

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA -

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences agronomique

Spécialité : protection des végétaux

Thème

Etude de l'impact de l'Oïdium sur la culture de blé dur dans la région de Aïn Bessem

Jury :

Présidente: M Hamdani

Examinatrice: Mme boubekka

Promotrice: Mme. boukkerma lamia

Présenté par :

Mlle. Gefifa Sabrina

Mlle. Omari Khadidja

2017/2018

Remerciements

- ❖ *Nos remercier d'abord le bon Dieu d'avoir donné la patience et le courage d'accomplir cet humble travail.*

- ❖ *Nous tenons à exprimer nos remerciements au l'injénieure «M.FATEH» de la ferme pilote de ain bessem qui a aide sur terrain*

- ❖ *Nous tenons à remercier monsieur «lebdiri» notre co prpmoteur, Madame «boubkka» notre examinatrice et Monsieur «hamdani» d'avoir accepter de faire partie du jury et d'examiner notre travail.*

- ❖ *Nos remerciements s'adressent à tous les enseignants du département de agronomie pour leurs aides et encouragements au cours de nos études.*

- ❖ *Nos remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère et douce mère et mon père qui m'ont toujours encouragée de poursuivre mes études.

À mes chères frères Mohamed et Yacin et mes chères sœurs Lobna et Fatin les remercie pour leur aide et leur soutien.

Un grand merci à mon fiancé Larbi pour son soutien moral.

A toutes la famille Guefifa

A tous les amis qui de près ou de loin.

Dédicace

JE dédie ce modeste travail à:

*Ma très chère et douce mère et mon père qui m'ont toujours
encouragée de poursuivre mes études*

A mes très chers frères et ces femmes et ces enfants.

A mes très chères sœurs et ces hommes et ct ces enfants.

A mes très chères amis : safia ; asma ; rebh .

A mon fiancé et sa famille.

A tous les amis qui de près ou de loin.

A toutes la famille omari.

khadidja

Liste des tableaux

Tableau 01	Evolution de la production des blés.
Tableau 02	Les principales maladies fongiques du blé .
Tableau 03	Principales variétés de blé dur cultivées en Algérie et leurs caractéristiques.
Tableau 04	représente symptômes de l'oïdium sur les différentes parties de blé dur.
Tableau 05	Caractéristiques de la parcelle

Liste des figures

Figure	Titre
Figure 01	plante de blé dur
Figure 02	Cycle de développement du blé.
Figure 03	Evolution de la production de blé.
Figure 04	Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie
Figure 05	Feutrage de mycélium de l'oïdium
Figure 06	Spores d' <i>Erysiphe graminis f. sp. Tritici</i>
Figure 07	Cycle de développement de l'oïdium
Figure 08	La Carte graphique de Bouira
Figure 09	Le Parcelle par Google earth 2018
Figure 10	Parcelle de blé dur
Figure 11	L'oïdium (<i>Erysiphe graminis</i>) sur feuille et tige
Figure 12	mode opératoire de l'extraction de chlorophylle de blé dur
Figure 13	mode opératoire de l'extraction de protéine de blé dur
Figure14	Sévérité d'infection des plantes de blé dur infectées par l'oïdium. La symptomatologie a été notée 3 mois après le semi et dans un intervalle de 4 jours après l'apparition de la maladie
Figure15	taux d'infection des plants de blé dur infectés par l'oïdium. La symptomatologie a été notée 3 mois après le semi et dans un intervalle de 4 jours après l'apparition de la maladie.
Figure 16	taux finaux de l'indice de la maladie et de la sévérité des plants de blé dur infectés par l'oïdium 32 jours après l'apparition de la maladie.

<p>Figure 17</p>	<p>Taux de chlorophylle totale chez les plants de blé dure : saines et malade (infectés par l'oidium). 3 mois Apres semi. (T1 : 10 jours après l'apparition de la maladie, T2 : 20 jours après l'apparition de la maladie</p>
<p>Figure 18</p>	<p>Taux de chlorophylle totale chez les plants de blé dure : saines et malade (infectés par l'oidium), sans et avec traitement avec produit chimique (PROSARO), 3 mois Apres semi , 30 jours après l'apparition de la maladie , 18 jours après traitement.</p>
<p>Figure 19</p>	<p>Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saines et malade (infectés par l'Oidium). 3 mois Apres semi , 20 jours apres apparition de la maladie</p>
<p>Figure 20</p>	<p>Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saines et malade (infectés par l'Oidium). 3 mois après semi , 30 jours après apparition de la maladie</p>
<p>Figure 21</p>	<p>Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saines et malade (infectés par l'Oidium), sans et avec traitement avec produit chimique (PROSARO), 3 mois après semi ,30 jours après apparition de la maladie , 18 jours après traitement</p>

Liste des abréviations

% : Pour cent

ATP : acide tri phosphore

BD : blé dur

Bgt : Blumeria graminis f. sp. Triticici

C° : degré Celsius

Chl a : Chlorophylle a

Chl b : Chlorophylle b

Cm : centimètre

FAO : Food and Agricultural Organisation

G : gramme

H : heure

Ha : hectare.

INPV: Institut National de Protection des Végétaux.

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

Kg : kilo gramme

Km 2 : Kilo mètre carrée

Km : Kilo mètre

m 2 : mètre carrée

M.v.F : Matière végétale Fraiche

mg : Milligramme

Mg : milligramme

min : Minute

ml : Millilitre

N : Normalité

NaOH : hydroxyde de sodium

ONFAA : Observation national des filières Agricoles et Agroalimentaires.

PH : potentiel hydrogène

Qx : quintal.

SAU : Superficie agricole utile.

SAT : Superficie agricole total

TGA : tube germinatif appressorial

TGP: tube germinatif primaire.

Sommaire

Introduction générale.....	01
Chapitre I: Revue bibliographique	
Partie 1 : Le blé	
1.1 L'historique de blé.....	02
1.2 Classification botanique de blé	03
1.3 Caractéristique morphologique	03
1.3.1. Le système aérien.....	03
1.3. 2. Le système racinaire.....	04
1.4 Cycle Biologique de blé.....	04
1.4.1- Période végétative.....	04
1.4. 2- Période reproductrice.....	05
1.5 .Importance de blé dur	06
1.5.1 Dans le monde.....	06
1.5.2-En Algérie	08
1.6-principales variétés de Blé dur cultivées en Algérie	08
1.7. les principales maladies fongiques de blé dur.....	10
Partie2 : L'oïdium	
2.1.Généralités.....	11
2.2.Agent pathogène.....	11
2.2.1.Classification.....	11
2.2.2. biologie.....	11
2.2.3. observation macroscopique et microscopique.....	12
A. Macroscopique.....	12
B.Macroscopique.....	12
2.3.cycle de développement.....	13

2.4.Conditions favorables au développement de la maladie.....	13
2.4.1. Humidité	13
2.4.2. Température.....	14
2.4.3.Vent.....	14
2.5.Symptômes	14
2.6.Mécanisme d'infection par <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>Tritici</i>	16
2.6.1.La germination des conidies.....	16
2.6.2.La formation du tube germinatif primaire (TGP).....	16
2.6.3.Le tube germinatif appressorial (TGA)	17
2.6.4.L'haustorium	17
2.7. Les effets de l'oïdium.....	17
2.8.Les moyens de luttés	17
2.8.1.Mesures prophylactiques.....	18
2.8.2.Lutte chimiques.....	18
2.8.3.Lutte biologique	18
2.8.4.Lutte génétique	18
 Chapitre II: Matériel et méthodes	
II.1.Présentation de la région d'étude	19
II.2.Présentation du site expérimental.....	20
II.3.Les caractéristique de la parcelle	20
II.4.Méthodologie de l'enquête	20
II.4.1.Choix de la parcelle et l'échantillonnage	21
II.4.2.Observations et notation des symptômes	22

II.4.2.1. l'attaque sur les feuilles inferieurs	22
II.4.2.2. l'attaque sur les tiges	22
II.4.2.3. clésthèse.....	22
II.5. Diagnostique de l'oïdium	22
II.6. l' Incidence et la sévérité de la maladie	23
II.6.1. l' Incidence	23
II.6.2. sévérité.....	23
II.7. activité photosynthétique	23
II.7.1. chlorophylle totale	23
II.7.1.1. l'utililé de chlorophylle dans la plante	23
II.7.1.2. Protocole d'extraction	24
II.7.2. protiéne totale	24
II.7.2.1. l'utililé de protiéne dans la plante	25
II.7.2.2. Protocole d'extraction	25
Chapitre III: Résultats et discussions	
1- Résultats	26
2- discussions	26
Conclusion générale	34

Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole et dans les programmes de recherche agricole. Le blé est la base alimentaire des populations du globe avec le maïs et le riz (Feillet, 2000 ; Yves et De Buyser, 2001). L'Algérie est un grand intervenant sur le marché international des céréales avec un niveau de consommation annuel d'au moins de 60 millions de quintaux (Kebri, 2003).

Le blé peut être attaqué par un grand nombre de maladies qui peuvent réduire la valeur économique et biologique de toutes les espèces. La plupart de ces maladies (environ 80%) sont dues à des champignons microscopiques, ces derniers détruisent chaque année une partie considérable des récoltes (Geigy *et al.* 1985 ; Lepoivre 2003 ; Nasraoui., 2006).

Le blé peut d'être attaqué par des maladies cryptogamiques au niveau des racines (piétin-échaudage), des tiges (piétin-verse), des épis (septoriose, fusariose), et des feuilles (rouilles, septoriose, oïdium). Ces maladies peuvent occasionner des pertes substantielles en rendement jusqu'à 30% (Eyal *et al.*, 1987).

L'oïdium est parmi les maladies foliaires, causé par l'agent pathogène : *Erysiphe graminis* f.sp.*tritici* .Ce champignon ectoparasite est un agent biotrophe obligatoire qui établit une interaction au sein des cellules épidermiques, afin de prélever les nutriments nécessaires à la croissance fongique.

Le symptôme caractéristique de l'oïdium est un feutrage superficiel blanc est pulvérulent, qui se propage sur les feuilles, les gaines, la tige et les épis. Le feutrage est constitué de mycélium, de conidiophores et de conidies. La sporulation continue dans le temps en donnant au feutrage un aspect grisâtre et les pustules vont peu à peu se ponctuer de petits points noirs correspondant aux structures sexuées, les cléistothèces. Ce sont les conidies qui donnent l'aspect pulvérulent caractéristique de la maladie (Reignault, 2002).

Les protéines comme indicateur biochimique et la chlorophylle comme marqueur physiologique ont un rôle important dans la plante. Les protéines permettant à la plante de percevoir les conditions de son milieu et d'activer des réactions spécifiques. La chlorophylle autorise un processus qui permet aux plantes et aux algues d'absorber l'énergie du soleil pour en tirer de l'énergie afin de réagir à des réponses adaptées.

Introduction

Cette étude a été réalisée pour étudier l'impacte de l'oïdium sur la culture de blé dur dans la région de Ain Bessem.

Ce document comporte 3 chapitres :

- Le première chapitre est la synthèse bibliographique qui a permis de présenter les connaissances actuelles sur la culture de blé dur et l'oïdium .
- Le deuxième chapitre présente la zone d'étude et les protocoles expérimentales .
- Le troisième chapitre présente les résultats de ce travail et la discussion.

I. Le blé :**I-1 Historique de blé :**

Historiquement le blé est l'une des premières céréales cultivées dans le monde. C'est la troisième céréale la plus cultivée, avec environ 600 millions de tonnes par an (Clerget, 2011). A la fin du XVIIIe siècle, le blé a été exporté en Amérique du Nord par les anglais et est rapidement adopté comme matière première de base pour la fabrication du pain, en raison de sa composition en gluten supérieure aux autres céréales (Monneveux, 1991). A travers les siècles et les générations, le grain de blé a conservé toutes ses valeurs et reste un élément essentiel à notre alimentation (Hamel, 2010).

I-2 Classification botanique de blé :

D'après PRAT ,1970, la classification du blé est la suivante :

- Nom commun : blé dur.
- Nom scientifique : *Triticum durum*.
- Embranchement : Angiosperme.
- Sous embranchement : Spermaphyte.
- Classe : Monocotylédone.
- Ordre : Poales.
- Sous ordre : *Comméliniflorale*.
- Famille : *Graminacéae*.



