

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MENISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

**IMPACT DE L'IRRIGATION ET DES FONGICIDES SUR LE
DEVELOPPEMENT DES MALADIES FONGIQUES DU BLE DUR.**

Projet en vue d'obtention

Du diplôme master académique en sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Biologie des interactions plantes-microorganismes

Préparé par : HAMDANI Ali

Devant le jury composé de :

Mme BELKAHLA. H.	Professeur	U.S.D.B	Présidente du jury
Mr BENCHABANE. M.	Professeur	U.S.D.B	Promoteur
Mme AMMAD. F.	M.A.A	U.S.D.B	Examinatrice
Melle BENSAID .F.	M.A.A	U.S.D.B	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon dieu de m'avoir donné la santé, la patience et les moyens, à fin que je puisse accomplir ce modeste travail.

*Je suis redevable pour l'élaboration de ce mémoire à mon promoteur **Mr BENCHABANE. M**, sans lui ce travail n'aurait pu aboutir. Pour son aide, sa dynamique, ces conseils précieux et sa disponibilité. Sincères remerciements.*

*Mes sincères remerciements et gratitudes s'adressent à **Mme BELKAHLA. H**, d'avoir fait l'honneur de présider le jury de mémoire.*

*Je tiens à remercier l'examinatrices **Mme AMMAD. F** et **Melle BENSAID. F**, qui ont aimablement acceptés de faire partie de mon jury de mémoire. Sincères remerciements.*

*Je tiens à remercier très spécialement **Mr CHADOULLA** directeur de la station de L'ITGC de Khemis Miliana et **Mr KELLAS.N** ingénieur L'ITGC de Khemis Miliana.*

*Mes sincères remerciements iront également à **Mlle FADIL. D** ingénieur du laboratoire de mycologie pour son aide, sa disponibilité et sa patience.*

J'exprime également mes remerciements à tous les enseignants de département d'agronomie, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de persévérance et de soutien. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers frères et sœurs pour leur soutien précieux

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousins et cousines.

A mes frères et sœurs de la promotion de BIPM (2012).

A mes meilleurs amis: Adel, Amine, Islem, Nacer, Mustapha, Zaki, Amina et Rogaya.....

Je dédie ce travail.

Ali.

Impact de l'irrigation et des fongicides sur le développement des maladies fongiques du blé dur.

Résumé

Notre travail s'est fixé comme objectif l'étude de l'impact de l'irrigation et de la couverture phytosanitaire sur les maladies fongiques du blé dur dans la région du haut Chélif. L'étude a été réalisée suivant un dispositif expérimental en criss cross au niveau de la station expérimentale et de production de semence de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Khemis-Miliana.

Le suivi sur terrain portant sur trois variétés (BOUSSELAM, SIMETO et GTA DUR) à révélé la présence de la tâche auréolée causée par *Pyrenophora tritici-repentis* avec une fréquence très élevée, D'autres maladies fongiques ont été recensées, mais avec de faibles fréquences : l'oïdium causée par *Erysiphe graminis f.sp tritici*, la rouille brune causée par *Puccinia recondita f.sp tritici* et la rouille jaune causée par *Puccinia striiformis*. Après diagnostic symptomatologique de ces maladies, leur confirmation à été réalisée après isolement des espèces fongiques (précitées) au niveau du laboratoire, portant sur des caractérisations macroscopiques et microscopiques.

Les résultats de l'essai ont permis de montrer que l'irrigation est un élément favorisant l'installation et le développement des agents fongiques. L'efficacité de traitements fongiques préventifs appliqués « FALCON », à été démontrée par la forte régression constatée des maladies fongiques.

La combinaison des deux facteurs (irrigation et traitement fongique) à provoqué un gain en rendement de trois fois plus par rapport aux témoins cultivés en sec et non traités.

Mots clé : blé dur, irrigation, maladies fongiques, traitement fongique, tâche auréolée, oïdium, rouille brune, rouille jaune, rendement.

تأثير الري و المبيدات الفطرية في تطور الأمراض الفطرية على القمح الصلب.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير الري و التغطية الصحية على الأمراض الفطرية للقمح الصلب في منطقة الشلف. تم إجراء الدراسة وفقا للنظام التجريبي criss cross على مستوى المحطة التجريبية لإنتاج البذور لمعهد المحاصيل الكبرى (ITGC) بخميس مليانة.

الدراسة الميدانية لثلاثة أصناف Bousselam ، Simeto و GTA DUR كشفت عن وجود التبغ الهلمنتسبوري الذي تسببه *Pyrenophora tritici-repentis* مع تردد عال جدا ، كما تم تحديد أمراض فطرية أخرى ، ولكن مع ترددات منخفضة : البياض الدقيقي الذي تسببه *Erysiphe graminis f.sp tritici* ، الصدأ البني الذي تسببه *recondita f.sp tritici* و الصدأ الأصفر الذي تسببه *Puccinia striiformis*. بعد تشخيص أعراض هذه الأمراض، جرى التأكيد بعد عزل المسببات الفطرية (المذكورة أعلاه) في المخبر. يركز هذا العمل على الأوصاف العينية و المجهرية.

نتائج الدراسة أظهرت أن الري هو عنصر مساهم و مؤثر في انتشار الأمراض الفطرية. كما ثبت فعالية المعالجات الفطرية الوقائية " FALCON " بتراجع حاد للأمراض الفطرية.

أدى الجمع بين العاملين (الري و المعالجات الفطرية) في رفع المردود ثلاث مرات أكثر مقارنة بالشواهد التي زرعت في الأراضي الجافة و بدون معالجة كيميائية.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب ، الري ، الأمراض الفطرية ، المعالجات الفطرية ، البياض الدقيقي ، الصدأ البني ، الصدأ الأصفر، المردود.

Impact of irrigation and fungicides on the development of fungal diseases of durum wheat

Abstract

Our work 's objective is the study of the impact of irrigation and fungal treatment on fungal diseases of durum wheat in Chélif.

The study was performed according to an experimental device criss cross at the experimental station and seed production of the Institut of Technical crops (ITGC) - Khemis Miliana.

Monitoring on ground on three varieties (Bousselam , Simeto and GTA DUR) has revealed the presence of a halo caused by *Pyrenophora tritici-repentis* repented with a very high frequency , other fungal diseases have been identified , but with low frequencies , powdery mildew caused by *Erysiphes graminis f.sp tritici*, brown rust caused by *Puccinia recondita f.sp tritici* and yellow rust caused by *Puccinia striiformis* . After symptomatic diagnosis of these four diseases, their confirmation was carried out after isolation of fungal species at the laboratory. This work focuses on macroscopic and microscopic characterization.

The test results have shown that the irrigation is an element promoting the establishment and development of fungal agents. The effectiveness of preventive fungicide treatments applied " FALCON " has been demonstrated by the sharp decline observed fungal diseases.

The combination of the two factors (irrigation and fungal treatment) resulted in a yield three times more compared to controls grown in dry and untreated.

Keywords: durum wheat, irrigation, fungal diseases, fungal treatment, task halo, powdery mildew, brown rust, yellow rust, yield.

