, 1998).

Les résultats ont montré que le deuxième fongicide est efficace en tant qu'agent préventif contre la maladie de la fusariose, comme observé lors de la première expérience. Par conséquent, nous recommandons d'utiliser le deuxième fongicide comme un fongicide de prévention.

Les fongicides peuvent jouer un rôle préventif en éliminant le champignon avant qu'il ne pénètre dans la plante (Simon et *al.*, 1994). L'application des fongicides est effectuée avant le début d'une période d'infection dans le but de prévenir les effets de cette infection. La stratégie consiste à éliminer le champignon avant sa pénétration dans la feuille ou pendant les premiers stades de développement, tels que la germination des spores. Les fongicides de contact sont efficaces en prévention, mais des applications répétées sont souvent nécessaires pour protéger le feuillage en croissance et contrer la perte d'efficacité due au lessivage ou à la dégradation du fongicide.

L'emploi des extraits des plantes dans la lutte contre les champignons est prometteur compte tenu de leur efficacité et de leur innocuité sur l'environnement (Bonzi, 2007). Pour *Inula viscosa*, sa teneur en tanins, en saponosides et en coumarines fait de cette plante un antibactérien, un antiviral et un antifongique (Wang et *al.*, 2004). Nos résultats viennent consolider ceux trouvés par (Mahmoudi et *al.*, 2015), qui ont testé l'activité antifongique des extraits méthanoliques des feuilles –seulement– de cette plante sur sept espèces de champignons : *Fusarium polyphialidicom*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. accuminatum*, *F. scirpi*, *Septorianodorum* et *Sclerotiniasclerotiorum*, en mettant en évidence que l'effet de la concentration de l'extrait utilisé sur l'efficacité d'inhibition. A leur tour Omezzine et *al.*, (2011), rapportent, aussi, l'efficacité antifongique des feuilles contre *Trichoderma harzianum* et *Tr. Viride* (Mahmoudi et *al.*, 2015).

Dans une étude ultérieure, Haoui et *al.*, (2016) ont souligné l'effet fongicide de l'huile essentielle de *D.viscosa* sur deux espèces de *Fusarium* : *F. culmorum* et *F. graminearum*. Ils ont rapporté des résultats démontrant l'efficacité de cette huile essentielle à différentes concentrations, avec des taux d'inhibition allant de 62,5% à 91,25%. Ils ont également identifié l'acide ESA (Eudesma-3,11(13)-dien-12-oic) comme le composé responsable de cette activité antifongique.

Aussi, d'autres travaux ont démontré l'effet fongicide d'un certain nombre de composés extraits de cette plante, sur quelques espèces de champignons ; tels que les travaux de Ulubelen et *al.*,(1987), qui ont mis en évidence l'effet fongicide des acides sesquiterpènes sur *Microsporumcanis* (Concentration de 10 µg/ml) et *Trichophyton rubrum* (Concentration de 50 µg/ml).

## Conclusion

En conclusion, les fongicides continuent de jouer un rôle important dans la lutte contre les champignons phytopathogènes, mais il est crucial de sélectionner le bon fongicide, de l'appliquer au bon moment et de prendre en compte les facteurs spécifiques à chaque situation. De plus, l'utilisation d'extraits de plantes peut offrir des alternatives prometteuses en termes d'efficacité et d'innocuité environnementale. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour approfondir notre compréhension de l'effet des fongicides sur la production de mycotoxines et pour explorer d'autres options de lutte antifongique.

Et donc, nous pouvons dire que cet extrait végétal est un candidat potentiel pour être un fongicide préventif, comme nous l'avons observé en inhibant le développement du champignon de la Fusariose (*Fusariumoxysporum* f. sp. *cyclaminis*).

Les extraits bruts de plantes suscitent un intérêt croissant en tant que source potentielle de molécules naturelles bioactives (nanoparticules). Leur utilisation est étudiée en vue de les exploiter comme alternatives aux produits chimiques dans le traitement des maladies infectieuses et pour la protection des cultures contre les champignons. Ces extraits végétaux font l'objet de recherches approfondies en raison de leur potentiel en tant que solutions durables et respectueuses de l'environnement pour l'agriculture et la santé des plantes.

En explorant les composés présents dans ces extraits, nous pouvons identifier des molécules actives qui peuvent avoir des propriétés antifongiques et antimicrobiennes, offrant ainsi des alternatives prometteuses aux produits chimiques de synthèse. Cependant, il est important de mener des études approfondies pour évaluer l'efficacité, la sécurité et la stabilité de ces extraits végétaux afin de les utiliser de manière efficace et durable dans la lutte contre les maladies infectieuses et les champignons phytopathogènes.