Figure 1 : Plante de blé dur

I-3. Caractéristiques morphologiques

I-3.1 Système aérien

Il est composé de plusieurs organes :

a- Tige et Feuilles : la tige est creuse ou chaume, dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison. Il porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (Belaid, 1996 ; Soltner, 2005).

b- L'inflorescence : le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. La disposition de celle-ci fait ressortir une caractéristique d'une grande importance ; le blé est une plante autogame ou à autofécondation, c'est-à-dire que la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur. De ce fait, la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre (Soltner, 2005).

c- Grain : le grain est un caryopse ou fruit sec indéhiscant dont les parois sont soudées à celles de la graine (Belaid, 1996 ; Soltner, 2005).

- **Morphologie de grain**

Un grain de blé est formé de trois régions :

- **L'albumen :** constitué de l'albumen amylicé ; au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dans les parois celluloseuses sont peu visibles, et de la couche à aleurone (80-85% du grain) (Feillet, 2000).

- **Les enveloppes :** de la graine et du fruit, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe, épicarpe (13-17%) ; (Feillet, 2000)

- **Le germe :** (3%), composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. (Feillet, 2000).

I-3. 2 Système racinaire

Selon Belaid (1996), toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs :

- Le système racinaire primaire, fonctionnel de la germination au début tallage, ce système est constitué d'une racine principale ne restant pas longtemps fonctionnelle et est remplacé par un système de racines adventices (prenant naissance sur la tige) qui assureront la nutrition et le développement de la plante.

- Le système racinaire secondaire ou tallage (ou système coronaire) apparaît au moment où la plante émet des talles ; il est de type fasciculé et assez développé.

I-4 Cycle Biologique de blé

Dans le cycle annuel de blé, une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser en deux périodes la vie des céréales :

La période végétative : de la germination à l'ébauche de l'épi

La période reproductrice : la formation et la croissance de l'épi (Soltner,1980).

I-4.1- Période végétative

- **Germination**

La germination de la graine dépend de trois facteurs importants ,l'eau l'aération, et la température (optimum de la germination se située entre 15-25 C° au dessous de 0C° il n'y a pas de germination) (Soltner,1980)

- **Levée**

La date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille (Gate,1995).

- **Tallage**

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée.

Le tallage herbacé s'arrête dès l'évolution de l'apex de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales (futurs épillets) qui sont suffisamment avancées (Gate et Giban, 2003).

I-4. 2- Période reproductrice

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

- **Phase montaison**

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser la durée de cette phase est de 29 à 30 jours (Clément-Grandcourt , 1971).

- **Phase d'épiaison et de fécondation**

Elle est marquée par l'éclatement de la graine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation (Soltner, 2005). La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi (Masale, 1980 ; Soltner, 2005).

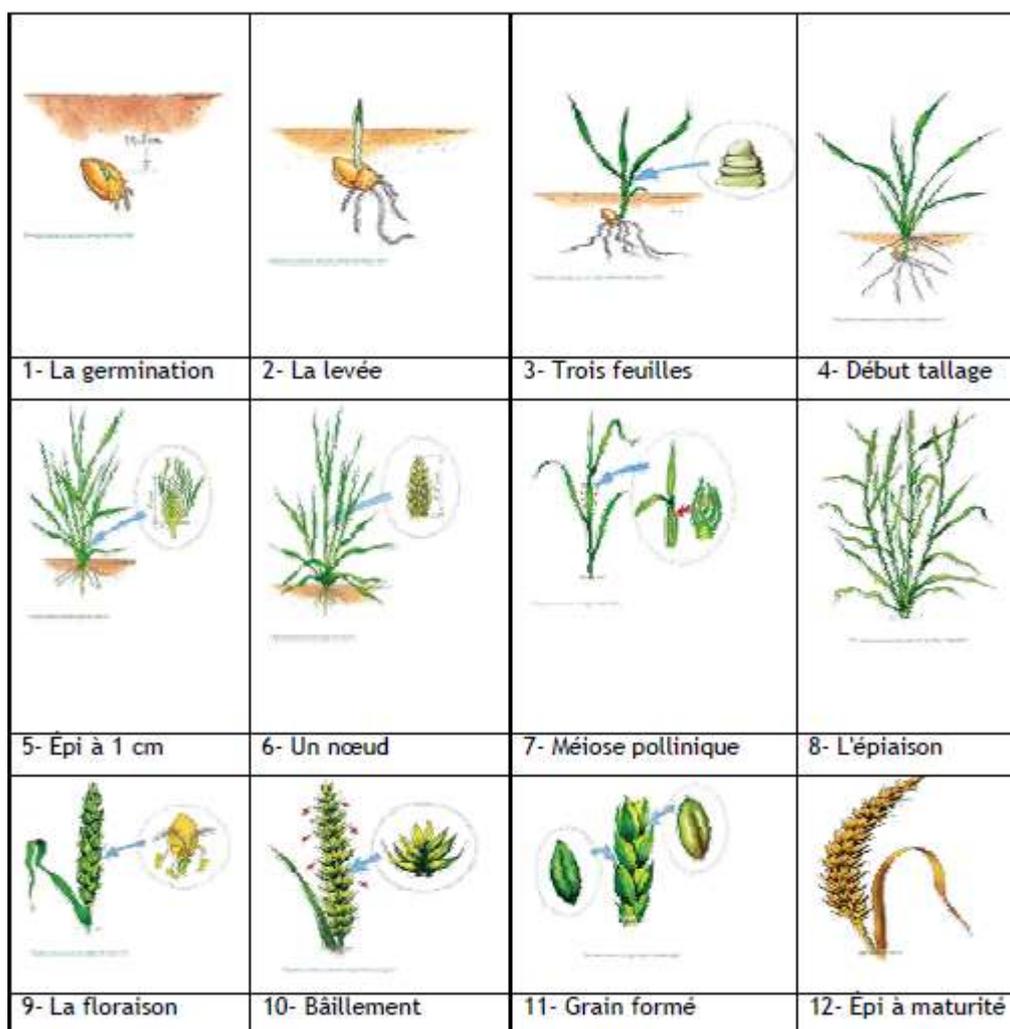


Figure 2: Cycle de développement du blé selon (FRITAS, 2012).

La production mondiale de blé dur en 2015/16 au cours de mois de février 2016 est en hausse de 1,7 million de tonnes par rapport au mois de janvier de la même année, atteignant 39,7 millions de tonnes, un bond de 15 % par rapport au résultat de l'année précédente (ONFAA, 2016).

I .5 .Importance de blé dur

I .5.1 Dans le monde

Selon, Kantety et al, (2005), le blé dur est cultivé sur 10% des superficies réservées aux céréales. La culture de cette espèce est surtout localisée dans les pays du pourtour méditerranéen (Algérie, Maroc, Espagne, France, Italie, Grèce, Syrie), le Kazakhstan, l'Ethiopie, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Mexique, le Canada (Ammar *et al*, 2006).

Tableau 1 : Evolution de la production des blés.

Spécifications	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Blé dur	4 863 340	12 388 650	9 509 670	18 022 930	20 017 000	15 687 090
Blé tendre	2 740 270	8 003 480	5 508 360	11 625 590	7 290 000	8 460 185
Total blés	7 603 610	20 392 130	15 018 030	29 648 520	27 307 000	24 147 275

Source : FAOSTAT/MADR 2005.

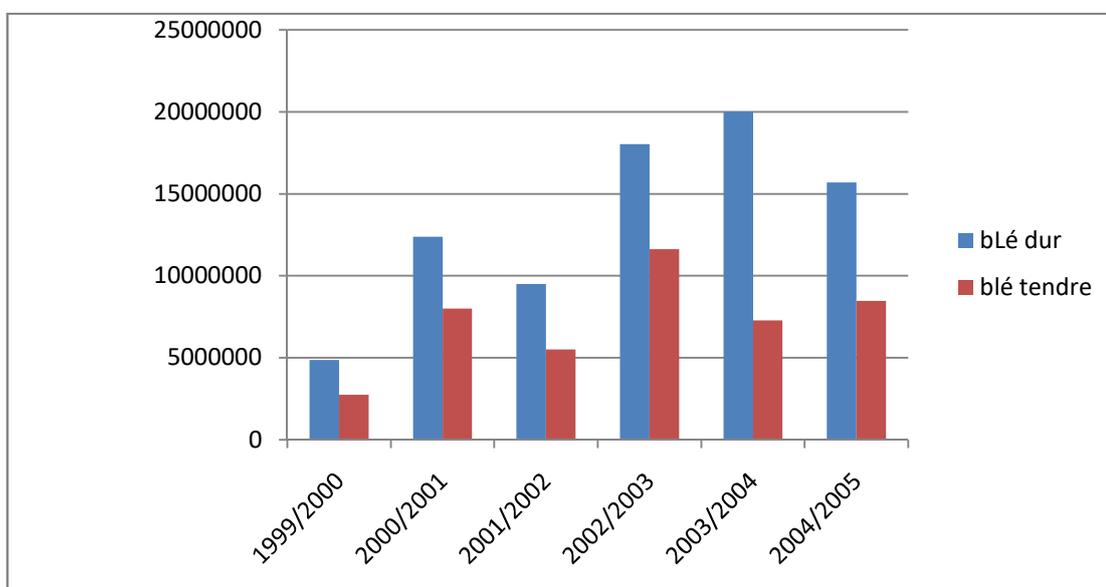


Figure 3: Evolution de la production de blé.

Source FAOSTAT /MADR 2005

I-5.2-En Algérie

En Algérie, les céréales représentent 50% des dépenses des ménages, puisqu'elles constituent la principale source calorique pour les différentes couches de la population quelque soit leur niveau social ou le milieu dans lequel elles vivent (urbain et rural). De se fait, elles constituent 60% de l'apport calorique et 71% de l'apport protéique (Amrani, 2003).

D'après (Liams, 2001), Sur le plan alimentaire, pour la période décennale de 1992 à 2001, l'Algérie a consommé annuellement en moyenne trois (3) millions de tonnes de blé dur, soit 50%, dont deux (2) millions de tonnes importées.

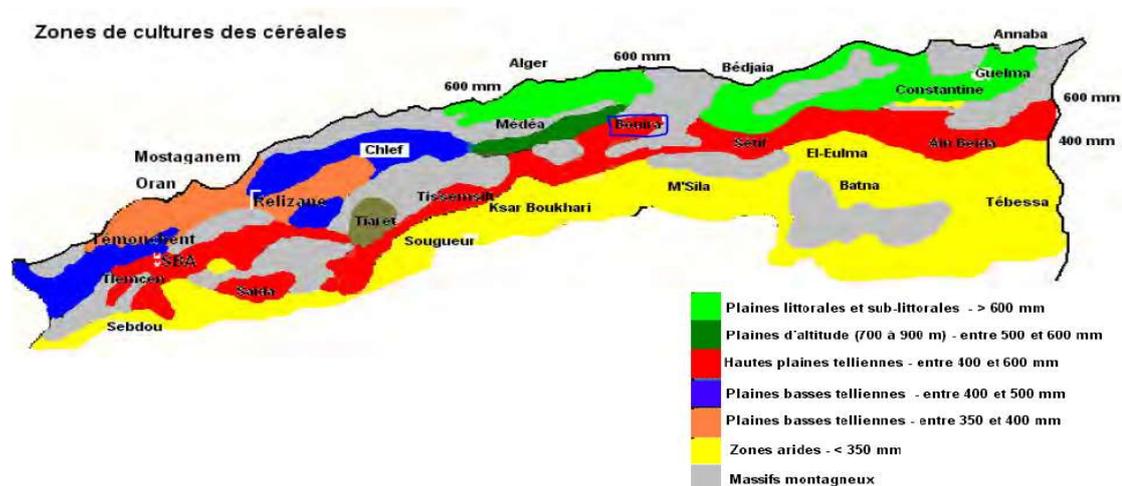


Figure 4: Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie

Source : (Belaid, 1996)

I.6. Variétés de blé dur cultivées en Algérie

Les sélectionneurs cherchent d'améliorer le rendement et la qualité du blé dur par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique (Benbelkacem *et al.*, 1995).