SOMMAIRE

Introduction	1
Partie I : Synthèse bibliographique	
I. La plant hôte	3
II. Importance du blé	4
II.1. Dans le monde.....	4
II.2. En Afrique du Nord.....	5
II.3. En Algérie	6
III. Les principales maladies fongiques du blé dur	9
III.1. Maladies du pied et des racines.....	11
III.2. Maladies foliaires.....	12
III.3. Maladies des épis.....	14
IV.les facteurs contribuant au développement des agents fongiques	18
V. Lutte contre les maladies cryptogamiques du blé	21
V.1. Lutte chimique contre les maladies foliaires.....	21
V.2. les différents groupes des fongicides.....	21
V.3. Mode d'action des fongicides.....	23
VI. Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur	23
Partie II : Matériels et Méthodes	
I. Matériel végétal	25
II. Fongicide utilisé.....	26
III. Site d'expérimentation.....	27
III.1. Situation géographique.....	28
III.2. Caractéristique de la région.....	28
III.3. Caractéristique physico-chimiques du sol.....	29
III.4. Conditions climatiques de la campagne 2012/2013.....	30
IV. Mis en place de l'essai	31
IV.1. Dispositif expérimental.....	31
IV.2. Itinéraire technique.....	33
V. Suivi de l'essai	36
V.1. Détermination des différents stades phénologiques de la culture.....	36
V.2. Notation des maladies.....	37
VI. Diagnostic au laboratoire	38

VI.1. Isolement.....	38
VI.2. Purification.....	39
VI.3. Identification.....	39
VII. Rendement réel en grain	40

Partie III : Résultats et Discussions

I. Diagnostic symptomatologique.....	41
I.1. Descriptif symptomatologique.....	41
I.2. Fréquences des maladies.....	46
II. Caractérisation et identification des isolats fongiques.....	49
II. 1. <i>Pyrenophora Tritici-repentis</i>	49
II.2. <i>Erysiphes graminis f.sp tritici</i>	50
II.3. <i>Puccinia striiformis</i>	51
II.4. <i>Puccinia recondita f.sp tritic i</i>	51
III. Rendement	52
Discussions générale.....	53
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	58
Annexes.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Production de blé : Principaux producteurs (en million de tonnes)	5
Tableau 2 : Production céréalière de l'Afrique du Nord (en million de tonnes)	5
Tableau 3 : Caractéristiques des variétés.	25
Tableau 4 : Données techniques du fongicide Falcon.	26
Tableau 5 : Analyses physico-chimiques du sol	30
Tableau 6 : Les moyennes mensuelles des précipitations 2012/2013	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Répartition des superficies réservées aux grandes cultures (moyenne 2000/2009).....	6
Figure 2	: Evolution de la production céréalière comparée à la superficie emblavée sur une décennie.....	7
Figure 3	: Evolution de la production des céréales par espèce (2000-2008).....	7
Figure 4	: Evolution de la production céréalière comparée à la superficie au niveau de la wilaya d'AIN DEFLA.....	8
Figure 5	: périodes de développement des principales maladies fongiques par rapport aux stades phénologiques du blé.....	10
Figure 6	: Cycle de développement de la rouille brune.....	14
Figure 7	: Cycle de développement de la septoriose.....	15
Figure 8	: Cycle de développement de l'oïdium	16
Figure 9	: Cycle de développement de L'helminthosporiose.....	18
Figure 10	: Localisation géographique du site expérimental.....	27
Figure 11	: Représentation graphique des précipitations (1949-2009).....	28
Figure 12	: Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations (1949-2009).....	29
Figure 13	: Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2012/2013 de Khemis-Miliana.....	30
Figure 14	: Schéma du dispositif expérimental adopté.....	32
Figure 15	: L'essai à la levée.....	33
Figure 16	: Traitement phytosanitaire.....	34
Figure 17	: Evolution du réservoir du sol en eau dans le régime hydrique 100%RU.	35
Figure 18	: Stades Phénologiques des céréales. (Échelle de Feeks).....	36
Figure 19	: Méthode d'échantillonnage.....	37
Figure 20	: Développement de l'oïdium sur plant de blé dur.....	42
Figure 21	: colonies superficielles duveteuses sur feuille.....	42
Figure 22	: Développement de la tâche auréolée sur plant de blé dur.....	43
Figure 23	: Nécrose de la tâche auréolée sur feuille de blé dur.....	43
Figure 24	: Pustule de la rouille brune se développant sur la face supérieure de la feuille du blé dur.....	44

Figure 25 : Déchirure des pustules de la rouille brune et libération des urédospores.(G ×10).....	44
Figure 26 : Pustule de la rouille jaune se développant sur la face supérieure de la feuille du blé dur.....	45
Figure 27 : Déchirure des pustules de la rouille jaune et libération des urédospores.(G ×10).....	45
Figure 28 : Fréquence cumulée des maladies des trois variétés.....	46
Figure 29 : Fréquence des maladies de la variété Bousselam.....	47
Figure 30 : Fréquence des maladies de la variété GTA Dur.....	48
Figure 31 : Fréquence des maladies de la variété Simeto.....	49
Figure 32 : Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	50
Figure 33 : Aspects microscopique (10X40) d'Erysiphes <i>graminis</i>	50
Figure 34 : Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de <i>P. striiformis</i>	51
Figure 35 : Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de <i>P.recondita</i>	51
Figure 36 : Rendement réel des trois variétés.....	52

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (FAO, 2013). Parmi ces céréales, le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen où l'agriculture est souvent pratiquée dans des conditions des hautes températures couplée à la baisse des précipitations particulièrement dans la rive sud (Abeledo *et al.*, 2008).

En Algérie, le blé occupe une place très privilégiée dans l'alimentation malheureusement son rendement en grains est le plus faible du bassin méditerranéen, selon les statistiques du ministère de l'Agriculture (2009), ce rendement est en moyenne de l'ordre de 9 qx / ha. La conduite de cette culture est sans irrigation, ce qui limite la production en raison des périodes de sécheresses et de la pluviométrie irrégulière. La céréaliculture est donc tributaire du climat.

Bouzerzour *et al.*, (2000) expliquent cette faible production par les grandes variations intra et inter-annuelles de la pluviométrie et des températures, qui affectent sérieusement les rendements. D'autres études récentes révèlent que même les basses températures hivernales et printanières handicapent cette spéculation (Annichiarico *et al.*, 2005). Par ailleurs, dans beaucoup de régions du monde, le déficit en eau reste le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur.

Dans la région semi-aride, tel le cas de plusieurs régions en Algérie, le recours à l'irrigation devient une pratique souhaitable. Alors dans les régions arides l'irrigation est obligatoire. En absence d'irrigation, la culture des céréales dans les zones semi-arides fournit un rendement médiocre (Kribaa *et al.*, 2001). L'irrigation d'appoint est efficace quant à l'amélioration et à la stabilisation des rendements, dans les zones arides et semi arides où l'eau est un facteur limitant (Daroui *et al.*, 2011).

L'humidité, qu'elle soit sous forme de précipitations, de rosée ou d'humidité relative, représente un facteur essentiel au développement de la plupart des infections fongiques. L'augmentation des précipitations favoriserait la dispersion des spores de certaines espèces, entraînant une forte dissémination des agents pathogènes (Fuhrer, 2003).

La sensibilité des céréales vis à vis des maladies fongiques est un autre facteur limitant du rendement d'une part et de la qualité de produit d'autre part, ce qui

nécessite une connaissance des maladies ainsi que les conditions favorable à leur développement afin de bien programmer les traitements phytosanitaires pour assurer plus de productivité et moins de charges.

Avant 2004, année d'épidémie de la rouille brune notamment à l'est de pays, les fongicides en Algérie étaient pratiquement pas employés dans la filière des céréales. Ce n'est que depuis 2004 que les céréaliculteurs algériens commencent à utiliser plus ou moins les fongicides dans la protection de leur cultures.

Plusieurs fongicides, avec leurs protocoles d'utilisation, sont proposés sur le marché, leur efficacité est variable selon les doses, la fréquence des traitements et les stades d'intervention (Jorgensen *et al.*,1999).

L'objectif de la présente étude est d'apporter une contribution à l'évaluation de l'impact de l'irrigation sur le développement des maladies fongique ainsi que l'effet de la couverture phytosanitaire en interaction avec les conditions de la région de haute Chélif.

Trois variétés du blé dur (BOUSSELAM, SIMETO et GTA DUR) ont été mises en essai et conduites sous deux régimes d'eau (en sec et en irrigué) en combinaison avec un traitement fongicide « FALCON » à titre préventif.

PARTIE I :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Partie I : Synthèse bibliographique

I. Plante hôte

I.1. Origine et historique

Selon Bonjean et Picard (1990), les graminées à paille, espèces dont font partie les blés, sont apparues au crétacé (période s'étendant de 65 à 136 millions d'années avant J.C) dans le croissant fertile. s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault et *al.*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule Italienne et de la Sicile (Bonjean et Picard,1990)

Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques des caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (Monneveux, 1991).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces : Le blé (*Triticum*), le riz (*Oriza L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) , il constituent la base alimentaire des populations du globe et semblent avoir une origine commune (Yves et De Buyser, 2000).

Selon Mackey (1968), l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops speltaoides*. Le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède $2n=4x=28$ chromosomes. D'après Feillet (2000), le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) \times *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp.dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum ssp.dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé).