Ce travail vise à étudier et traiter le pathogène causal des maladies fongiques des céréales par l'extrait de la plante médicinale *Inula viscosa* qui appartient à la famille des astéracée. C'est la famille la plus utilisée comme sources mondial d'épices et d'extraits à qualité médicale intéressante.

Il est important de noter que les résultats obtenus dans cette étude sont préliminaires et ne remettent pas en question l'importance de l'activité antifongique des composés bioactifs extraits de cette plante. En effet, de nombreuses études antérieures ont déjà démontré l'efficacité de ces composés sur différentes espèces de champignons. Les travaux antérieurs

ont fourni des preuves solides de l'activité antifongique de ces composés, ce qui souligne leur potentiel dans le domaine de la lutte contre les infections fongiques.

Cependant, il est nécessaire de poursuivre les recherches pour approfondir notre compréhension de ces composés, notamment en ce qui concerne leur mécanisme d'action, leur spectre d'activité et leur stabilité. De plus, des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer leur efficacité dans des conditions réelles, telles que sur le terrain ou dans des essais sur cultures, afin de confirmer leur potentiel en tant qu'alternatives viables aux fongicides chimiques traditionnels.

Références bibliographiques

1. **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.
2. **Anguek A. et Zellagui M., 2012:** Etude de l'antagonisme de *Trichoderma* sp vis-à-vis le *Fusarium* sp agent de la fusariose du blé en Algérie Mémoire en Microbiologie Université M'hamed Bougera Boumerdes.
3. **Anonyme; (2013):** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte, Edition : I.T.G.C. : 56 p.
4. **Argyris J, TeKrony D, Hershman D, VanSanford D, Hall M, Kennedy B, Rucker M, Edge C, 2005.** *Fusarium* head blight infection following point inoculation in the greenhouse compared with movement of *Fusarium graminearum* in seed and floral components. *Crop Science* 45, 626–634.
5. **Arseniuk, E., Foremska, E., Goral, T., Chelkowski, J. 1999.** *Fusarium* head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivatives in kernels of wheat, triticale and rye. *Journal of Phytopathology* 147, 577-590,
6. **Attoumani-Ronceux A, ed., 2010.** Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires. Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants, Ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, Ecophyto.
7. **Bai G, Shaner G, 1994.** Scab of wheat: Prospects for control. *Plant Disease* 78, 760–766.
8. **Bermond A., (2002) :** Larousse agricole, Edi Mathilde Majorel. Editeur : Larousse (Paris). 767p.
9. **Bernard, F., Sache, I., Suffert, F. & Chelle, M. (2013).** The development of a foliar fungal pathogen does react to leaf temperature! *New Phytologist*, pages 232–240.
10. **Beyer M, Klix MB, Klink H, Verreet JA, 2006.** Quantifying the effects of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain - a review. *Journal for Plant Diseases and Plant Protection* 113 : 241-6.
11. **Bolay PA. 2005.** Les oïdiums de Suisse (Erysiphacées). *Cryptogamica Helvetica* 20: 1–176.

12. **Bolton MD, Kolmer JA, Garvin DF. 2008.** Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology* 9, 563-575.
13. **Bonjean A., (2001) :** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L). Eds. Les perchech S., Guy P. et Fraval A. *Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n° 21, pp 29-37.*
14. **Bonzi S., 2007.** Efficacité des extraits de quatre plantes dans la lutte contre les champignons transmis par les semences de Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Mém. DEA Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, IDR, Burkina-Faso, 39p.*
15. **Bottalico, A. Perrone, G. 2002.** Toxinogenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small grains cereals in Europe, *European Journal of Plant Pathology* 108, 667- 673.
16. **Boshoff WHP., Pretorius Z.A., Niekerk BDV., 2002.** Establishment, distribution, and pathogenicity of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in South Africa. *Plant Disease* 86, Pp485-492.
17. **Boulif., (2012).** Gestion intégrée des maladies du blé, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès B.P.S/40 – Meknès. 12p.
18. **Brown NA, Urban M, Van De Meene AML, Hammond-Kosack KE, 2010.** The infection biology of *Fusarium graminearum*: Defining the pathways of spikelet to spikelet colonisation in wheat spikes. *Fungal biology* 114, 555-571.
19. **Cassagne, H. (1966) .**Milieux de culture et leurs application. Edition de la Tourelle, Microbiologie. Page 379.
20. **Champeil, A., Doré, T., Fourbet, J.F. 2004.** *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science* 166, 1389-1415.
21. **Chen X., Penman L., 2005.** Races of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, the pathogen of barley stripe rust in the United States in 2004. *Barley Genetics Newsletter* 35: Pp23-26 .
22. **Christ DS, Gödecke R, von Tiedemann A, Varrelmann M, 2011.** Pathogenicity, symptom development, and mycotoxin formation in wheat by *Fusarium* species frequently isolated from sugar beet. *Phytopathology* 101, 1338-1345.
23. **Clément J. M., (1981) :** Larousse agricole in Bouasala S., Debabsa R., Djouamaa M., 2008 : Comportement morphologique, physiologique, biochimique de trois variétés de