Tableau 2: Principales variétés de blé dur cultivées en Algérie et leurs caractéristiques

Variété	Caractéristiques Culturales	Productivité	Zone d'adaptation
Waha	Précoce	Très bonne	Hauts plateaux et plaines intérieures
Oued zenati	Tardive	Moyenne	Plaines intérieures
Bidi 17	Semi tardive	Moyenne	Littoral et plaines intérieures
Sebaou	Demi- précoce	Bonne	Littoral et plaines intérieures
Aribs	Précoce	Bonne	Nord des hauts plateaux, plaines intérieures
Righa	Précoce	Moyenne	Pleines intérieures
Chougrane	Semi- tardive	Moyenne	Hauts plateaux et plaines intérieures
Rahouia	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux
Guengoum r'khem	Tardive	Faible	Hauts plateaux
Sahel77	Précoce	Bonne	Littoral et plaines intérieures
Hoggar (ex. Vitron)	Précoce	Bonne	Hauts plateaux et zones sahariennes
Mohamed Ben Bachir	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux
Bibans	Semi- tardive	Moyenne	Littoral et plaines intérieures
Tassili (ex. Mexicali 75)	Précoce	Assez bonne	Hauts plateaux et zones sahariennes
Hedba3	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux et plaines intérieures

Source : (ITGC, sd).

I.7. Principaux maladies fongiques de blé dur :

Tableau 3: Les principales maladies fongiques du blé

Nom de la maladie	L'agent causal
Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>
Rouille noire	<i>Puccinia graminis f.sp.tritici</i>
Rouille brune	<i>Puccinia triticina</i>
Oïdium	<i>Erysiphe graminis f.sp.tritici</i>
Tache helminthosporienne	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>
Caries	<i>Tilletia caries</i> et <i>Tilletia foetida</i>
Charbon foliaire	<i>Urocystis agropyri</i>
Charbon nu	<i>Ustilago tritici</i>
Pourriture racinaire	<i>Cochliobolus sativus</i>
	<i>Fusarium culmorum</i>
	<i>Fusarium graminearum</i>
	<i>Fusarium avenaceum</i>
Septoriose	<i>Septoria nodorum</i> ou <i>Stagnospora nodorum</i>
	<i>Septoria tritici</i> ou <i>Mycosphaerella graminico</i>

Source : (Sayoud *et al.*, 1999).

II. L'oïdium

II-1. Généralités

Les oïdiums sont parmi les maladies des plantes les plus communes, infectant plus de 650 espèces de monocotylédones et plus de 9000 espèces de dicotylédones. Ces champignons causent de graves maladies sur les plantes cultivées (Nowara *et al.*, 2010).

II-2-L'agent pathogène

L'Oïdium est causé par l'agent pathogène *Erysiphe graminis* f.sp.*tritici* est un parasite obligatoire qui ne se conserve que sur des organes vivants. Il peut attaquer le blé sur toute la durée de la culture, sur feuille et sur épi. On le rencontre essentiellement sur variétés sensibles (Masson, 2012).

II.2.1. Classification

Les champignons responsables des maladies désignées sous le nom d' « oïdiums » appartiennent à l'ordre des Erysiphales, la famille des *Erysiphaceae* au sein de la classe des Ascomycètes (Bolay, 2005).

II.2.2. Biologie

D'après (Nasraoui B., 2008), l'infection primaire est assurée par les ascospores et les fragments mycéliens du champignon qui se trouvent uniquement sur les chaumes infectés car les semences ne transmettent pas la maladie. Les infections secondaires sont provoquées par les conidies libérées par le champignon à partir des plantes infectées pendant la végétation.

C'est une maladie qui se développe lorsque l'humidité est moyenne et non en présence d'eau à l'état liquide car les conidies ne germent pas dedans. C'est ainsi que l'hiver et le printemps très pluvieux sont défavorables à cette maladie. Les températures favorables sont comprises entre 15 et 20 °C et ceci explique l'apparition

de cette maladie tôt en hiver. Par temps sec, les conidies sont facilement emportées par le vent qui est le meilleur vecteur d'extension de l'oïdium.

II.2.3. Observation microscopique et macroscopique

A. Macroscopique

D'après l'institut national de protection des végétaux en 2013 l'observation macroscopique de l'oïdium se manifeste:

- Feutrage blanc envahissant la surface de la feuille, tige et épis.
- Feutrage devenant gris et se parsemant de points noirs, puis évoluant en croûtes blanchâtres à grisâtres.



Figure 5: Feutrage de mycélium de l'oïdium (INPV.2013).

B. Microscopique

Le mycélium est complètement superficiel à l'exception de suçoirs (haustoria) qu'il introduit dans les cellules épidermiques. Les conidies sont ovoïdes, hyalines, unicellulaires et ils mesurent 20-35 μm x 8-10 μm (Zillinsky, 1983).



Figure 6 : Spores d'*Erysiphe graminis* f. sp. Tritici 20-35 μm x 8-10 μm (INPV.2013).

II.3. Cycle de développement :

L'oïdium infecte la plante hôte par des conidies. Après être véhiculées par l'air, les conidies se déposent sur l'organe de la plante hôte, germent et développent un mycélium superficiel. En même temps, une courte hyphe fine se développe directement dans les cellules épidermiques et forme une haustoria avec laquelle le champignon absorbe les substances nutritives.

A partir du mycélium, les conidiophores se développent et libèrent de nouvelles conidies capables d'induire de nouvelles infections. Plus tard, la reproduction sexuée du champignon aboutit à la production des cléistothèces contenant des ascospores à l'intérieur des asques. L'induction de l'infection primaire pendant la saison de végétation suivante est due au développement du mycélium en conservation ou à la germination des ascospores libérées à partir des asques qui sont déchargés à partir des cléistothèces (Nasraoui, 2006).

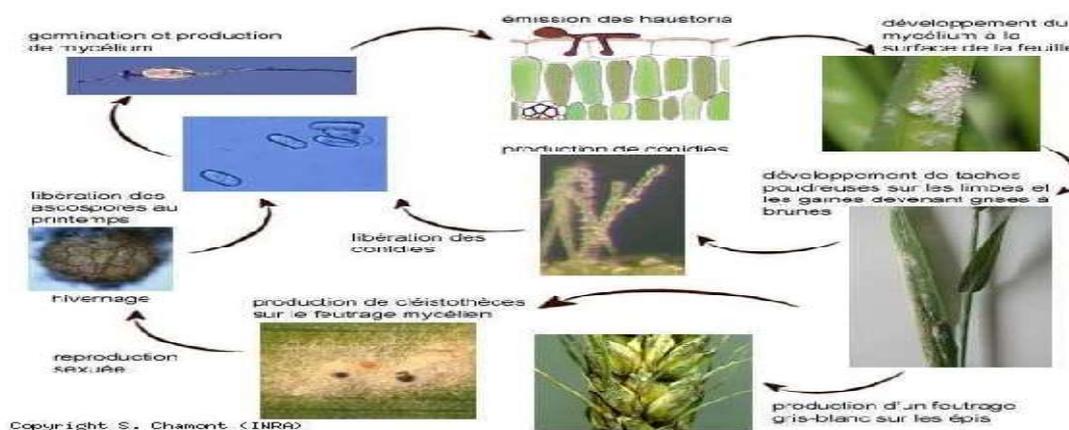


Figure 7 : Cycle de développement de l'oïdium

Source : gembloux.ulg.ac.be

II.4. Conditions favorables au développement de la maladie

II.4.1. Humidité : la germination des conidies est favorisée par de fortes hygrométries (au delà de 70% d'humidité relative); la production de conidies est

doublée en 24 heures lorsque l'humidité relative passe de 30-40% à 100% (Galet, 1999).

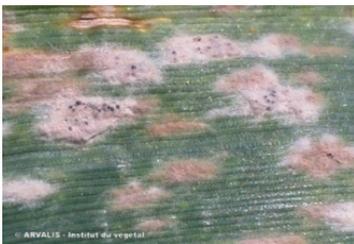
II.4.2. Température : la températures optimales pour le développement du champignon est entre 22 et 28°C. A 25°C, l'oïdium ne se développe plus et meurt au delà de 45°C. La température minimale de germination des conidies est de 5-7°C et s'accélère nettement à partir de 16-21°C (Constant, 2008).

II.4.3. Vent: le vent est un facteur de propagation de cette maladie et favorisant la dissémination des conidies (Rouzet *et al.*, 2007).

II.5. Symptomatologie

L'oïdium est une maladie facile à diagnostiquer chez les céréales. Le symptôme caractéristique de l'oïdium est un feutrage superficiel blanc, qui se propage sur les feuilles, les gaines foliaires, la tige et les épis (Reignault, 2002). Les premiers symptômes d'*Erysiphe graminis* f.sp.*tritici* apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009). En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis (Ezzahiri, 2001 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

Tableau 4 : Symptômes de l'oïdium sur différentes parties de blé dur

Figure	Symptôme	Description
	Début d'attaque d'oïdium	Une feuille est considérée comme atteinte, lorsque le feutrage blanc couvre plus de 5% de la surface.
	Touffes blanches sur feuille.	Touffes blanches, cotonneuses, éparées sur toute la feuille (face supérieure).
	Ponctuations noires sur les vieilles taches	En vieillissant, les pustules blanches deviennent brunes ou grises. Les cléistothèces (ponctuations noires) apparaissent.
	Oïdium sur tiges	La présence d'oïdium sur tige est sans gravité.
	les épis sont plus touchés	Les tiges plus courtes, dont l'épi est immergé dans le couvert, sont les plus touchées.

Source des données : ARVALIS - Institut du végétal

II.6. Mécanismes d'infection par *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*

II.6.1. Germination des conidies

Dès que les conidies adhèrent à la plante, un stimulus de contact est émis par chacun des deux partenaires (Carver *et al.*, 1996), et les conidies entrent ainsi rapidement dans le processus de germination. Celle-ci débute par l'émergence d'un tube visible issu de la conidie (Green *et al.*, 2002). Nicholson *et al.*, (1995) ont montré que les conidies non-germées produisaient un exsudat suite au contact avec la cuticule qui induit alors la formation du tube germinatif. Kunoh *et al.* (1990) ont montré que la dégradation de la cutine et la cuticule par cet exsudat rendait les feuilles des plantes moins hydrophobes et donc plus sensibles à l'infection.

II.6.2. Formation du tube germinatif primaire

Green *et al.* (2002) ont étudié la formation du tube germinatif primaire (TGP), et ont montré qu'il ne pouvait être fonctionnel qu'au contact avec la plante hôte. La fonctionnalité du TGP a été étudiée par Nielsen *et al.* (2000) qui considèrent que la conidie est capable de percevoir des signaux chimiques externes (monomères de cutine) de la plante hôte. Ces molécules seront dégradées par des cutinases de l'exsudat conidial, ce qui participe à la formation d'un TGP fonctionnel.

Trois rôles majeurs du TGP ont été démontrés:

- Participe activement à l'adhésion de la structure fongique sur la surface hôte foliaire. L'adhésion s'effectue rapidement (Yamaoka et Takeuchi, 1999)
- Permet l'accès aux réserves de la plante, particulièrement les réserves hydriques (Carver et Bushnell, 1983)
- Le TGP est capable de reconnaître les caractéristiques hydrophobes de la surface de contact. La conséquence principale et immédiate de cette reconnaissance est la mise en place d'un signal intracellulaire via une protéine kinase va conduire à la différenciation d'un second tube, le tube germinatif appressorium (TGA) (Carver *et al.*, 1996).

II.6.3. Tube germinatif appressorium (TGA)

L'hydrophobicité du substrat, la présence de cellulose et de monomères de cutine augmentent la proportion de conidies de *Erysiphe graminis* développant un TGA. Celui-ci développera par la suite un haustorium fonctionnel (Carver *et al.*, 1996 ; Francis *et al.*, 1996). Ainsi, la pénétration du TGA est un processus qui se fait en deux temps (Belanger *et al.*, 2002).

- L'hydrolyse enzymatique permet au TGA de traverser la paroi végétale; la pression effectuée par le TGA contre la papille permet l'accès aux réserves de la cellule épidermique de la plante.

II.6.4. L'haustorium

L'haustorium est constitué d'un corps qui émet des digitations latérales servant à augmenter la surface de contact avec l'intérieur de l'hôte (Manners et Gay, 1983). Il est uni-nucléé et est impliqué dans des fonctions bien précises comme:

- Le transfert de nutriments au cours de l'interaction blé-oïdium, comme celui du glucose du blé vers Bgt (Sutton *et al.*, 1999; Manners et Gay, 1982).
- La reconnaissance de molécules « signal » potentielles, dont la nature reste encore à déterminer (Heath et Skalamera, 1997).