I.2. Classification

La classification proposée par Dahlgreen et Clifford (*in* Bonjean et Picard) (1990) est comme suit:

Embranchement	: Spermaphytes
Ordre	: Glumiflores
Classe	: Angiospermes monocotylédones
Famille	: Gramineae
Sous famille	: Festucoidées
Genre	: <i>Triticum</i>
Espèce	: <i>Triticum durum</i>

II. Importance du blé

II.1. Dans le monde

Depuis toujours, les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. De plus la majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grain, dont 96% sont produit par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticales...etc. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum*) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation humaine, d'où son importance économique.

Les prévisions préliminaires de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) concernant la production de blé de 2013 s'établissent à 690 millions de tonnes, ce qui représente une augmentation de 4,3% par rapport à la récolte de 2012 et le deuxième volume en importance jamais enregistré après celui de 2011. Cette hausse est enregistrée principalement en Europe, en raison des expansions des superficies, ainsi que le redressement des rendements par rapport aux niveaux inférieurs à la moyenne enregistré en certains endroits l'an dernier, en particulier en Fédération de Russie.

Selon les données statistiques de la FAO, La majeure partie de la production se concentre dans l'hémisphère Nord qui assure l'essentiel de la production mondiale. Les principaux pays producteurs sont l'Union Européen, la Chine, l'Inde, les États-Unis et la Fédération de Russie. Ces pays comptent plus des deux tiers de la production totale du blé (Tableau 01) (FAO, 2013).

Tableau 1 : Production de blé : Principaux producteurs (en million de tonnes)
(FAO, 2013).

	Moyenne 2010-12	2011	2012 estim.	2013 prévis.	Variation de 2012 à 2013 (%)
UE	135.2	137.6	132.0	138.0	4.5
Chine continentale	117.7	117.4	120.6	121.4	0.7
Inde	87.5	86.9	94.9	92.3	-2.7
États-Unis	58.8	54.4	61.8	58.0	-6.1
Fédération de Russie	45.2	56.2	38.0	53.0	39.5
Australie	26.5	29.9	22.1	23.0	4.1
Canada	25.3	25.3	27.2	28.0	2.9
Pakistan	23.9	24.3	24.0	24.7	2.9
Turquie	20.5	21.8	20.1	20.5	2.0
Ukraine	18.3	22.3	15.8	19.5	23.4
Kazakhstan	14.3	22.7	10.3	15.2	47.6
Rép. islamique d'Iran	14.1	13.5	13.8	13.5	-2.2
Argentine	13.4	14.1	10.1	12.5	23.8
Égypte	8.1	8.4	8.7	8.5	-2.3
Ouzbékistan	6.6	6.3	6.7	6.5	-3.0
Total mondial	672.5	700.2	661.8	690.0	4.3

¹ Les pays sont classés selon leur production moyenne de 2010-12.

II.2. En Afrique du Nord

La production totale de blé (principale culture) en 2012 en Afrique du Nord est estimée à 17,9 millions de tonnes, soit 5% de moins que la récolte de 2011. La récolte de blé de 2012 a été variable dans la région; le Maroc et l'Égypte suivi par l'Algérie enregistrant des résultats supérieurs à la moyenne, tandis qu'au Maroc la récolte de blé n'a atteint que 65% du niveau quasi record enregistré en 2011, en raison du mauvais temps (Tableau 02) (FAO, 2013).

Les pays d'Afrique du Nord sont fortement tributaires des achats de blé sur le marché international pour couvrir leurs besoins de consommation. Toutefois, la sous région importera environ 22,9 millions de tonnes de blé en 2012/13, volume proche de la moyenne des cinq dernières années. (FAO, 2013).

Tableau 2 : Production céréalière de l'Afrique du Nord (en million de tonnes)
(FAO, 2013).

	Blé			Céréales secondaires		
	2010	2011	2012 estim.	2010	2011	2012 estim.
Afrique du Nord	16.1	18.8	17.9	12.9	12.6	11.9
Algérie	3.1	2.8	3.4	1.6	1.5	1.8
Égypte	7.2	8.4	8.7	8.0	7.8	7.8
Maroc	4.9	6.0	3.9	2.8	2.6	1.4
Tunisie	0.8	1.6	1.8	0.3	0.7	0.8

II.2. En Algérie

La production des céréales, occupe environ 37% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. La superficie consacré à la céréaliculture est la plus élevée par rapport aux autres types de cultures, mais reste toujours inférieure à celle de la jachère, ce qui nécessite la résorption de la jachère en introduisant les légumes secs (Figure 01).

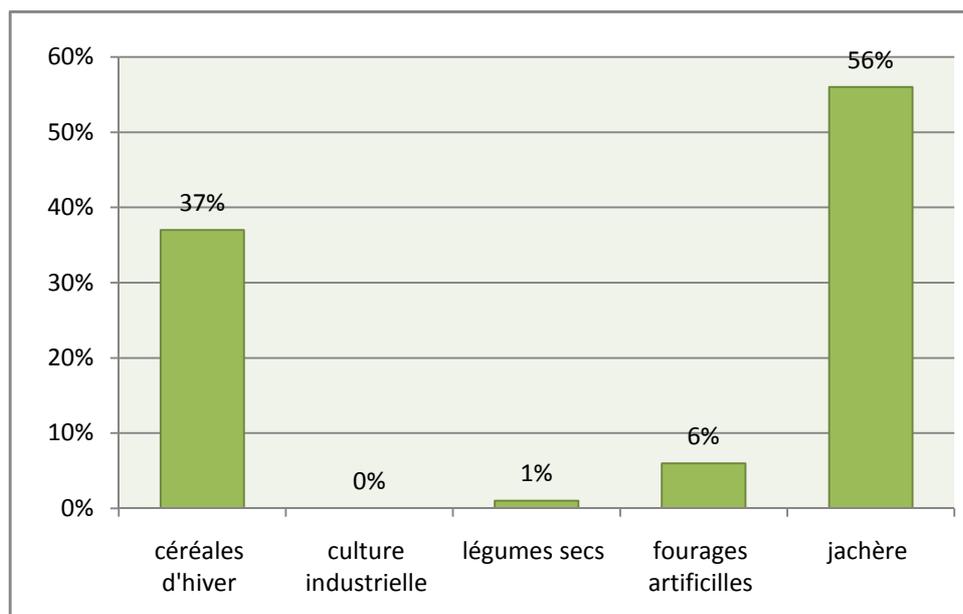


Figure 01 : Répartition des superficies réservées aux grandes cultures (moyenne 2000/2009)(ITGC, 2009).

La production céréalière en Algérie est très fluctuante par rapport à une stabilité des superficies emblavées ; en effet, un pic de production à été marqué durant la campagne agricole 2008/2009 avec plus de 61 millions de quintaux, qui suit la campagne la plus faible de point de vue production céréalière (2007/2008) avec 15 millions de quintaux. Cette variation est du aux plusieurs facteurs telle que : la dépendance à la pluviométrie. La consommation annuelle de la population se situe autour de 70 million de quintaux de céréales et principalement pour les blés, la production nationale assure la couverture des besoins de consommation à hauteur de 50% (Figure 02) (Anonyme, 2009).