blé dur (*Triticum durum*.desf) sous traitement par un fongicide (TILT250EC).D.E.S  
Université de Souk Ahras.

24. **Cornuet P., 1987.** Eléments de virologie végétale .INRA ,145 rue de l'Université ,75007.
25. **Cummins GB, Stevenson JA., 1956.** Achecklist of North Americanrust fungi (Uredinales). Plant Disease Reporter (Suppl. 240): Pp109-193.
26. **Dedi N. K. J. 2007.** Inventaire des champignons d'une litière d'élevage et de substrats d'incubation d'œufs d'*Achatina fulica* Bowdich : influence sur le taux d'éclosion et la durée d'incubation. Diplôme d'Etudes Approfondies. Université d'Abobo-Adjamé 48p.
27. **D'Mello JPF, Macdonald AMC, Postel D, Dijksma WTP, Dujardin A, Placinta CM, 1998.** Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytopathogens. European Journal of Plant Pathology 104 : 741-51. doi: 10.1023/A:1008621505708.
28. **Edwards SG, 2004.** Influence of agricultural practices on *Fusarium* infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. Toxicology Letters 153 : 29-35. doi: 10.1016/j.toxlet.2004.04.022.
29. **Eriksson, J., Henning, E., 1894.** Die Hauptresultate einer neuen Untersuchung über die Getreiderostpilze. Z. Pflanzenkr. In: Liu M., Hambleton S., 2010. Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. fungal biology 114 : Pp881 -899.
30. **Ezzahiri, B., (2001).** : Les maladies du blé : identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) : 4 p.
31. **Faldman M., (2001).** Origin of cultivated wheat. In Bonjean A.P et W.J. Angus. (éd) The World Wheat Book : a history of wheat breeding. Intercept Limited Andover. Angleterre: 3-58p.
32. **Gaur N., & Mogalpu S. (2018).** Pests of Wheat. In Pests and Their Management (pp. 81-97).
33. **Gigot, C. (2013).** Potentialités des associations de variétés pour limiter la progression épidémique de la septoriose du blé: rôle des mécanismes de dispersion des spores par la pluie dans un couvert végétal hétérogène. Thèse de doctorat, AgroParisTech.

34. **Glynn NC, Hare MC, Parry DW, Edwards SG. 2005.** Phylogenetic analysis of EF-1 alpha gene sequences from isolates of *Microdochium nivale* leads to elevation of varieties majus and nivale to species status. *Mycol. Res.* 109:872–80.
35. **Guenther J, Trail F, 2005.** The development and differentiation of *Gibberella zeae* (anamorph: *Fusarium graminearum*) during colonization of wheat. *Mycologia*, 97(1), 229- 237.
36. **Haoui I. E., Derriche R., Madani L. & Oukali Z., 2016.** Extraction of essential oil from *Inula viscosa* L. leaves: composition, antifungal activity and kinetic data. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 19 (1): 108-118.
37. **Hylander N, Jørstad I, Nannfeldt JA, 1953.** Enumeratio uredinearum scandinavicarum. In: Liu M., Hambleton S., 2010. Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. *fungus biology* 114 : 881 -899.
38. **Ioos R, Belhadj A, Menez M, 2004.** Occurrence and distribution of *Microdochium nivale* and *Fusarium* species isolated from barley, durum and soft wheat grains in France from 2000 to 2002. *Mycopathologia* 158, 351–362.
39. **Jørgensen, L. N., Hovmøller, M. S., Hansen, J. G., Lassen, P., Clark, B., Bayles, R., Rodemann, B., Flath, K., Jahn, M., Goral, T., Jerzy Czembor, J., Cheyron, P., Maumene, C., De Pope, C., Ban, R., Nielsen, G. C. & Berg, G. (2014).** IPM strategies and their dilemmas including an introduction to [www.eurowheat.org](http://www.eurowheat.org). *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2):265–281.
40. **Lamari L., Bernier C.C. et Smith R.B. (1991).** Wheat genotypes that develop both tan Necrosis and extensive chlorosis in response to isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Diseases*. vol 75. 121–122.
41. **Lamari L., Strelkov SE., Yahyauoi A., Amedov M., Saidov M., Djunusova M. and Koichibayev M., (2005).** Virulence of *Pyrenophora tritici-repentis* in the countries of the Silk Road, *Canadian journal of plant pathology*. 27 (3), 383-388.
42. **Laffont, J.M., Senellari, J., Sylvestre, M. et Thomas, M., (1985).** Les maladies des céréales et du maïs. Nathan international. Edition de la nouvelle librairie : 96 p.
43. **Leonard KJ, Bushnell WR, 2003.** *Fusarium head blight of wheat and barley*. St. Paul, U.S.A.: APS Press.
44. **Lepoivre, p., (2003):**phytopathologie: bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondement des stratégies de lutte. Edition: les presses agronomiques de GEMBLOUX:291-292 .