II.7. Effets de l'oïdium

L'oïdium, est une maladie qui peut causer des dommages considérables. Les cultivars de blé n'ont pas tous la même sensibilité vis-à-vis de cette maladie. Avec les variétés sensibles, les pertes de rendement peuvent être élevées et atteignent jusqu'à 30 % (Briceño Felix *et al.*, 2008).

II.8. Moyens de lutttes

II.8.1. Mesures prophylactiques

D'après l'institut national de protection des végétaux en 2013 les mesures prophylactiques utilise contre l'oïdium sont :

- Détruire les repousses de céréales et autres graminées.
- Choisir une variété tolérante.
- Eviter les semis précoces.
- Eviter les semis à forte densité qui maintiennent l'humidité dans la végétation.
- Surveiller la teneur du sol en potasse.

II.8.2.Mesures chimiques

La lutte chimique contre *Erysiphe graminis* se caractérise par l'apparition régulière d'une diminution de la sensibilité des souches aux molécules employées. Par exemple, on observe une forte résistance de l'agent pathogène vis-à-vis des strobilurines qui ne sont plus conseillées contre l'oïdium (Moreau, 2011)

II.8.3.Lutte biologique

Le principe de la lutte biologique se base sur l'utilisation d'agents pathogènes (virus, bactéries, champignons, ect.), également appelés biopesticides. Elle a pour but de maintenir la population d'organismes bioagresseurs en dessous d'un seuil de nuisibilité. C'est une méthode de lutte en utilisant des organismes vivants antagonistes, appelés agents de lutte biologique (qui appartiennent au groupe des auxiliaires des cultures), sans faire appel à des pesticides (Milaire, 1995).

2.8.4. Lutte génétique

La résistance variétale reste la méthode de lutte la plus économique et la plus pratique contre les maladies foliaires du blé. La résistance n'est pas un caractère stable étant donné qu'elle peut être surmontée par de nouvelles races et souches des agents pathogènes concernée (Ezzahiri, 2001). En effet l'utilisation de cultivars

résistants réduit la conservation du pathogène dans les chaumes et dans les graines
(Krupinsky,1999)

Cette étude a été réalisée dans le but d'étudier l'importance et l'évolution de maladie de l'oïdium de blé dur ; l'évaluation de la symptomatologie sur les plantes, l'analyse de l'évolution de l'incidence et de la gravité ; par la suite nous sommes intéressés à étudier l'effet de cette maladie sur le métabolisme de la plante en analysant le taux de chlorophylle et de protéine dans la région de Ain Bessem .

II.1.Présentation de la région d'étude

Cette étude a été réalisée dans la région de Bouira, elle est limitée au nord et au nord-est par les wilaya de Tizi-Ouzou, Biejaia et la chaîne montagneuse de Djurdjura, au sud-est par la chaîne montagneuse des Bibans et la wilaya de Bordj-Bou-Arreridj, au sud-ouest par les montagnes de Dirah et la wilaya de M'Sila, et enfin à l'ouest par les wilayas de Médéa et Blida (Moulai, 2017), Son climat est chaud et sec en été et très froid, pluvieux et neigeux sur les hauteurs en hiver (Messaoudi, 2009).

La région de Bouira s'étend sur une superficie de 445 6,26 Km² représentant 0,19 % du territoire national. La superficie agricole totale (SAT) représente 293 645 ha, parmi elle 189 960 ha représentent une superficie agricole utile dont seulement 13 349 ha sont irriguées.

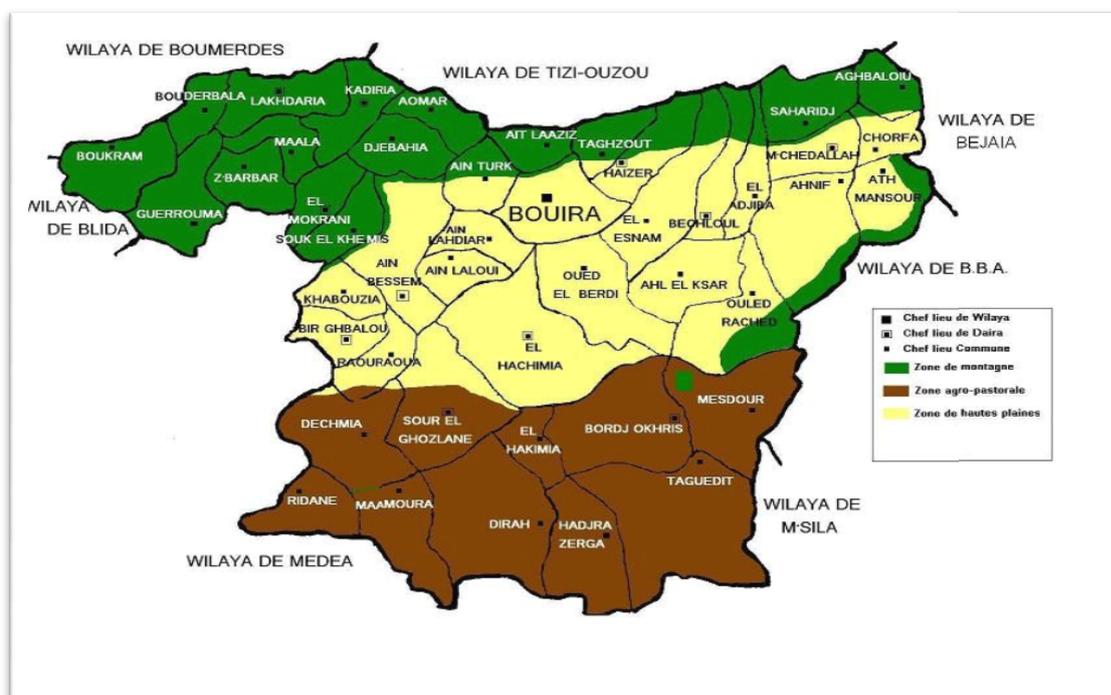


Figure 8: Carte graphique de Bouira.

II.2. Présentation du site expérimental

Notre étude a été réalisée au niveau de la ferme pilote HAICHAR ALI, qui se trouve à la daïra de Ain Bessem située à 25 Km au sud-ouest de Bouira.

La station d'étude (Haicheur Ali) englobe une superficie Agricole totale (SAT) de 1025 ha cultivée comme suite :

693.50 ha pour les céréalicultures dont 513.50 ha destinés pour les semences, 27 ha : fourrage (avoine fourragé), 80 ha : légumineuses alimentaires (30ha lentilles, 50ha pois chiche), et 10 ha légumineuses fourragères, 100ha d'orge, 300ha de blé tendre, 60ha avoine et 100ha Avoine fourrage. Elle a un climat méditerranéen avec un été chaud. la spéculation dominante dans cette région est la céréaliculture et la production de la pomme de terre (Messaoudi, 2009).



Figure 9: Parcelle par Google earth 2018

II.4. Méthodologie de l'enquête

L'évaluation de l'oïdium s'est déroulée sous forme d'une enquête qui comporte des observations directes des symptômes sur les plantes au début de mois d'avril complétée par un questionnaire soumis au directeur et l'ingénieur de la ferme pour l'objectif de cerner les facteurs influençant le développement de l'oïdium de blé dur ; les traitements ; cycle de développement de cette maladie.

II.3. Caractéristiques de la parcelle

Tableau 5: Caractéristiques de la parcelle

Site	Ain Bessem
Superficies (ha)	50
Variété	Siméto
Densité de plantation	250-350 plantes sur 1 m ²
Année de plantation	2001
Traitement	Fongicide (prossaro)
Porte-greffe	Plante (porte ou tallage)
Résistance à l'oïdium	Sensible

II.4.1.Choix de la parcelle et l'échantillonnage

Le choix des parcelles a été effectué aléatoirement au niveau de la la ferme pilote HAICHAR ALI de Ain Bessem. Les observations ont été effectuées durant les mois de Mars jusqu'à le moi de Mai, sur 4 blocs (Annexe 1), chaque bloc englobe 25 plantes de blé dur, la distance entre chacune est de 30 cm. Suite à des observations approfondies, et selon l'état d'évolution de la symptomatologie, les échantillons ont été prélevés en présence de l'ingénieur de la ferme durant de nombreuses prospections sur le champ de blé dur au niveau de ferme. Les échantillons sont prélevés dans des sacs en papier et transportées au laboratoire pour réalisée l'évaluation de l'activité photosynthétique et le taux des protéines totales.



Figure 10 : Parcelle de blé dur

II.4.2.Observations et notation des symptômes

Les symptômes sont observés sous forme d'une poudre blanche (duvet blanchâtre) à grise. Ils débutent sur les feuilles inférieures (A), puis se propage sur les tiges et les épis (B). Par la suite on observe des symptômes tardifs se caractérisent par de petits points noirs comme fructifications (cléistothèces)(C) qui contiennent des spores(ascospores)



Figure11 : L'Oïdium (*Erysiphe graminis*) sur feuille et sur tiges.

A : l'attaque sur les feuilles inférieures. B : l'attaque sur les tiges. C : Aspect des cléistothèces sur la feuille en fin d'attaque.

II.5.Diagnostique de l'oïdium

Les prospections sont réalisées au moment où les stades phénologiques des blés s'étalaient de la floraison à la maturité, à travers l'apparition d'un duvet blanc qui définit

comme un symptôme spécifique chez l'oïdium. Pour valider ce diagnostic, il est nécessaire de réaliser l'identification de l'agent pathogène au laboratoire par des tests spécifiques.

Le symptôme caractéristique de l'oïdium est un feutrage superficiel blanc est pulvérulent, qui se propage sur les feuilles, les gaines, la tige et les épis. Le feutrage est constitué de mycélium, de conidiophores et de conidies. La sporulation continue dans le temps en donnant au feutrage un aspect grisâtre et les pustules vont peu à peu se ponctuer de petits points noirs correspondant aux structures sexuées, les cléistothèces. Ce sont les conidies qui donnent l'aspect pulvérulent caractéristique de la maladie (Reignault, 2002).

II.6.1. Incidence de la maladie :

L'incidence de la maladie est le nombre de plantes malades par rapport au nombre total des plantes observées.

Incidence = nombre de plants malades / nombre total de plants observés x 100

II.6.2. Sévérité de la maladie :

Est exprimée en pourcentage de surface foliaire attaquée par rapport au nombre total des feuilles observées

Sévérité = nombres de feuilles présentant des spots sur le nombre total des feuilles observés sur chaque plante

II.7. Activité photosynthétique et protéines totales

II.7.1. Chlorophylle totale

La chlorophylle est le principal pigment contenu dans les plantes. Elle se trouve dans les chloroplastes des cellules végétales. Elle est indispensable pour l'activité photosynthétique de la plante qui consiste à produire de l'énergie chimique (ATP) à partir de l'énergie lumineuse du soleil. En effet la lumière du soleil est captée par la chlorophylle.

La chlorophylle possède un rôle dans photosynthèse, elle permet aux plantes et aux algues d'absorber l'énergie du soleil pour en tirer de l'énergie. L'attaque de l'oïdium provoque une réduction dans le taux de la photosynthèse et le rapport entre chlorophylle a et chlorophylle b.

II.7.1.1. Protocole d'extraction

Les teneurs en chlorophylle totale ont été déterminées par la méthode de Francis et *al.*, (1970). Broyer 1g de matière végétale fraîche (MVF) de chaque répétition dans un Mortier, en utilisant 10 ml d'acétone. Ensuite, la solution obtenue a été mise dans des tubes à essais hermétiquement fermés et conservés pendant 48 h à 4 °C à l'abri de la lumière (Annexe 3). La lecture des absorbances avec le surnageant apparu a été réalisée à la longueur d'onde de $\lambda = 663$ nm pour la chlorophylle a et à la longueur d'onde de $\lambda = 645$ nm pour la chlorophylle b.