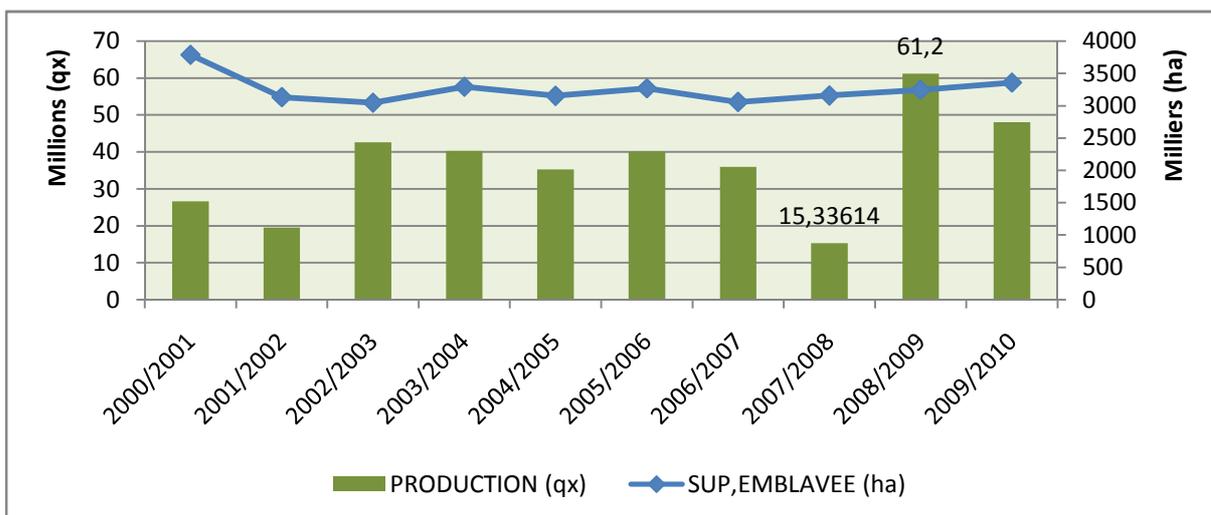


Figure 02 : Evolution de la production céréalière comparée à la superficie emblavée sur une décennie (DSA-MADR, 2010).

II.3.1. Place du blé dur en Algérie

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture la culture du blé dur occupe la première place en point de vue production suivi par le blé tendre et l'orge. La production du blé dur reste insuffisante vue aux quantités importées. Cette pénurie est due aux plusieurs facteurs, en effet, la conduite de la culture sous régime pluvial et l'augmentation des besoins de la population à cause du développement démographique.

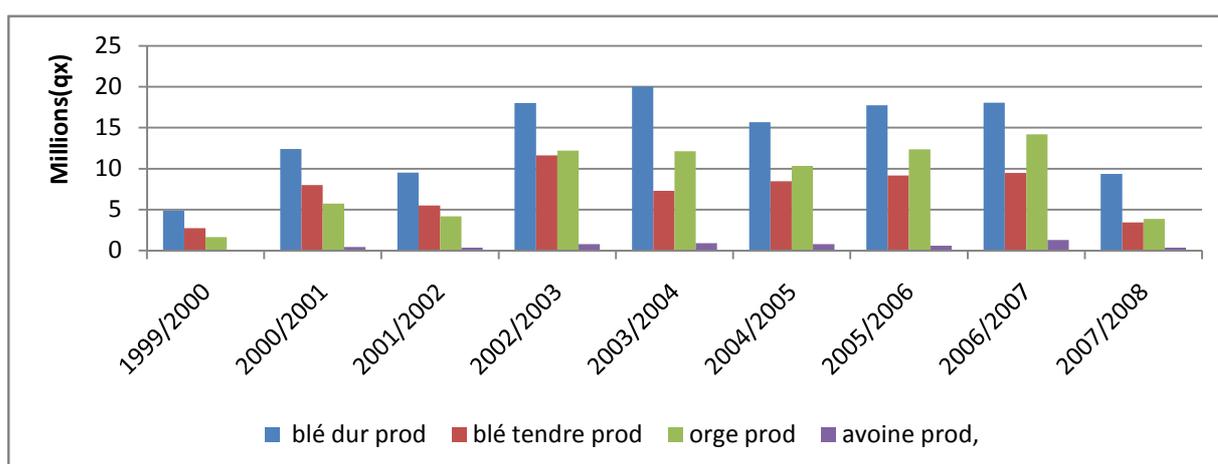


Figure 03: Evolution de la production des céréales par espèce (2000-2008) (MADR, 2009).

II.3.2. Céréaliculture dans la wilaya de Ain Defla

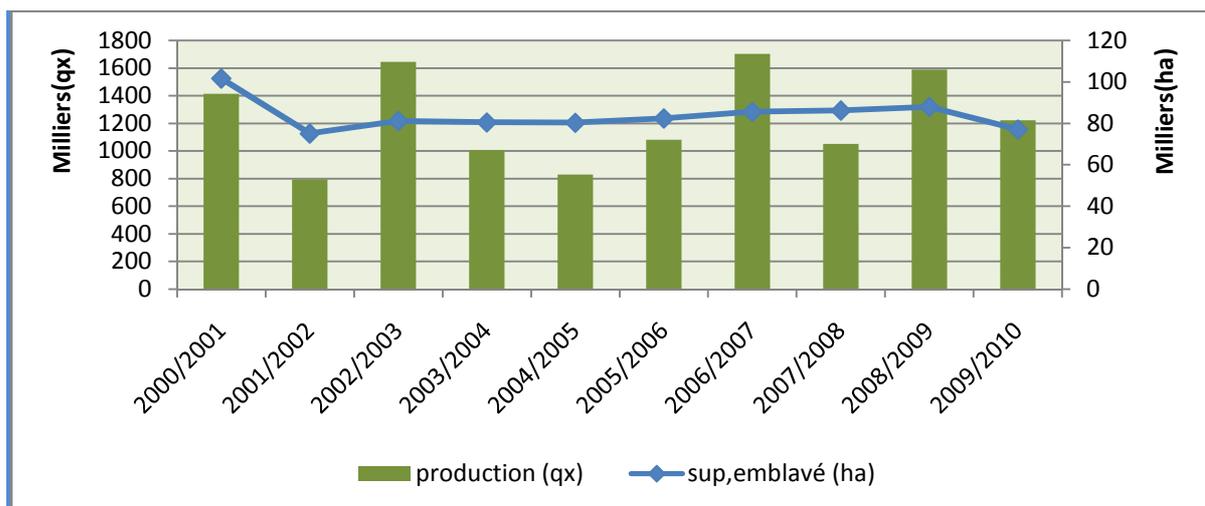


Figure 04 : Evolution de la production céréalière comparée à la superficie au niveau de la wilaya d'AIN DEFLA (DSA-AIN DEFLA, 2010).

La production céréalière dans la wilaya d'AIN DEFLA diffère d'une année à une autre, malgré qu'il y eu une stabilité de la superficie consacrée pour les céréales annuellement. Cette instabilité de la production est liée étroitement à la pluviométrie et aux techniques culturales limitées. La campagne agricole 2006/2007 a enregistré la production la plus élevée sur une décennie, par contre une mauvaise production a été enregistré durant la campagne 2001/2002.

II.3.3. Les principales zones céréalières en Algérie

Les céréales sont cultivées dans différentes zones de potentialités et occupent avec la jachère près de 7 millions d'hectares. Ces zones ont été classées en cinq grands groupes (Chadouli, 2012):

➤ Zone des plaines littorales et sub-littorales

Elle regroupe les terres de plaines situées dans la Mitidja, Bejaia, Constantine, Annaba et Guelma. La pluviométrie annuelle est supérieure à 600 mm. Les céréales occupent une superficie comprise entre 70 000 et 100 000 ha. Dans cette zone, les céréales représentent environ 2% de la moyenne annuelle des emblavements.

➤ Zone des hautes plaines telliennes

Ce sont des zones comprises entre l'altitude 700 et 90 mètres. Elles regroupent les plaines recevant une pluviométrie comprise entre 450 et 600 mm Cette zone concerne les régions de Sétif, Ain Beida, Tissemsilt, Tiaret, Saida, Sidi Bel-Abbes.

Les superficies varient en fonction des années (entre 400 000 et 850 000 ha. La part de cette zone dans les emblavements moyens annuels est de 23%.

➤ **Zone des basses plaines telliennes**

Elle regroupe les régions de Ain-Temouchent, Tlemcen, Mostaganem, Relizane et Chlef. La pluviométrie est comprise entre 350 et 450 mm. La superficie moyenne emblavée est comprise entre 900 000 et 1.200 000 ha.

➤ **Zone agro-pastorale**

Cette zone correspond aux étendues agro-pastorales. Elle regroupe les régions arides de Sebdou, M'sila, Djelfa, Naama, Batna et Tébessa. La pluviométrie est comprise entre 200 et 250mm. La superficie emblavée est de l'ordre de 480 000 ha.

➤ **Zone des massifs montagneux**

Ce sont des régions montagneuses avec un relief accidenté de pente supérieur à 12%. Les sols sont très érodés et les pertes d'eau sont considérables. Les céréales occupent 200 000 à 300 000 ha.