45. **Lesage V, (2011):** contribution fonctionnelle du gène majeur controlant la dureté, tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées d'auvergne (France).
46. **Liddell CM, 2003.** Systematics of *Fusarium* species and allies associated with *Fusarium* head blight. Pages 35-43 in: *Fusarium* head blight of wheat and barley. K. J. Leonard and W. R. Bushnell, eds. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
47. **Liu M., Hambleton S., 2010.** Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. *fungus biology* 114 : Pp 881 -899.
48. **Lovell, D. J., Hunter, T., Powers, S. J., Parker, S. R. & Van den Bosch, F. (2004).** Effect of temperature on latent period of septoria leaf blotch on winter wheat under outdoor conditions. *Plant Pathology*, 53(2):170–181.
49. **Mahdjoub Z. et Megherbi A., (2018).** Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement semence de blé, de lutte biologique vis-à-vis du fusarium in vitro. Mémoire de master en microbiologie. Option mycologie et biotechnologie fongique. Université des frères Mentouri, Constantine : 19p.
50. **Mahmoudi H., Hosni k., Zaouali W., Amri W., Zargouni H., Ben Hamida N., Kaddour R., Hamrouni L., Ben Nasri M. et Ouerghi Z., 2015.** Comprehensive phytochemical analysis, antioxidant and antifungal activities of inula viscosa aiton leaves. *Journal of Food Safety*: 1-12.
51. **Makkouk K.M., Azzam OI., Shaf J S., El Yamani M., Chérif C., et Zouba A., 1990.**
52. **Mathieu C.H., (2010).** Evolution des génomes du blé (*genre Aegilops et triticum*) au sein des poaceae. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale GAO : Université d'Evry d'Essonne, 12p.
53. **Mazoyer M. (2002):** Larousse agricole ([4e éd.], édition LAROUSSE.
54. **Morais, D., Gélisse, S., Laval, V., Sache, I. & Suffert, F. (2016).** Inferring the origin of primary inoculum of *Zymoseptoria tritici* from differential adaptation of resident and immigrant populations to wheat cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 145(2):393–404.
55. **Morsli L, (2010):**Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines Constantinoise doctorat université Constantine Algérie.
56. **Nadjem Kamel, 2012:**Contribution a l'étude des effets du semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-