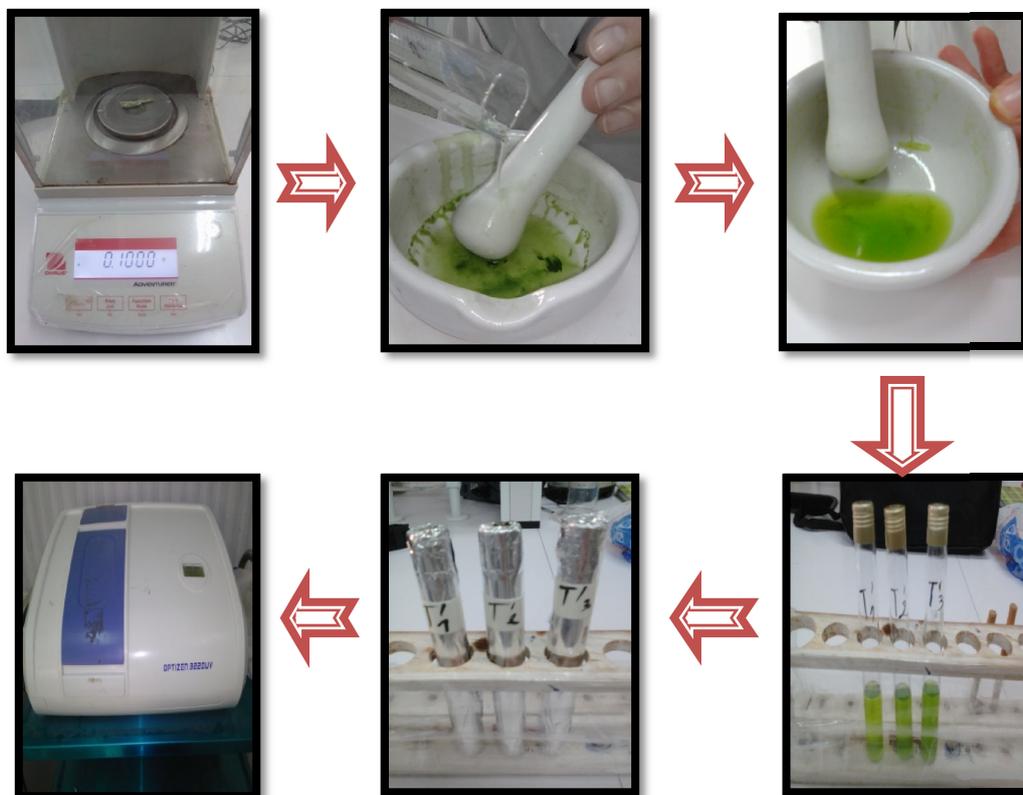


Figure 12 : Mode opératoire de l'extraction de chlorophylle de blé dur

$$\text{Chlorophylle a : (mg/g MF)} = [12.7A(663) - 2.69 A(645) \times V / (100 \times w)]$$

$$\text{Chlorophylle b : (mg /g MF)} = [22.9A(645) - 4.68 A(663) \times V / (100 \times w)]$$

$$\text{Chlorophylle totale : (a+b)} = [20.2 A(645) + 8.02 A(663)] \times V / (1000w)]$$

A : Absorbance, V : Volume de la solution extraite, W : Masse de la matière fraîche

II.7.2. Protéines totales

Les protéines sont des macromolécules biologiques présentes dans toutes les cellules vivantes. Elles sont formées d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques. L'expression des protéines permet à la plante de percevoir les conditions de son milieu et d'activer une réponse adaptée.

II.7.2.1. Protocole d'extraction

Pour déterminer la teneur en protéines totales nous avons appliqué le protocole de Jones et *al.*, (1989) :

Broyer 1 g de matière végétale fraîche (MVF) dans 6 ml d'une solution de NaOH (pH 12,8 ; N 0,1), les échantillons sont agités pendant 3 secondes (S) sur un agitateur vortex et laissés à extraire 30 min à la température ambiante. Ensuite, les échantillons sont remixés et centrifugés pendant 5 min à grande vitesse ($> 3000g$) (Jones et *al.*, 1989). La lecture de l'absorbance a été réalisée avec le surnageant obtenu à deux longueurs d'onde : $\lambda = 280$ nm et $\lambda = 260$ nm (Walker, 2002).

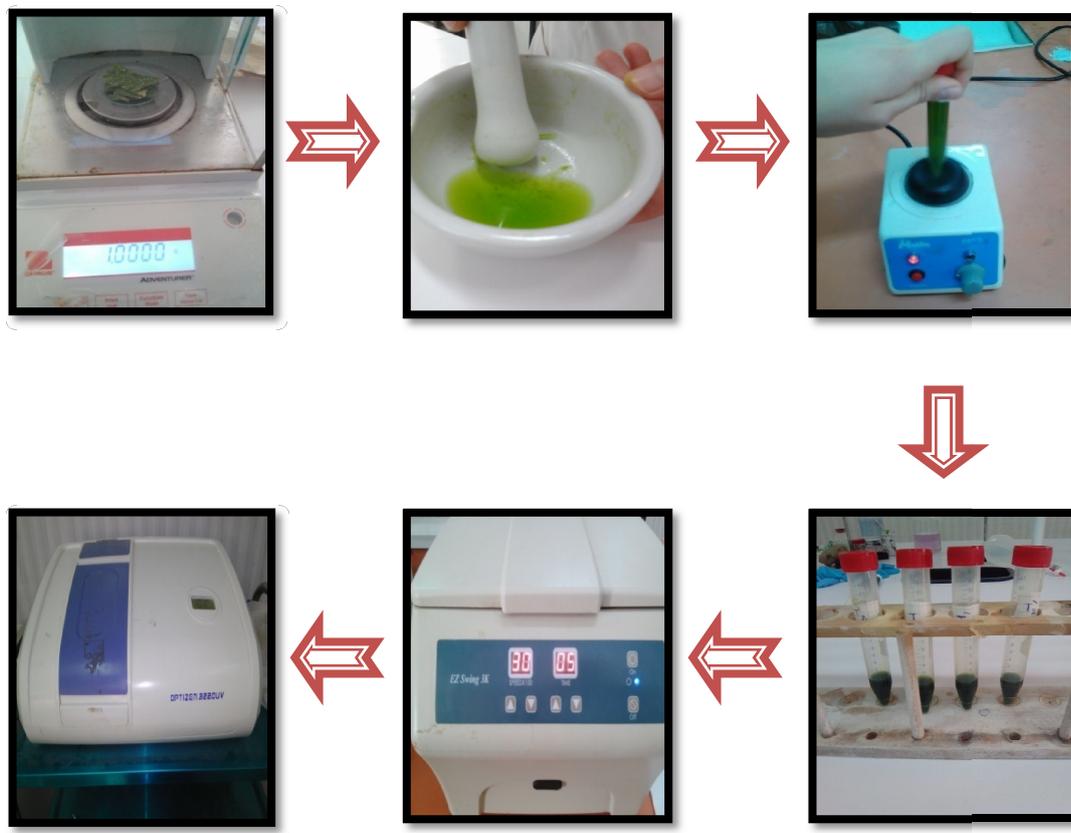


Figure 13 : mode opératoire de l'extraction de protéine de blé dur.

1. Evaluation de la maladie

1.1. Taux d'infection

L'évaluation du taux d'infection a montré deux phases d'évolution ; la 1^{ère} phase (temps 1-temps 3), il a été révélé une évolution progressive de 41% jusqu'à 100%. Au cours de la deuxième phase, toutes les plantes étudiées ont présenté au moins un symptôme de l'oïdium, nous avons noté un taux de 100%.

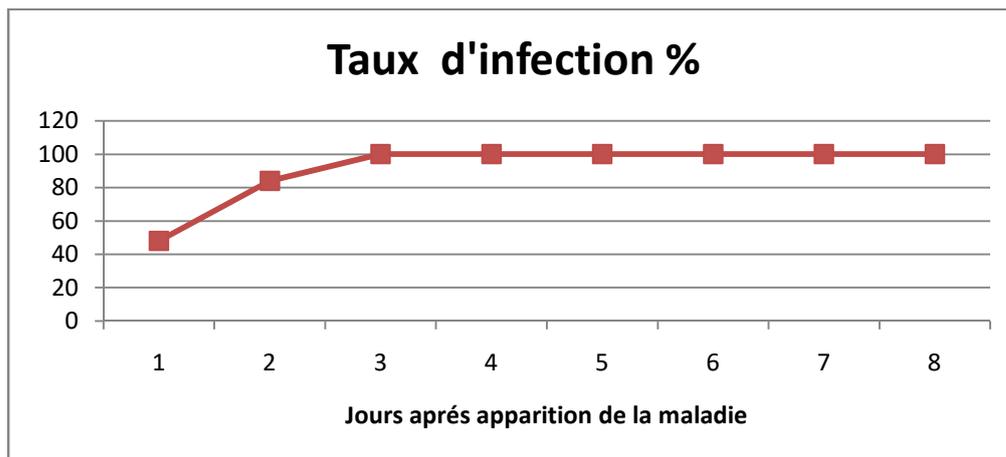


Figure 14: Taux d'infection des plants de blé dur infectés par l'oïdium. La symptomatologie a été notée 3 mois après le semis et dans un intervalle de 4 jours après l'apparition de la maladie ; la symptomatologie a été notée dans huit temps après l'apparition de la maladie.

1.2. Sévérité

La figure ci-dessous représente l'évolution de la sévérité dans huit intervalles de temps de quatre jours après l'apparition de la symptomatologie. Les plantes du blé dur ont présenté une évolution progressive de la maladie dès l'apparition des premiers symptômes avec un taux de 10%.

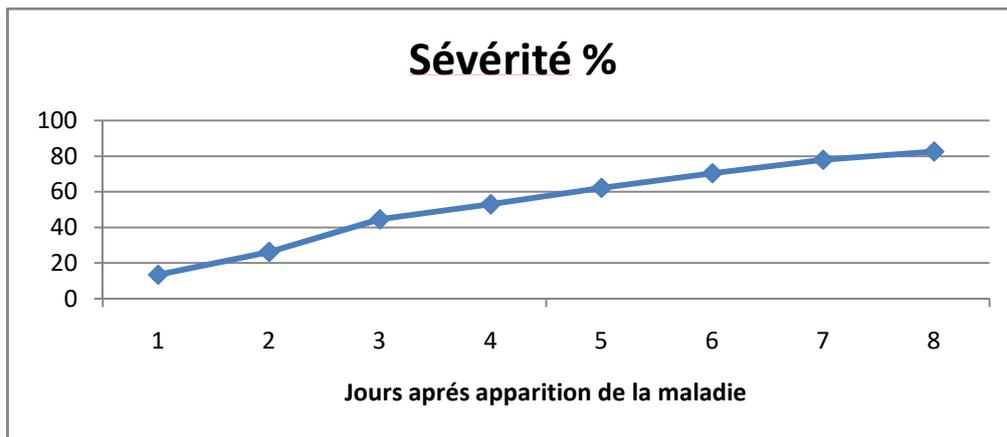


Figure 15: Sévérité d'infection des plantes de blé dur infectées par l'oïdium. La symptomatologie a été notée 3 mois après le semis et dans un intervalle de 4 jours après l'apparition de la maladie ; la symptomatologie a été notée dans huit temps après l'apparition de la maladie.

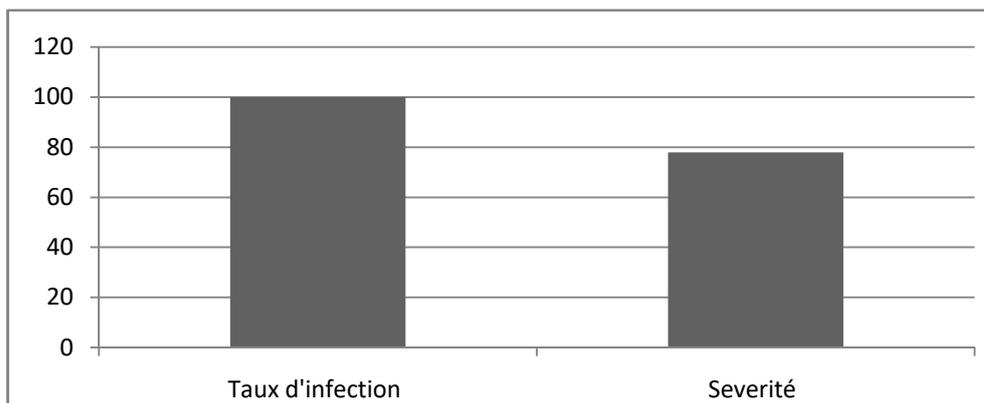


Figure16: Taux finaux de l'indice de la maladie et de la sévérité chez les plants de blé dur infectés par l'oïdium, 32 jours après l'apparition de la maladie.