III. Les principales maladies fongiques du blé dur

Le blé dur peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement (Figure 05). Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies, parmi les principaux agents fongiques du blé dur nous citons :

➤ Classe des Basidiomycètes

Genre : *Puccinia* ; rouilles

Genre : *Ustilago* ; charbon

Genre : *Tilletia* ; carie

➤ Classe des Ascomycètes

Genre : *Erysiphe* ; oidium

Genre : *Helminthosporium* ; helminthosporioses

Genre : *Septoria*; septorioses

Genre : *Fusarium*; pourritures racinaires.

Les maladies affectant le blé dur peuvent être regroupées selon les symptômes qu'elles induisent et les parties affectées de la plante. Dans le présent document, les maladies des céréales sont présentées ainsi:

- Maladies causant des symptômes sur pied et racines (**maladies du pied et des racines**)
- Maladies causant des symptômes sur les feuilles (**maladies foliaires**)
- Maladies causant des symptômes sur les épis et les grains (**maladies des épis**)

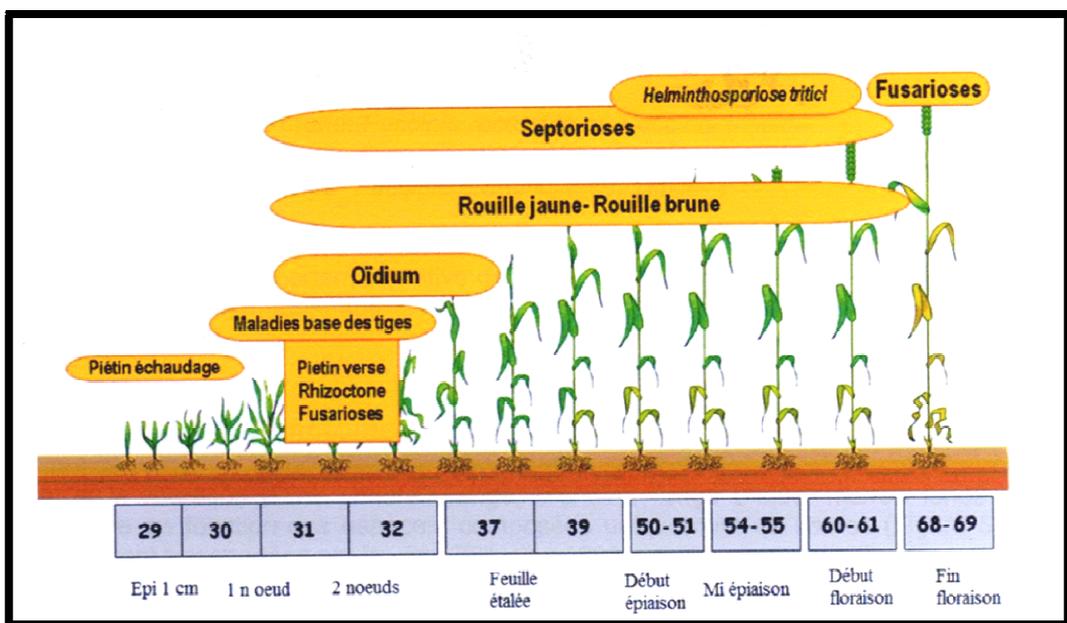


Figure 05 : Périodes de développement des principales maladies fongiques par rapport aux stades phénologiques du blé (BASF, 2007).

III.1. Maladies du pied et des racines

Au regard des maladies parasitaires, les infections fongiques des racines et de la base de la tige peuvent avoir un impact sur l'aspect général de la plante. Parmi ces maladies fongiques nous retrouvons :

III.1.1. Piétin-échaudage (épi blanc)

Gaeumannomyces graminis (Ex: *Ophiobolus graminis*)

Le piétin-échaudage est une affection des racines et de la base des tiges de céréales et des graminées. La maladie est ordinairement plus grave sur les cultures hivernales, mais les cultures semées au printemps peuvent aussi subir des dégâts importants. Bien que la contamination puisse se produire depuis le stade plantule, la maladie n'est remarquée le plus souvent qu'après l'épiaison (Prescott et *al.*,1986).

La maladie se manifeste par des pourritures sèches brun foncé à noire des racines et de la base des tiges. Les plantes atteintes portent des épis blancs et mûrissent prématurément. Les épis sont stériles ou comportent des grains ridés, alors que le reste de la culture est encore vert.

Un feutrage mycélien noirâtre recouvre la tige sous la gaine la plus proche du sol. Les tiges sont affaiblies par cette pourriture, ce qui entraîne la verse, et fait que les plantes malades se brisent facilement près du collet lorsqu'on tente de les arracher (Zillinsky, 1983).

III.1.2. Piétin-verse

Pseudocercospora herpotrichoides

Le piétin-verse est généralement considéré comme étant une maladie du blé d'été, mais dans certaines régions, les blés semés au printemps subissent parfois des dégâts importants (Prescott et *al.*,1986).

Cette maladie ordinairement provoque la verse et la sénescence prématurée. Des taches elliptiques, ocellées apparaissent sur les tiges près de la surface du sol. Les taches sont gris pâle au centre et brun plus foncé à la périphérie. Le temps humide et frais favorise son développement et les symptômes deviennent plus distincts avec le vieillissement de la plante. A la fin, les taches entourent complètement la base du chaume. Le centre des taches s'assombrit avec l'âge. Dans les cas graves, la verse se produit en tous sens (Zillinsky, 1983).

III.1.3. Pourritures racinaires

Helminthosporium sativum, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*

Les pourritures racinaires se manifestent aussi bien sur blé dur, blé tendre que sur l'orge. Des pertes localisées peuvent être occasionnées par la diminution du tallage, par la réduction de la taille des épis et par la perte des plantes. Cette maladie apparaît plus particulièrement dans les zones semi-arides et durant les années à faible pluviométrie (Prescott et *al.*,1986).

Les plantes atteintes montrent des épis blancs non remplis. Pour s'assurer de la nature exacte de la maladie, on doit arracher quelques plantes atteintes et observer le système racinaire. Des taches brunes sont observées sur le collet, le sous-collet et les racines (Prescott et *al.*,1986).

L'association des champignons responsables des pourritures avec les racines du blé est inévitable. Ce sont des champignons qui sont constamment présents dans le sol. Ils infectent les racines du blé quand les conditions leur sont favorables (Lacroix, 2008).

III.2. Maladies foliaires

III.2.1. Les rouilles

Trois espèces de rouille s'attaquent au blé: la rouille brune, la rouille noire et la rouille jaune. Les trois espèces de rouille s'attaquent aussi bien au blé tendre qu'au blé dur (Wilcoxson et Saari, 1996). Les agents pathogènes responsables des rouilles du blé sont:

- *Puccinia recondita f. sp. tritici*, agent de la rouille brune,
- *Puccinia graminis f. sp. tritici*, agent de la rouille noire,
- *Puccinia striiformis*, agent de la rouille jaune.

L'identification des rouilles est facile du fait qu'elles forment des pustules caractéristiques. Les pustules correspondent à une déchirure de l'épiderme et l'apparition d'une poudre (orange, brunâtre, rouge brique, marron foncé ou jaunâtre en fonction des espèces) composée uniquement de spores facilement transportées par le vent (Ezzahiri, 2001).

Selon Wilcoxson et Saari (1996), les symptômes spécifiques à chaque espèce de rouille sont les suivants:

- A. **Rouille brune:** pustules de petite taille, circulaires ou ovales, oranges ou brunâtres disposées sur toute la feuille, elles apparaissent de préférence sur la face supérieure.
- B. **Rouille noire:** Pustules plus longues que celles de la rouille brune et de couleur rouge-brique à marron foncé. Elle se développe sur les feuilles, sur les tiges et sur les épis.
- C. **Rouille jaune:** Pustules jaunâtres, alignées le long des nervures des feuilles, sous forme de stries. Les pustules se développent aussi sur la face inférieure des feuilles et sur les épis.

Les cycles de vie des rouilles des céréales sont complexes comprend une phase sexuée et une phase asexuée et impliquent souvent un hôte principal et un hôte alternatif. Parmi les 3 rouilles du blé, seule la rouille jaune ne possède pas d'hôte alternatif. La rouille brune a comme hôte alternatif fonctionnel *Anchusa italica* alors que la rouille noire à comme hôte alternatif, *Berberis hispanica*. Pour la rouille jaune, et en absence d'hôte alternatif, l'agent pathogène doit persister sous forme végétatif à urédospores pour se maintenir dans les régions où elle sévit (Ezzahiri, 2001).