- aride. Thèse de Magister en Production Végétale et Agriculture de Conservation. Université Ferhat Abbas Sétif, 131 pages.
- 57. Omezzine F., Daami-Remadi M., Rinez A., Ladhari A. et Haouala R., 2011.** In vitro assessment of *Inula* spp. organic extracts for their antifungal activity against some pathogenic and antagonistic fungi. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5, 3527–3531.
- 58. Orton, E. S., Deller, S. & Brown, J. K. M. (2011).** *Mycosphaerella graminicola*: from genomics to disease control. *Molecular Plant Pathology*, 12(5):413–424.
- 59. Pretorius Z.A., Boshoff W.H.P., Kema G.H.J., 1997.** First report of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* on wheat in South Africa. *Plant Dis.* 81: P424.
- 60. Rapilly, E, Lemoire, J.M et cassin, R.(1971).**les maldies des céréals : les rouilles.INRAI.T.C.F :p 30-54.
- 61. Rocher, F, (2004) :** lutte chimique contre les champignons pathogènes des plantes : Evaluation du systémier pholoèmienne de nouvelle molécules à effet fongique et d'activateurs de réaction de défense. Université de Poitiers. Thèse de doctorat. Faculté de Sciences fondamentales et appliquées. Ecole doctorale : ingénierie chimique, biologie et géologie, 163p.
- 62. 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.
- 63. Schmidt, J.K., 1827.** Allgemeine ökonomisch-technische Flora oder Abbildungen und Beschreibungen aller in bezug auf Ökonomie und Technologie, merkwürdigen Gewächse. In: Liu M., Hambleton S., 2010. Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. *fungus biology* 114 : 881 -899.
- 64. Seguin B., (1995).** Les maladies transmises par les semences. Perspectives agricoles. N°203 : 56p.
- 65. Shaw, M. W. (1990).** Effects of temperature, leaf wetness and cultivar on the latent period of *Mycosphaerella graminicola* on winter wheat. *Plant Pathology*, 39(2):255–268.
- 66. Shaw, M. (1991).** Interacting effects of interrupted humid periods and light on infection. *Plant Pathology*, 40(4):595–607.
- 67. Shewry PR.** *Wheat. J Exp Bot.* 2009;60(6):1537-53.

68. **Simon, D., Richard, F., Bellanger, M., Denimal, D., Goubert, C. et Jeuffrault, E. (1994).** La protection des cultures. Les pratiques d'aujourd'hui et de demain en protection des cultures. Page 27.
69. **S Lebeau Y., (2015).** La consommation des produits issus du blé dur au Maghreb. 16ème journée filière blé dur. Montpellier. Arvalis : Institut végétales.pringer, Singapore.
70. **Steele K.A., Humphreys E, Wellings C.R. and Dickinson M.J. 2001.** Support for a stepwise mutation model for pathogen evolution in Australasian *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* by use of molecular markers. *Plant Pathol.* 50: Pp174-180.
71. **Stubbs R.W., 1985.** Stripe rust. In: Bushnell WR, Roelfs A.P. 1983 (eds), *The Cereal Rusts: Diseases, Distribution, Epidemiology, and Control.* Academic Press, New York, Pp. 61-99.
72. **Suffert, F., Sache, I. & Lannou, C. (2011).** Early stages of septoria tritici blotch epidemics of winter wheat: build-up, overseasoning, and release of primary inoculum: Primary inoculum of *Mycosphaerella graminicola*. *Plant Pathology*, 60(2):166–177.
73. **Surget A, Barron C.** Histologie du grain de blé. *Industrie des Céréales.* 2005;145:4-7.
74. **Sutton, J.C., 1990.** Maladies des feuilles du blé d'automne. Université de Guelph; L.A. Hunt .fiche technique .Imprimeur de la Rein pour l'Ontario ; site internet : [www.omafra.gov.on.ca/.../crops/farts/90-008.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/.../crops/farts/90-008.htm)
75. **Ulubelen A., Oksuz S., Goren N., 1987.** Sesquiterpene acids from *Inula viscosa*. *Phytochemistry*, 26, 1223-1224.
76. **Vincent C., Panneton B. et Lessard F., (2000).** La lutte physique en phytoprotection. Edition QUAE : 347p.
77. **Walter S, Nicholson P, Doohan FM, 2010.** Research review: Action and reaction of host and pathogen during *Fusarium* head blight disease. *New Phytologist* 185, 54–66.
78. **Wang, W. Q., Ben-Daniel, B. H., and Cohen, Y.,(2004).** Extracts of *Inula viscosa* control downymildewcaused by *Plasmopara viticolain* grapevines.(Abstr.) *Phytoparasitica* 32:208.
79. **Westendorp G.D., 1854. Puccinia striaeformis. In: Liu M., Hambleton S., 2010.** Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. *fungus biology* 114 : Pp 881 -899.
80. **Xiaojie C., Donghong M., Tauqeer A. Y., and Yin-gang H., (2012).** Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought

tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*, 137:195 – 201.

81. **Xu XM, Parry DW, Nicholson P, Thomsett MA, Simpson D, Edwards SG, Cooke BM, Doohan FM, Brennan JM, Moretti A, Tocco G, Mule G, Hornok L, Giczey G, Tatnell J, 2005.** Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* 112, 143-154.
82. **Xu XM, Nicholson P, 2009.** Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight. *Annual Review of Phytopathology* 47, 83–103.
83. **Yves et De buyser;2001:** Mémoire Pépinière des principales maladies fongiques du blé dur dans la région de Constantine 25/06/2018.
84. **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).