La figure ci-dessus représente les taux finaux de l'évolution de la sévérité et le taux d'infection de la maladie de l'oïdium de blé. A partir de ces résultats, nous avons constaté qu'il ya une évolution importante du taux d'infection (100%). Alors que, l'évolution de la sévérité, a été moins progressée par rapport à l'évolution du taux d'infection avec un pourcentage de 79 %.

Nos résultats de l'évaluation de la sévérité de l'oïdium ont révélé un taux de 79%. Dans une enquête sur l'oïdium du blé au Maroc, Ramdani et Ibriz, 1999 ont signalé que de 1997 à 1999 l'incidence et la gravité de l'oïdium du blé a augmenté de 31 à 50%. Dans ce contexte, Selon ABDI, 2015, il a été noté un taux de l'oïdium de 11,53% à Sétif. Il a été signalé que l'utilisation de cultivars résistants fournit le moyen le plus économique et écologique pour lutter contre l'oïdium (Leath et al 1999).

Les résultats d'évaluation du taux d'infection montrent que la totalité des plants de blé dur étudiés dans le dispositif expérimental ont révélé au moins un des symptômes de l'échelle d'évaluation de la maladie. Il a été noté un indice de la maladie de 100 %.

L'oïdium du blé est une maladie causée par un champignon ascomycète biotrophe (*Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f.sp. tritici syn. *Erysiphe graminis* f.sp. tritici) (Maxwell et al., 2012). Ce champignon se développe sur les parties aériennes de la plante sous forme d'un feutrage blanc et cause d'importantes pertes de rendement (Tomás et al., 2000 ; Gao et al., 2012). Ces pertes sont plus accentuées dans un climat relativement tempéré et humide (Michel et al., 2001).

2. Activité photosynthétique et biochimique

2.1. Chlorophylle totale

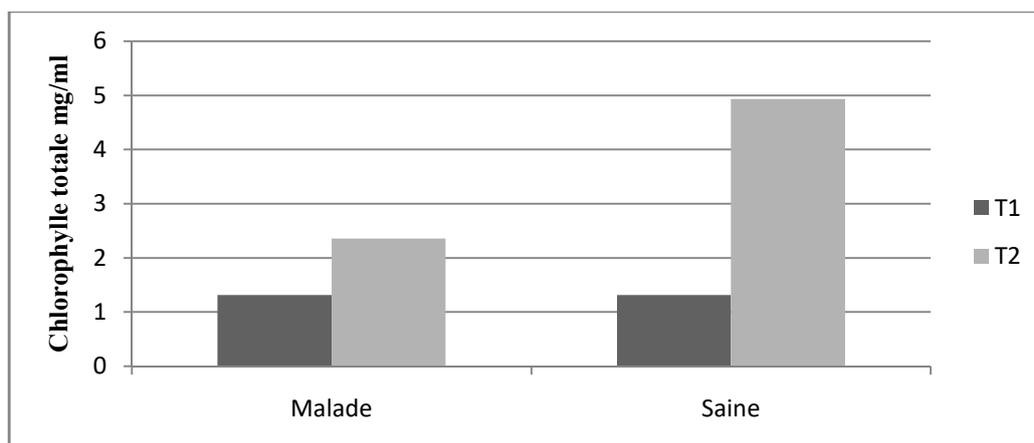


Figure 17: Taux de chlorophylle totale chez les plants de blé dur: saines et malade (infectés par l'oïdium). 3 mois après semis (T1 : 10 jours après l'apparition de la maladie, T2 : 20 jours après l'apparition de la maladie).

A partir de ces résultats, il a été constaté que dans le temps 1, aucune différence n'a été observée entre les plantes de blé dur saines et malades). La teneur de chlorophylle totale dans ce temps est de 1.3 mg/ml. Cette égalité peut être expliquée par le début de la maladie où ses effets ne sont pas encore manifestés. Tandis que, les résultats obtenus dans le temps 2 montrent qu'il y a une différence considérable entre les plantes saines et malades. Chez les plantes saines, la teneur en chlorophylle totale est plus élevée (5mg/ml) par rapport aux plantes malades (2.2 mg/ml).

La réduction de la chlorophylle est causée par l'apparition des chloroses. Les attaques précoces réduisent le tallage, et les infections les plus tardives réduisent la surface foliaire verte et donc le rendement en grain. Des niveaux d'oïdium modérés peuvent être tolérés OEPP/EPPO (1994). La réduction de la teneur en chlorophylle totale peut être aussi la conséquence de la réduction de la surface foliaire sous l'effet d'un stress abiotique (Siakhène, 1984).

Les maladies foliaires influencent plus spécifiquement l'activité photosynthétique par la multiplication des lésions causées par les agents pathogènes (Savary et Zadoks, 1991). La présence des agents pathogènes peut affecter négativement sur la surface foliaire comme il a été montré dans les travaux de Guo et al. (2005) effectués sur la betterave infectée par le virus du navet. Percival et Fraser (2002) suggèrent que la présence du mycélium de champignons dans les tissus des feuilles infectées altère le transport des électrons dans les systèmes photosynthétiques.

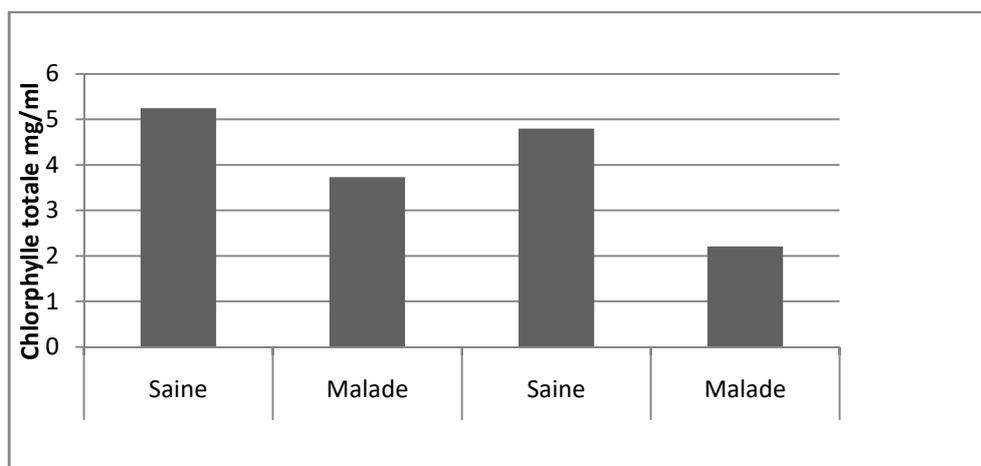


Figure 18 : Taux de chlorophylle totale chez les plants de blé dur : saine et malade (infectés par l'oïdium), sans et avec traitement avec produit chimique (PROSARO).

Les résultats ci-dessus représente le taux de chlorophylle totale chez les plants de blé dur; saines et malades infectés par l'oïdium avec et sans traitement. Ces résultats obtenus indiquent que la teneur en chlorophylle enregistrées pour les plantes saines sans et avec traitements sont plus élevées que chez les plantes malades (5.2 et 4.8 mg/ml).

Concernant les plantes malades sans et avec traitement, nous avons noté, que les plants malades sans traitement présentent une teneur en chlorophylle plus élevée, alors que l'application du traitement a réduit la teneur en chlorophylle (2mg/ml) avec un taux de réduction de la maladie observé au cours de l'évaluation du taux maladie.

Les résultats obtenus montrent que la teneur de chlorophylle chez les plantes sans traitement (soit malade ou saine) est considérablement élevée, alors l'application des produits fournit une protection contre l'oïdium, associée avec un effet négatif sur la plante en influençant son métabolisme. Filion et al. 2009 et Mueller 2014, ont signalé que l'application préventive de fongicides chez le soya pourrait provoquer des effets négatifs chez cette plante.

2.2. Protéines totales

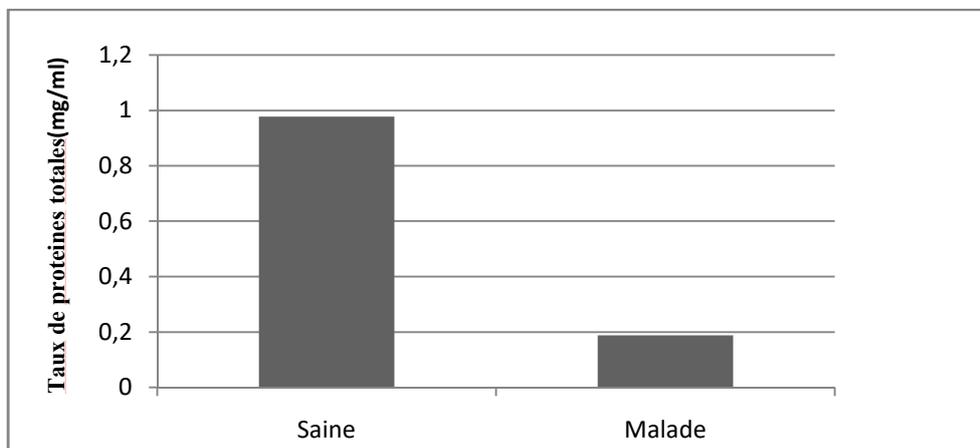


Figure 19: Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saine et malade (infectés par l'oïdium). 3 mois après semis, 20 jours après apparition de la maladie.

Dans le temps 1 (20 jours après apparition de la maladie), le taux de protéines totales a été faible chez les plantes infectées par l'agent pathogène alors que les plantes saines ont révélé un taux considérable 1mg/ml.

A partir des résultats de la figure ci-dessous, nous avons constaté que la teneur en protéines chez les plantes saines après 30 jours de l'apparition de la maladie est très élevée (2mg/ml) par rapport à celle chez les plantes malades (0.7mg/ml). Cette différence est causée par l'effet de la maladie sur la plante.

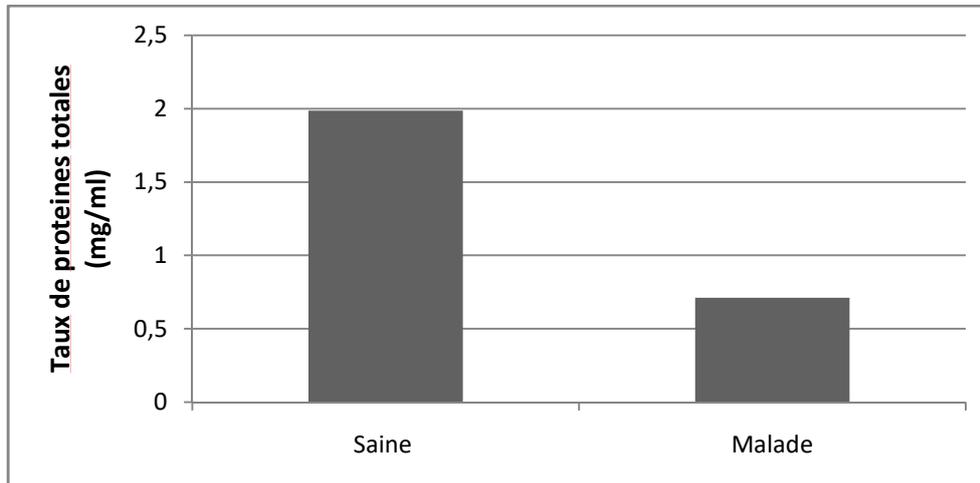


Figure 20: Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saines et malade (infectés par l'oïdium). 3 mois après semis, 30 jours après apparition de la maladie.

Les différents résultats obtenus (20 et 30 jours après l'apparition de la maladie) montrent que les plantes affectées par le pathogène présentent une réduction sur la teneur en protéines, c'est-à-dire la maladie de l'oïdium a influencé le métabolisme de la plante. Selon Berger et al, 2007, l'infection par des agents pathogènes conduit à l'induction de la défense et des changements dans le métabolisme de la plante.

Les protéines sont parmi les composés de la cellule végétale impliqués dans la résistance ou la sensibilité à l'infection par des agents pathogènes. Ces protéines sont à la fois des protéines constitutives et des protéines liées à la pathogénèse, qui sont induites en réponse à l'attaque par des pathogènes (Strange, 2003). Plusieurs auteurs ont décrit que le stress biotique ou abiotique peut provoquer une baisse ou une hausse des protéines totales (Singh et al., 1991).