La phase sexuée se déroule sur des hôtes secondaires (adventices, repousses de blé). Au cours de cette phase le champignon assure sa survie et sa multiplication, Les spores alors produites contamineront les cultures de blé. La phase asexuée se déroule sur le blé.

Des températures comprises entre 10 et 15°C et un taux d'humidité relative voisin de 100 % sont les conditions optimales pour la germination des spores et généralement inhibé par les températures supérieures à 20°C. Les urédospores des rouilles peuvent être transportées par le vent pour de longues distances constituent un inoculum exogène. Les pustules résultant de cet inoculum apparaissent sur les feuilles supérieures du blé. Dans ce cas, la maladie n'est menaçante que lorsque les périodes humides (pluie, rosées) sont fréquentes (Ezzahiri, 2001).

A l'approche de la maturité, de longues pustules noires apparaissent sur les feuilles, elles contiennent des spores qui assurent la conservation du champignon durant l'hiver (les téléospores). Les pustules déchirent l'épiderme des feuilles. La plante se déshydrate et les grains échaudent (Begos, 2005).

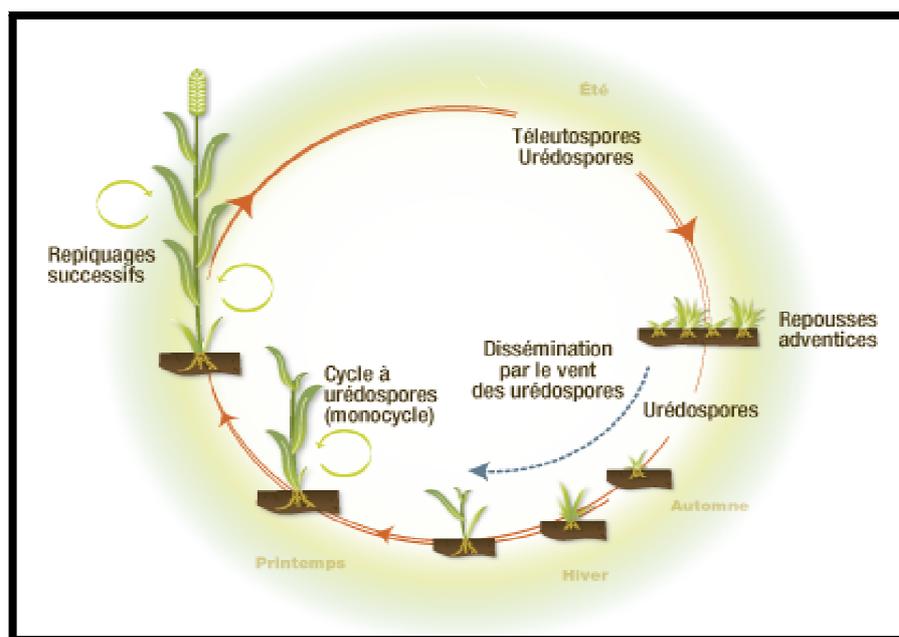


Figure 06 : Cycle de développement de la rouille brune (Bayer, 2009).

III.2.2. Septoriose

C'est la maladie du blé la plus à craindre et celle qui provoque le plus de dégâts (de 25 à 40 q/ha) (Begos, 2005).

Cette maladie est due à deux espèces de *Septoria* :

- *Septoria tritici* (forme anamorphe) ou *Mycosphaerella graminicola* (forme téléomorphe), responsable de la septoriose des feuilles.
- *Septoria nodorum* (forme anamorphe) ou *Leptosphaeria nodorum* (forme téléomorphe), responsable de septoriose des feuilles et des épis.

III.2.2.1 Septoriose des feuilles (*Septoria tritici*)

Selon Ezzahiri (2001), Les premiers symptômes sont observés sur les feuilles du bas et progressent au fur et à mesure vers les feuilles supérieures de la plante.

Ces symptômes se présentent sous forme de taches allongées de taille variable limitées par les nervures sur les feuilles. Les taches sont d'abord chlorotiques et deviennent nécrotiques par la suite. Dans les parties nécrosées des feuilles, des fructifications se forment. Elles sont visibles sous forme de petites boules microscopiques soulevant légèrement l'épiderme. Il s'agit de pycnides qui ont l'aspect de petits points noirs, isolés, globuleux ou ovales (Ezzahiri, 2001).

III.2.2.2 Septoriose des feuilles et épis (*Septoria nodorum*)

Les symptômes se manifestent aussi bien sur le feuillage que sur les glumes, la gaine des feuilles et les nœuds. Sur les feuilles, se forment des taches ovales ou lenticulaires brunes. Elles peuvent être entourées d'une chlorose ou jaunissement périphérique. Lorsque les taches de septoriose sont abondantes sur une feuille, elles se rejoignent pour former de grandes plages nécrotiques (Vanginkel et *al.*,1999).

Après quelque temps, des fructifications se forment sur les nécroses et sont visibles sous forme de petites boules soulevant légèrement l'épiderme. Ces boules ou pycnides de couleur brun clair sont beaucoup moins apparentes que celles de *S. tritici*. Plus tard, ces pycnides virent au gris-foncé, et à ce moment là, leur distinction de celles de *S. tritici* devient moins apparente et seul un examen microscopique les différencierait (Vanginkel et *al.*,1999).

Le cycle de vie de *S. tritici* est similaire à celui de *S. nodorum*, bien que *S. tritici* puisse être actif à des températures légèrement inférieures, avec un optimum de 15-20°C, et requière de plus longues périodes de forte hygrométrie pour initier l'infection. Dans la plupart des cas, la maladie se propage des feuilles inférieures aux étages foliaires supérieurs par les éclaboussures de pluie, lors des fortes précipitations (Zillinsky, 1983).

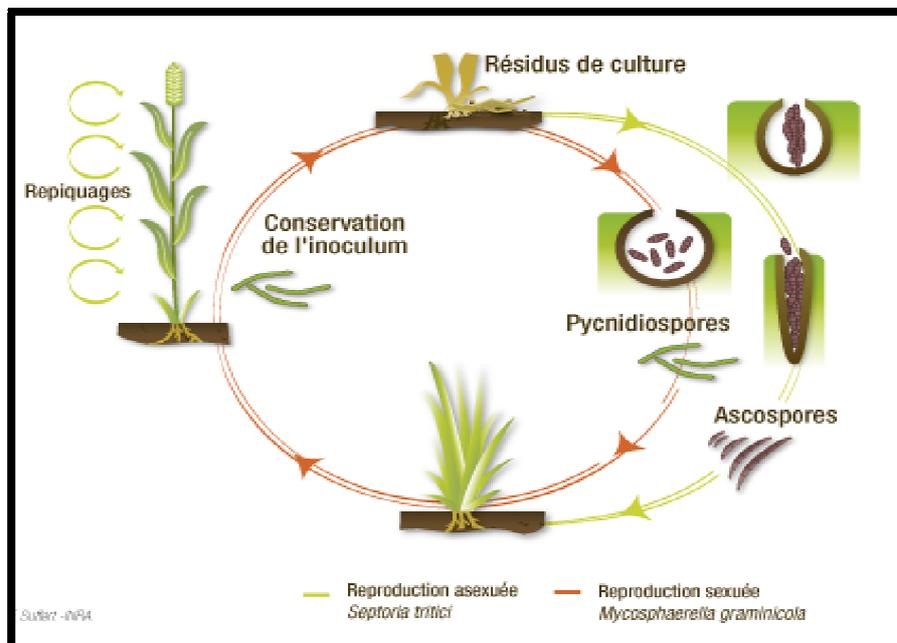


Figure 07 : Cycle de développement de la septoriose (Bayer, 2009).

III.2.3. L'oïdium (le blanc)

L'agent pathogène responsable de cette maladie est un champignon qui appartient à la classe des ascomycètes : *Erysiphes graminis f.sp tritici* (forme anamorphe) ou *Blumeria graminis* (forme téléomorphe) (Zillinsky, 1983). Les pertes peuvent atteindre 10 % du rendement potentiel pour les variétés les plus sensibles en blé d'hiver et sont plus importantes en cas de présence sur épis (Begos, 2005).