#### Site web

##### 1. Anonym1981

[https://www.google.com/search?q=plante+de+bl%C3%A9&sxsrf=ALeKk01LjicT53F3bA8Y5AThpcXbWFg5w:1625094710709&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=emaILQWTPAvK0M%252Cz3KtQtiQgmKWM%252C&vet=1&usg=AI4\\_kT95Zz6OgavJ5UloB\\_pC3CONdnFXA&sa=X&ved=2ahUKEwjf49THvcDxAhUVilwKHUOUAl4Q9QF6BAgNEAE#imgrc=emaILQWTPAvK0M](https://www.google.com/search?q=plante+de+bl%C3%A9&sxsrf=ALeKk01LjicT53F3bA8Y5AThpcXbWFg5w:1625094710709&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=emaILQWTPAvK0M%252Cz3KtQtiQgmKWM%252C&vet=1&usg=AI4_kT95Zz6OgavJ5UloB_pC3CONdnFXA&sa=X&ved=2ahUKEwjf49THvcDxAhUVilwKHUOUAl4Q9QF6BAgNEAE#imgrc=emaILQWTPAvK0M)

##### 2. Feuille du blé infectée par la tache auréolée *Pyrenophoratrifici-repentis*:

[http://www.dirceugassen.com/images/fotos/sgrd/drechslera%20tritici-repentis\\_04.jpg](http://www.dirceugassen.com/images/fotos/sgrd/drechslera%20tritici-repentis_04.jpg).  
(Consulter le: 25/05/2015).

##### 3. Feuille de blé infectée par la rouille jaune *Puccinia striiformis*:

<http://www.google.fr/url?source=imglending&ct=img&q=http://www3.syngenta.com/country/fr/SiteCollectionImages/Parasites/Datapro/rouillejaune2.jpg&sa=X&ei=C6BwVayKCYetU6GNg8AE&ved=0CAkQ8wc&usg=AFQjCNG4oJQVrKeJYR5hIyDONg7UsFJnhQ> (Consulter le: 25/05/2015)

##### 4. Le complexe des maladies des épis et des feuilles supérieures du blé tendre et du blé dur.

<http://www.bayeragri.fr/dossier/cereales-le-point-sur-la-protection-de-lepi-2012/protection-de-lepi-linnovation-prosaror-veille-au-grain/>.

**5. Symptômes et structures infectieuses de *Blumeria graminis* f.sp. *tritici***

(<http://www.plantwise.org> ; <http://scarab.msu.montana.edu>) .

**Etude de l'activité fongicide d'un extrait végétal sur les champignons du blé****Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie génomique végétale****Résumé**

Le blé est l'une des céréales les plus importantes sur le plan mondial, jouant un rôle crucial dans la sécurité alimentaire. Cependant, il est sujet à diverses maladies fongiques qui peuvent entraîner des pertes de rendement significatives.

Les maladies fongiques du blé sont principalement causées par des champignons pathogènes tels que la rouille, l'oïdium et la septoriose. Ces pathogènes se propagent à travers les spores fongiques qui infectent les feuilles, les tiges et les épis du blé, provoquant des lésions, une décoloration et une détérioration générale de la plante.

Pour lutter contre ces maladies fongiques, différentes approches sont utilisées, y compris l'utilisation de substances naturelles dérivées de plantes et de fongicides. Les extraits végétaux sont des composés obtenus à partir de plantes qui possèdent des propriétés antifongiques. Ils peuvent être utilisés sous forme d'extraits bruts ou de produits formulés spécifiquement pour lutter contre les maladies fongiques du blé. Ces extraits végétaux agissent en inhibant la croissance des champignons pathogènes ou en renforçant la résistance des plantes hôtes.

Comme la plante d'*Inula viscosa*, sa teneur en tanins, en saponosides et en coumarines fait de cette plante un antibactérien, un antiviral et un antifongique.

**Mots-clefs :** Le blé , les maladies fongiques , champignons pathogènes , fongicides , extraits végétaux , *Inula viscosa*.

Laboratoires de recherche :  
Laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologie Végétale (Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Président :** DJEKOUN A. (Pr - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Encadrant :** KELLOU K. (MAA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Co-encadrant :** NAIDJA L. (Dr - CRSP Constantine).

**Examineur :** LOUALI Y. (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).