Nos observations sont conformes avec les résultats des travaux de Manners et Scott (1984) réalisés sur un cultivar d'orge sensible à l'oïdium et les résultats des travaux de Ashry et Mohamed (2012) et Mohamed et al. (2012), réalisés sur le pathosystème lin/oïdium. Ces

chercheurs montrent que l'infection par l'oïdium provoque une diminution des taux des protéines totales chez les plantes sensibles tandis que les variétés résistantes accumulent des protéines.

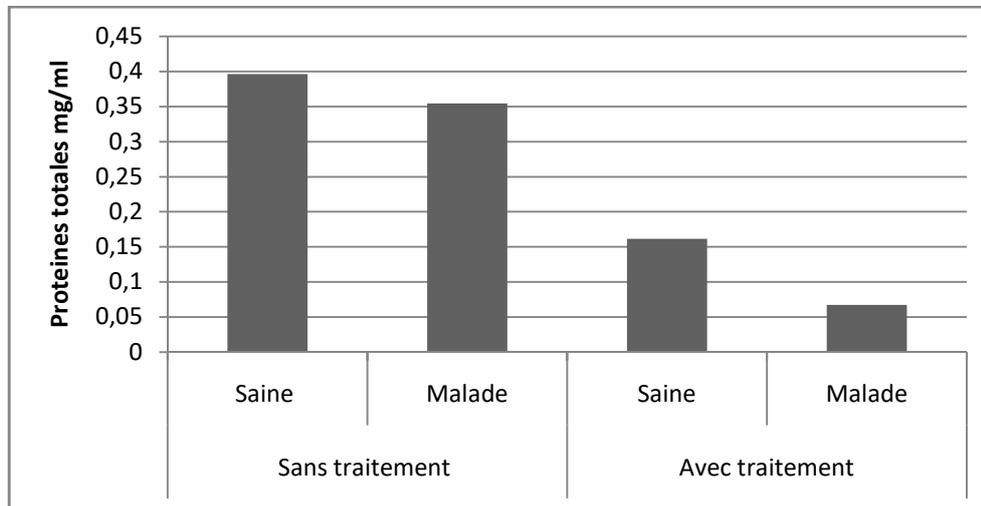


Figure 21 : Taux de protéines totales chez les plants de blé dur : saine et malade (infectés par l'oïdium), sans et avec traitement avec produit chimique (PROSARO), 3 mois après semis, 30 jours après apparition de la maladie, 18 jours après traitement chimique.

Les résultats ci-dessus indiquent l'effet des fongicides sur le métabolisme du blé dur. Nous avons noté que des teneurs plus élevées en protéines totales chez les plantes sans traitement soit pour les plantes saines (0.4 mg/ml) soit pour les plantes malades (0.35 mg/ml). Alors que pour les plantes traitées nous avons enregistré des teneurs plus faibles.

L'application des fongicides peut causer des effets secondaires et provoque une réduction sur la teneur en métabolites secondaires chez les plantes (Filion et al. 2009). Les produits organiques peuvent pénétrer dans la plante, et donc de retentir sur ses processus physiologiques par l'intermédiaire de leur action sur le fonctionnement des enzymes. Ils peuvent soit stimuler, soit inhiber de la synthèse des protéines, Par exemple le DDT augmente le taux d'azote total et le taux des protéines dans les tissus foliaires. (Chaboussou, 1969).

D'après Chaboussou. (1969), certains traitements de pesticides sur la vigne (DDT, parathion, carbaryl, captane.) entraînent un accroissement de la fécondité et de la longévité

des géotypes pouvant être dû soit à une action directe et positive sur leur vitalité, soit à une modification de la physiologie et de la biochimie de la plante.

Conclusion générale

Conclusion générale

La culture du blé est constamment menacée par des maladies fongiques qui peuvent être à l'origine de pertes très importantes du rendement. Notre étude a révélé que la culture de blé de Ain Bessem est effectivement menacée par la maladie de l'oïdium de blé.

Durant notre étude, l'identification visuelle nous de la maladie a permet d'observer un polymorphisme de symptômes manifestés sur la plante hôte. La manifestation de l'oïdium se caractérise par une symptomatologie typique qui nous a permet de d'évaluer la maladie. Les premiers symptômes de l'oïdium apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs (Ezzahiri, 2001)

Le travail que nous avons réalisé a porté sur deux parties :

- La première partie, a été basée sur l'évolution de l'oïdium sur la culture de blé dur, durant la campagne agricole 2017/2018, dans la wilaya de Bouira (Ain Bessem). Cette partie a révélé la présence de la maladie avec un taux de 100%, alors que l'évaluation de la gravité a montré un taux de 79%.
- La deuxième partie a été menée dans le but d'étudier l'effet de l'oïdium sur le blé dur en analysant la teneur de chlorophylle totale et des protéines totales. Nous avons montré que l'infection des plants de blé par l'oïdium dur réduit significativement le taux de la chlorophylle totale et la les protéines totales. Ainsi, l'application de produit chimique réduit l'évolution de la maladie mais affecte négativement le métabolisme de la plante.

En perspectives, il serait intéressant d'élargir cette étude sur l'ensemble du territoire national, notamment dans les zones à vocation céréalière, afin d'obtenir plus d'informations sur la maladie de l'oïdium et son impact. Il est souhaitable d'approfondir les analyses biochimique, physiologique et moléculaire qui reflètent le métabolisme de la plante. Il serait aussi intéressant d'étudier l'effet sur les différentes parties de la plante (aérienne et racinaire) afin de comprendre l'interaction de la plante hôte avec l'agent pathogène.

ABDI Yamina Pour mémoire de Magister en AGRONOMIE. Université Ferhat ABBAS Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Distribution spatiale des maladies fongiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et effet de la fusariose sur le rendement en zones semiarides de Sétif. *Agro-ligne*, n°16, 65p.

Ammar, K., Lage, J., Villegas, D., Crossa, J., Hernandez, E., Alvarado, G., (2006) : Association among durum wheat international testing sites and trends in yield progress over the last twenty two years. International symposium on wheat yield potential. Cd. Obregón, Sonora, Mexico, March 20-24th, pp: 19-20 .

Amrani, 2003 : Le blé dur Qualité, Importance eu utilisation dans la région des Hauts-Plateaux (Tiaret et Tissemsilt).

Aouali S. et Douici-Khalfi A., 2009 : Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte ; ITGC, EL Harrach, Alger. 56p.

Ashry N.A. & Mohamed H.I., 2012 : Impact of secondary metabolites and related enzymes in flax resistance and/or susceptibility to powdery mildew. *African Journal of Biotechnology*, 11(5), 1073-1077.

Belaid Dj., 1996 : Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publications Universitaires. 203p.

Belanger R, Bushnell WR, Dik AJ, Carver TLW. 2002 : The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise. APS press, St. Paul, Minnesota, USA.

Benbelkacem, A., Kellou, K.,(1995) : Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Algérie. *Options méditerranéennes*. 6: 105-10.

Berger S., Sinha A.K. & Roitsch T., 2007: Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogen interactions. *J. of Experiment. Bot.*, Vol. 58, 4019-4026.

Bolay PA.2005 : les oidiums de suisse (Erysiphacées). *Cryptogamica Helvetica* 20 :1-176.

Briceño-Felix G, Huerta-Espino J, Torres i Ruiz L, Betbese JA, Martín Sánchez JA. 2008 : Yield losses caused by powdery mildew on bread wheat cultivars under irrigated Mediterranean conditions in Spain.

Carver TLW, Bushnell WR. 1983 : The probable role of primary germ tubes in water uptake before infection by *Erysiphe graminis*. *Physiology. Plant Pathology* 23: 229–240.

Carver TLW, Ingerson SM, Thomas BJ. 1996 : Influence of host surface features on development of *Erysiphe graminis* and *Erysiphe pisi*. In: *Plant cuticules – an*

integrated functional approach. Kierstens, G (eds) Bios Scientific Publishers, Oxford pp. 255–266

Carver TLW, Robbins MP, Zeyen RJ (1991) : Effects of two PAL inhibitors on the susceptibility and localized autofluorescent host cell responses of oat leaves attacked by *Erysiphe graminis* DC. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39: 269–287

Chaboussou.F.1969 : Les traitements pesticides et la santé de la vigne et de ses produits. *Atti. Acc. Ital. Vite Vino*, 21, 263

Chamont S., Gil F., 2014 : Les microorganismes pathogènes des cultures. <http://ephytia.inra.fr>.

Clement-Grandcourt Et Prat., 1970- Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. PP351-360.

Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971 : Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.

CLERGET Yves : BIODIVERSITÉ DES CÉRÉALES Origine et évolution, 2011,16 pages.

Constant N. 2008 : Analyse des stratégies de lutte contre l'oïdium des viticulteurs biologiques en LanguedocRoussillon – Synthèse d'enquêtes. 14 p.

Ezzahiri B., 2001 : Les maladies du blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA 77, 4p.

Ezzahiri B., (2001): Les maladies du blé : identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Bulletin de transfert de technologie en agriculture. 77. 4p.

FAO., 2005 : L'irrigation en Afrique en chiffres. Algérie. Enquête AQUASTAT, pp 11.

Feillet P. 2000 : Le grain de blé. Composition, utilisation. Edition INRA, Paris, 308p.

Francis SA, Dewey FM, Gurr SJ. 1996 : The role of cutinase in germling development and infection by *Erysiphe graminis* f. sp. hordei. *Physiol. Mol. Plant Pathol* 47: 201–211

FRITAS Saïd, 2012 : Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie).thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115pages.

Galet P.1999 : Précis de pathologie viticole,P.7_19 Rouzet J,Magnien C,Pueyo C,Jacord S,Jacquin D ,2007.un exemple d'OAD :dix ans de travaux sur l'oïdium de la

vigne. *Phytoma*, N°663, SRPV Languedoc, SRPV Bourgogne, FREDON Bourgogne. p.26-29.

Gao H., Zhu F., Jiang Y., Wu J., Yan W., Zhang Q., Jacobi A., & Cai S., 2012: Genetic analysis and molecular mapping of a new powdery mildew resistant gene Pm46 in common wheat, *Theor. Appl. Genet.*, Vol., 125, 967-973. [7] Michel V., 2001. La sélection de variétés de blé et de triticales résistantes aux maladies, *Rev. Suisse Agric.*, Vol. 33(4), 133-140.

Gate PH., 1995 : ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 429p.

Gate Ph. Et Giban M., 2003 : stades du blé. Edition ITCF, Paris. 68 p.

Green JR, Carver TLW, Gurr SJ. 2002 : The formation and function of infection and feeding structures. In: Belanger RR, Bushnell WR, Dik AJ, Carver TLW (eds) *The Powdery Mildews. A comprehensive Treatise.* American Phytopathological Society, Minnesota USA, 66–82.

Guo D.P., Guo Y.P., Zhao J.P., Liu H., Peng Y., Wang Q.M. Chen J.S. & Rao G.Z., 2005 : Photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard (*Brassica juncea* var. *tsatsai*) after turnip mosaic virus infection. *Plant Science* 168, 57-63.

HAMEL Lyli, 2010 : Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Thèse de Magister en génomique et techniques avancées des végétaux. Université Constantine 1. 83 pages.

Heath MC, Skalamera D. 1997 : Cellular interactions between plants and biotrophic fungal parasites. *Adv Bot Res* 24: 195–225.

ITGC (Sd.) : Les principales variétés de céréales cultivées en Algérie. Documentation interne. Institut technique des grandes cultures, 114p.

Kantety, R.V., Diab, A., Sorrells, M.E., (2005) : Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc In: *Conxita*.

KRUPINSKY J.M., 1999 : Influence of cultural practices on Septoria / Stagonospora diseases. Proceeding of the 5th international Septoria Workshop. Septoria and Stagonospora diseases of cereals: a compilation of global research. 20-24 September. CIMMYT, Mexico. pp: 105-110.

Kunoh H, Nicholson RL, Yoshioka H, Yamaoka N, Kobayashi I. 1990 : Preparation of the infection court by *Erysiphe graminis*: Degradation of the host cuticle. *Physiol. MOI. Physiol. MOI. Plant Patho.* 36 : 397–407.

Leath, S., and Heun, M. 1990. Identification of powdery mildew resistance genes in cultivars of soft red winter wheat. *Plant Dis.*74:747-752.

Liams, B. 2001 : Le marché mondial des pâtes alimentaires, des progrès et des interrogations.