Les symptômes de l'oïdium commencent généralement par un duvet blanc à grisâtre distribué par zones restreintes sur la face supérieure des feuilles ou couvrant en partie ou totalement la surface foliaire. Ce duvet est constitué du mycélium et des spores (conidies). La face inférieure des feuilles attaquées présente des taches jaunâtres aux endroits infectés, en fin de saison, le feutrage mycélien produit des fructifications sphériques de couleur noire qui sont les cléistothèces (Zillinsky, 1983).

En présence d'une forte hygrométrie, les cléistothèces libèrent les ascospores produites par voie sexuée, qui peuvent alors provoquer des infections automnales. Au printemps, avec les montées de température, le mycélium en dormance commence à se développer, et des spores sont rapidement produites. Leur germination se produit dans une large fourchette de températures (de 5°C à 30°C), même si 15°C reste la température optimale, avec un taux d'humidité relative supérieur à 95 %. L'eau libre inhibe la germination des spores. (Ezzahiri, 2001).

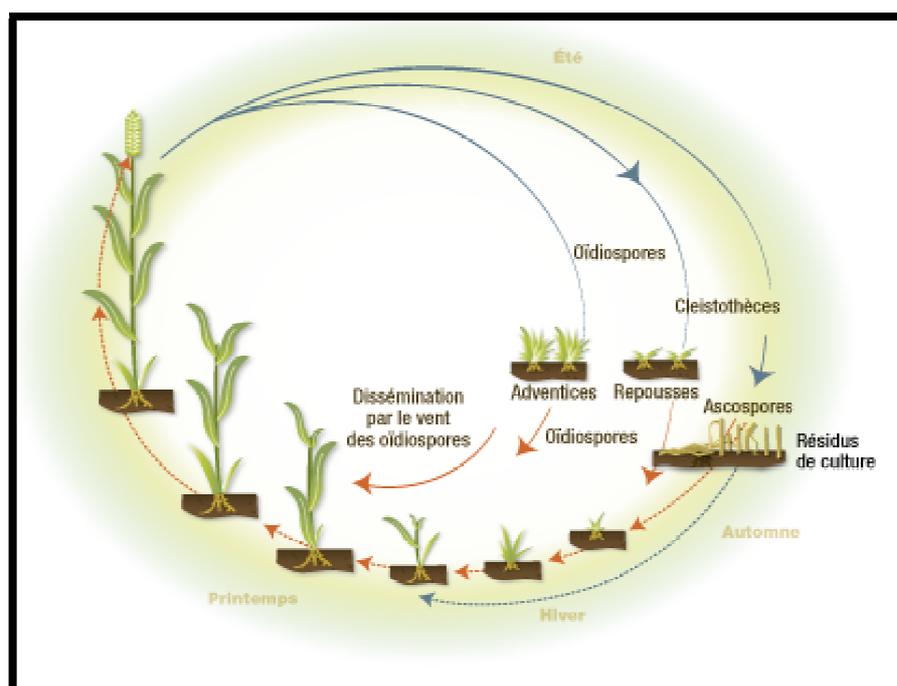


Figure 08 : Cycle de développement de l'oïdium (Bayer, 2009).

III.2.4. Helminthosporiose (Tâche auréolée)

L'helminthosporiose ou bien la Tâche auréolée est dû à un champignon appartenant au classe des Ascomycètes, du genre *Helminthosporium* ou *Dreschlera*, la forme parfaite est *Pyrenophora tritici-repentis*. La maladie se manifeste sur les feuilles et les gaines foliaires, sa nuisibilité varie de 10 à 20 q/ha (Begos, 2005).

Sur feuilles, les premiers symptômes se manifestent par de minuscules points de chlorose qui évoluent vers des nécroses de couleur brun foncé, ordinairement bordées d'une aréole (halo) jaune caractéristique. Plus tard, les taches se réunissent et déterminent sur les feuilles de larges plages jaunâtres, puis les feuilles meurent (Duveiller et *al.*, 1997).

Contrairement aux lésions causées par *Septoria tritici*, la tache auréolée est ovale à lenticulaire (pointue aux extrémités) avec un point brun foncé est souvent présent au centre des taches (Lacroix, 2002). C'est à partir du stade épiaison que la maladie réalise sa phase épidémique (Begos, 2005).

L'agent pathogène se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus du blé infecté à la surface du sol. Les périthèces (structures de reproduction sexuée) et le mycélium constituent la principale source d'inoculum primaire. En présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. Les deux types de spores sont disséminés pour initier l'infection primaire sur les plantules de blé en début de saison (Duveiller et *al.*, 1997).

Au cours de la saison, l'infection secondaire est assurée par les conidies qui sont facilement disséminées par le vent. La germination des conidies et l'infection des tissus sont favorisées par une durée d'humectation du feuillage de 24 à 48h. Les températures optimales pour l'infection se situent entre 18 et 28°C. La sporulation au niveau des taches foliaires est favorisée par des conditions humides (Duveiller et *al.*, 1997).

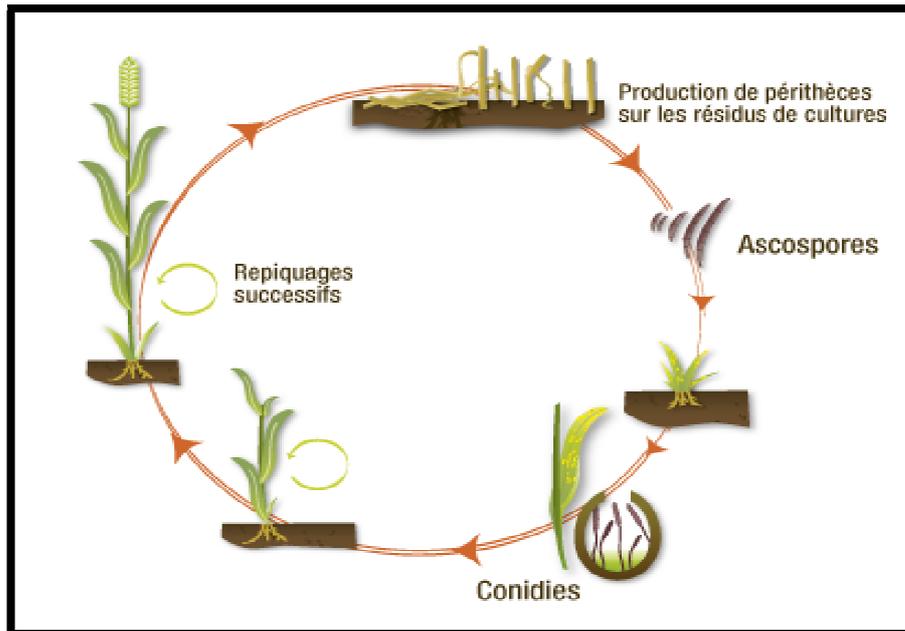


Figure 09 : Cycle de développement de L'helminthosporiose (Bayer, 2009).

III.3. Maladies des épis

III.3.1. Charbon nu

Le charbon nu est dû à *Ustilago tritici* (*U. nuda*), il est appelé charbon nu car il détruit les enveloppes florales du grain.

Les symptômes sont visibles entre la floraison et la maturité, Au début, les épis infectés sont noircis et par la suite tout les pièces florales sont détruites et laissent place à des masses noires pulvérulente des spores. Ces symptômes sont visible que peu de temps car les spores sont disséminée par le vent, à la maturité des épis seul les rachis subsiste, il se dresse verticalement alors que les épis sains sont en forme de crosse (Ezzahiri, 2001).

L'origine de l'infection se trouve dans la semence. En effet, le champignon responsable du charbon nu se conserve dans l'embryon du grain sous forme de mycélium latent. Au moment de la germination de la semence, le mycélium est activé. L'agent pathogène infecte la jeune plantule du blé et poursuit son développement au niveau de l'apex. Au moment de l'épiaison, tout le tissu de l'épi, sauf le rachis, est transformé en une masse sporifère. Les spores produites sont libérées et infectent les fleurs des plantes voisines (Ezzahiri, 2001).