Liu S., Griffey C.A., Hall M.D., Chen J., Liu S., Tucker D., & Brooks W.S., 2012. Registration of “Becker”/”Massey” wheat recombinant inbred line mapping population, *J. of Plant Registr.*, Vol. 6, 358-362.

Manners J. M. & Scott K. J., 1984 : The effect of infection by *Erysiphe graminis* f. sp. hordei on protein synthesis in vivo in leaves of barley. *Plant and cell physiology*, 25(7), 1307-1311.

Manners JM, Gay JL. 1982 : Transpot, translocation and metabolism of ¹⁴C-photosynthates at the host-parasite interface of *Pisum sativum* and *Erysiphe pisi*. *New phytologist* 91: 221–244

Manners JM, Gay JL. 1983 : The host-parasite interface and nutrient transfer in biotrophic parasitism. In: *Biochemical plant pathology*, pp. 163-195, Callow JA, ed. John Wiley, Chichester.

Masale MJ., 1980 : L’élaboration du nombre d’épi chez le blé d’hiver. Influences de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l’utilisation de l’azote et de la lumière. Thèse doctorat. Ing. INA, Paris Grignon, 274 p.

Masson E., (2012): Diagnostic des accidents du blé tendre. ARVALIS-Institut du végétal. 36-40.

Maxwell J.J., Sronic G., Murphy J.P., Cowger C., Parks R., Marshall D., Brown-Guedira J., & Miranda L., 2012: Mincd1: A novel *Agilops tauschii*- derived Powdery mildew resistance gene identified in common wheat, *Crop. Sci.*, Vol. 52, 1162-1170.

Michel V., 2001 : La sélection de variétés de blé et de triticale résistantes aux maladies, *Rev. Suisse Agric.*, Vol. 33(4), 133-140.

Milaire H., (1995): à propos de quelques définitions. *Phytoma, La Défense des Végétaux*. 474: 7-9.

Monneveux P., 1991 : Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydriques des céréales d'hiver. I n : l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. AUPELF-UREF. Ed. John Libbey. Eurotest .pp: 165-186.

Moreau J.M.,2011 : lutte contre les maladies. Livre blanc <<Céréales-Gembloux >> 37 pages.

Moulai, Y. (2017) : Prospection sur la présence du mildiou de la pomme de terre dans la wilaya de bouira,5p.

Mueller D.S. 2014 : Are Fungicides Useful in Soybean Production? Présentation dans le cadre de l'événement Agri-Vision, Saint-Hyacinthe, 3 décembre 2014. URL : http://www.agrivision.org/edition_2014-2015.html.

Nasraoui B., (2006) : Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 4 : Maladies. 363-427. Centre de Publication Universitaire, Tunis.

Nasraoui B., 2008 : Principales Maladies Fongiques des Céréales et des Légumineuses en Tunisie. Centre de Publication Universitaire, Tunisie.

Nicholson RL, Kunoh H. 1995 : Early interaction, adhesion and establishment of the infection court by *Erysiphe graminis*. *Can. J. Bot* 73: 609–615.

Nielsen KA, Nicholson RL, Carver TLW, Kunoh H, Oliver RP. 2000 : First touch: An immediate response to surface recognition in conidia of *Blumeria graminis*. *Physiol. Mol. Plant Pathol* 56: 63–70.

Nowara D., Gay A., Lacomme, C., Shaw J., Ridout C., Douchkov D., Hensel G., Kumlehn J. & Schweizer P., 2010 : HIGS: host-induced gene silencing in the obligate biotrophic fungal pathogen *Blumeria graminis*. *The Plant Cell Online*, 22(9), 3130-3141.

OEPP/EPPO (1994) : Norme OEPP PP 2/1(1) Directive sur la bonne pratique phytosanitaire: principes de bonne pratique phytosanitaire. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 24, 233-240.

ONFAA (2016) : Observation national des filières Agricoles et Agroalimentaires. Le commerce international des céréales 7 : 1-2 onfaa.inraa.dz.

Percival, G.C., and G.A. Fraser. 2002 : The influence of powdery mildew infection on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, leaf chlorophyll and carotenoid content of three woody species. *Arboric. J.* 26(4):333–347

Ramdani, A., and Ibriz, H. 1999: Survey of wheat diseases in Morocco during three consecutive seasons 1997, 98 & 99. Pages 25-31 in: Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires. 10- 12 November 1999. Nabeul, Tunisie.

Reignault P., 2002 : Mécanismes liés aux interactions entre plantes et agents pathogènes : pouvoir pathogène et dégradation de la pectine. Résistance innée et résistance acquise chez les plantes. Thèse d'habilitation, *Univ. Littoral Côte d'Opale, France, volume I*, 163 pages.

Rouzet J, Magnien C, Pueyo C, Jacob S, Jacquin D. 2007 : Un exemple d'OAD: dix ans de travaux sur l'oïdium de la vigne. Phytoma, N°603. SRPV Languedoc, SRPV Bourgogne, FREDON Bourgogne. p. 26–29

Savary S., et Zadoks J. C., 1991 : Chapitre 7. Une analyse des pertes de récolte dans le pathosystème multiple: arachide-rouille-cercosporiose tardive. I-Six expérimentations élémentaires. Approches de la pathologie des cultures tropicales: exemple de l'arachide en Afrique de l'Ouest. Édition karthala-ORSTOM, 157 pages

Sayoud R., Ezzahiri B. et Bouznad Z., 1999 : Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb, Guide Pratique. Projet Maghrébin sur la Surveillance des Maladies et le Développement de Germoplasme Résistant des céréales et des Légumineuses Alimentaires. PNUD RAB/91/007 Maroc-Algérie Tunisie. Trames Ed, Algérie. 64p.

Singh R.P., Boucher A., Singh A., 1991 : High incidence of transmission and occurrence of a viroid in commercial seeds of Coleus in Canada. Plant Disease, 75, 184-187.

Soltner P., 2005 : Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4èmeEd. Collection et Techniques Agricoles. 248p.

Soltner,1980,les grandes production végétale.Troisième éditionp566.

Strange R.N., 2003 : Introduction to Plant Pathology. West Sussex UK, John Wiley and Sons, 50 pages.

Sutton PN, Henry MJ, Hall JI. 1999 : Glucose and not sucrose is transported from wheat to wheat powdery mildew. Planta. 208: 426–430.

Tomás A. & Solís I., 2000: Effects of Powdery mildew (*Blumeria graminis*) severity on durum wheat cultivars, Options Méditerranéennes – CIHEAM, 417-419.

Yamaoka N, Takeuchi Y. 1999 : Morphogenesis of the powdery mildew fungus in water (4).The significance of conidium adhesion to the substratum for normal appressorium development in water. Physiol Mol Plant Pathol 54:145–15

Zeitoun Rawan ,2011 : Procédés de fractionnement de la matière végétale Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse en science des agroressources. L'université de Toulouse.291 pages.

Zilinsiky F.J. 1983. Maladies des céréales à paille : guide d'identification :CIMMYT, Mexico.

Annexes

Annexe 01

Blocs expérimentales utilisés dans terrain

0,00	0	25	33	25
0	0	33	25	0
33	0	25	25	0
25	25	0	33	25
0	33	25	0	0
A				
25	0	0	33	0
0	33	0	25	0
25	0	25	0	25
0	33	0	0	33
0	0	25	33	0
b				
0	0	0	0	25
0	33	0	25	0
25	0	25	0	0
33	0	0	33	25
25	25	33	25	0
c				
0,00	33	25	0	25
25	0	33	0	0
0	0	25	0	25
0	33	0	0	0
25	0	0	33	25
d				

Taux d'infection=nmbr des plante malades/nmbr des plantes total*100

Annexe 02

A. Taux d'infection

Temps (jour)	taux d'infection (%)
1	48.00
2	84.00
3	100.00
4	100.00
5	100.00
6	100.00
7	100.00
8	100.00

B. Sévérité

Temps (jour)	Sévérité (%)
1	13.44
2	26.22
3	44.54
4	52.95
5	62.15
6	70.40
7	77.91
8	82.50

Annexe 03

Préparation de NaOH N1

Ingrédients

- 20g NaOH
- 1 litre d'eau

Ajouter 20 g de NaOH dans un bicher de 1 litre contient 500 ml d'eau distillé

Poser le sur un adjutateur jusqu'a la solubilité de NaOH

Ajouter les 500 ml qui restent

Annexe 04

Matériel utilisé :

1- La spectrophotométrie

2- La centrifugeuse

3-les cuves

4-les tubes à essai

5-papier aluminium

6-micropipette

7-des flacons

8- réfrigérateur à 4 c°

9-mortier

10-verre de montre

11-agitateur

12-balance

13-plaque chauffant

14-balance de précision

15-éprouvette gradué

Résumé

L'oïdium est une maladie foliaire majeure qui se signale sur plusieurs céréales dont le blé dur. Il cause des pertes de rendement qui peuvent être élevées et atteignent jusqu'à 30% ; les pertes sont plus importantes en cas d'attaque des épis.

Notre étude a été réalisée pour l'objectif de suivre de l'évolution et l'évaluation de l'impact de l'oïdium sur le blé dur ; en réalisant des observations régulières de la symptomatologie sur terrain dans la région de Ain Bessem pour obtenir des pourcentages sur l'état de la présence de la maladie (taux et la sévérité de la maladie).

Nous nous sommes intéressés également de l'effet de cette maladie sur le métabolisme de la plante en analysant la physiologie de la plante (taux de chlorophylle) et le taux de protéines totale comme indicateur biochimique.

Nos résultats ont montré la présence de l'oïdium dans la région de Ain Bessem avec un taux de 100% (la présence d'au moins un degré de la symptomatologie). L'évolution de la maladie a révélé un pourcentage de 79%.

En comparaison avec les plantes non infectées considérées comme témoins, les plantes infectées de blé dur ont montré une réduction significative de la teneur en chlorophylles et le protéines totales. Aussi l'application d'intrants chimique a fourni un taux de protection mais a réduit la teneur de chlorophylles et protéines.

Nos résultats montrent que la présence du champignon a un effet négatif sur le bon déroulement de l'ensemble des processus du métabolisme des plantes.

Mots clés : L'oïdium, Blé dur, Chlorophylle totale, Protéines totales.

summary

Wheat powdery mildew is a major leaf disease that occurs in several cereals including durum wheat. Its yield losses can be high and reach up to 30%; the losses are greater in case of attack of the ears. Our study was carried out for the purpose of monitoring the evolution and impact of durum wheat powdery mildew by regular observations of the field symptomatology to obtain percentages on the rate and the severity of this disease. We also investigated the effect of this disease on the metabolism of the plant by analyzing the chlorophyll and protein levels in the Ain Bessem region.

In comparison with the non-infected plant considered as controls, the durum-infected plant showed a significant reduction in chlorophyll content and total protein also a decrease in the content of chlorophylls and total proteins under the effect of pesticides.

Our results show that the presence of the fungus has a negative effect on the smooth running of all processes of plant metabolism.

Key words: durum wheat, powdery mildew, chlorophyll, total protein

المخلص

البياض الدقيقي للقمح هو أحد الأمراض الورقية الرئيسية التي يمكن العثور عليها في العديد من الحبوب بما في ذلك القمح الصلب. يمكن أن تكون خسائر إنتاجها عالية وتصل إلى 30% ؛ تكون الخسائر أكبر في حالة الهجوم على السنابل.

أجريت دراستنا لغرض مراقبة تطور وتأثير البياض الدقيقي للقمح الصلب من خلال المراقبة المنتظمة للأعراض داخل الحقل للحصول على نسب مئوية من معدل وشدة هذا المرض.

قمنا أيضا بدراسة تأثير هذا المرض على عملية الأيض عند النبات عن طريق تحليل مستويات اليخضور والبروتين في منطقة عين بسام .

وبالمقارنة مع النبات غير المصاب الذي يعتبر بمثابة ضوابط ، أظهر النبات المصاب بالبياض الدقيقي انخفاضا كبيرا في محتوى اليخضور والبروتين الكلي أيضا انخفاضا في محتوى اليخضور والبروتينات الكلية تحت تأثير المبيدات.

تظهر نتائجنا أن وجود الفطريات له تأثير سلبي على التشغيل السلس لجميع عمليات استقلاب النباتات.

الكلمات الدالة: البياض الدقيقي ، القمح الصلب ، اليخضور الكلي ، البروتين الكلي