III.3.2. Caries (commune / naine)

La carie commune et la carie naine sont des maladies importantes du blé. Elles peuvent aussi frapper l'orge et certaines espèces de graminées.

Trois espèces très voisines sont impliquées, *Tilletia caries* et *T. foetida* causent la carie commune, et *T. controversa* cause la carie naine (Lacroix, 2008).

➤ Carie commune

Tilletia caries et *T. foetida* se ressemblent beaucoup par les caractères morphologiques, le cycle évolutif, la maladie qu'elles provoquent et les races physiologiques qu'elles comportent. Ces deux espèces pourraient être considérées comme étant des variantes d'une même espèce. Elles diffèrent un peu par la forme et l'ornementation de la paroi des spores (Zillinsky, 1983).

Les symptômes n'apparaissent qu'au moment du remplissage des grains. Seul le contenu du grain est transformé en une masse poudreuse noirâtre alors que les glumes et les glumelles sont épargnées. Les épis cariés sont difficiles à détecter avant le battage. Parmi les signes indiquant la présence des épis cariés dans un champ au moment du remplissage des grains, on peut citer la couleur vert foncée des glumes et des glumelles et les épillets qui s'écartent du rachis. *Tilletia caries* occasionne des grains cariés de forme normale ou allongée. *Tilletia foetida* occasionne des grains cariés globuleux (Prescott et al., 1986).

➤ Carie naine

Tilletia controversa, l'agent pathogène de la carie naine, est très difficile à distinguer de *T. caries* sur la base de ses caractères morphologiques, mais les symptômes qu'il provoque sont très différents de ceux occasionnés par *T. caries*. La carie naine est caractérisée par un rabougrissement de l'hôte beaucoup plus prononcé que celui qui se manifeste pour la carie ordinaire.

La carie naine ne se rencontre que dans les régions où la neige couvre le sol pendant des longues périodes (Prescott et al., 1986).

III.3.3. Fusariose des épis

Deux genres d'agents pathogènes sont susceptibles de provoquer des fusarioses sur le blé : *Fusarium spp.* Et *Microdochium nivale* (anciennement *Fusarium navale*) (Ezzahiri, 2001).

Le champignon appelé anciennement *Fusarium roseum* inclut de nombreuses espèces. Les quatre espèces les plus courantes sont : *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, qui sont les plus nuisibles, *Fusarium avenaceum* et *Fusarium poae* (Prescott et al., 1986).

Certaines espèces de champignons du genre *Fusarium* peuvent être productrices de mycotoxines contrairement à *M.navale*.

L'épi contaminé présente un dessèchement précoce et un échaudage de tout ou d'une partie des épillets selon le point de contamination. Dans le cas d'une infection par *M.navale*, un lisère elliptique brunâtre peut apparaître sur le dos des glumes. Les grains fusariés peuvent présenter une coloration blanchâtre à rose mais ils peuvent aussi conserver un aspect de grains sains ou de simples grains échaudés (Ezzahiri, 2001).

L'infection des graines par les *Fusarium spp* à généralement lieu au moment de la sortie des étamines de la plante (floraison). Les spores peuvent être issues de diverses source d'inoculum (sol, cultures et adventices atteintes, résidus de cultures) Selon la précocité et le gravité de l'attaque, les champignons se conservent soit a la surface du grain, soit a l'intérieure du grain (au niveau de l'embryon) (Lacroix, 2008).

IV. Les facteurs contribuant au développement des agents fongiques

Les principaux paramètres qui influencent l'évolution de la maladie sont: L'humidité et la température, ces deux dernières, font ensemble les principaux facteurs faisant la maladie tournée en épidémie (Cochet ,2000).

- L'humidité peut exister sous forme d'humidité relative dans l'air, de rosée et d'eau de pluie ou d'irrigation. Elle intervient sur :
 - la libération des pycnidiospores,
 - la dissémination par effet splash,
 - la germination et la pénétration des champignons.

Les précipitations constituent le facteur de contamination principal. Les spores qui sont produites dans les pycnides des feuilles basses, ne peuvent être transportées vers les étages supérieurs que par l'énergie cinétique fournie par les gouttes de pluie (Cochet ,2000).

- Les températures interviennent sur :
 - la vitesse de formation des pycnidiospores,
 - la germination et la pénétration des champignons,
 - la durée d'incubation.

La plupart des pathogènes fongiques se développent bien entre 15 et 25°C.

V. Lutte contre les maladies cryptogamiques du blé

Une protection réussite de la culture du blé se base sur l'utilisation de semences saines, un sol propre, le choix de variétés résistantes et la protection chimique éventuelle aux stades critiques de développements de la plante. Ainsi, la lutte contre les principales maladies du blé se base sur la combinaison de méthodes culturales, génétiques et chimiques (Cochet ,2000).

V.1. Lutte chimique contre les maladies foliaires

Les fluctuations annuelles dans les conditions climatiques rendent difficile l'établissement d'un programme de lutte chimique contre les maladies foliaires dans un contexte économique acceptable. Le recours à la lutte chimique est cependant impératif lorsque le risque de développement des maladies foliaires se présente. Ce risque est mesuré par l'évaluation de plusieurs facteurs:

- potentialité et niveau de sensibilité de la variété;
- précédent cultural;
- taux de contamination des résidus en cas d'un précédent blé;
- détection des premiers symptômes
- conditions climatiques favorables
- coût du traitement.

L'accumulation de 15 mm de précipitation en une ou deux journées consécutives résulte en un développement significatif de la maladie en absence d'intervention fongicide au moment opportun (Moreau, 2001).

V.2. Les différents groupes des fongicides

Une fois appliqué sur une plante ou dans le sol, les fongicides restent à la surface de la plante ou pénètrent dans la plante. On peut donc distinguer deux grands groupes (Leroux, 1992) :

1. Les fongicides de surface (contact) qui ne sont pas absorbés par la plante.
2. Les fongicides pénétrants qui sont absorbés par la plante qui sont divisée en trois sous groupes:
 - A. Translaminaire ou Systémique local
 - B. Systémique à diffusion ascendante (mobile dans le xylème, diffusion acropétale)
 - C. Systémique complet (diffusion ascendante et descendante, diffusion acropétale et basipétale)

Lorsqu'un fongicide de **surface** est appliqué, les gouttelettes s'étendent sur la feuille mais ne pénètrent pas dans la feuille. Les feuilles qui émergent après l'application ne sont donc pas protégées et le fongicide est lessivé par la pluie et parfois désactivé par le soleil.

Lorsqu'un fongicide **pénétrant translaminaire** est appliqué, les gouttelettes s'étendent sur la feuille et pénètrent dans la feuille. Ces fongicides pénètrent dans la plante sous la cuticule au niveau du point de contact entre la plante et la gouttelette de fongicide, mais ne voyagent pas dans la plante. Comme le fongicide ne se déplace que localement dans la plante, les feuilles qui émergent après l'application ne sont pas protégées mais le fongicide n'est pas lessivé par la pluie une fois pénétré dans la plante (Leroux, 1992).

Un fongicide **pénétrant systémique à diffusion ascendante** peut être appliqué au sol, Il est alors absorbé par les racines ou sur le feuillage pour une absorption foliaire. Une fois appliqué, le fongicide se déplace vers le haut de la plante (apex, point de croissance) avec la sève montante. Les feuilles qui émergent après l'application sont donc protégées et le fongicide ne peut pas être lessivé par la pluie (Leroux, 1992).

Les fongicides **pénétrants complètement systémique** sont généralement appliqués sur le feuillage, mais peuvent également être appliqué dans le sol. Lorsque le fongicide est absorbé par la plante, il se déplace vers le haut (apex) et le bas (racine) de la plante avec la sève montante et descendante. Les feuilles qui émergent après l'application sont donc protégées et le fongicide ne peut pas être lessivé par la pluie (Leroux, 1992).

V.3. Mode d'action des fongicides

Il y a une multitude de modes d'action des fongicides. Les fongicides peuvent altérer la membrane des cellules des champignons, désactiver des enzymes ou des protéines, interférer avec des processus de respiration ou de production d'énergie. Certains fongicides interfèrent avec des cycles métaboliques important pour la survie du champignon comme la production de stérol. Pour choisir un fongicide il n'est pas nécessaire de connaître exactement le mode d'action de tous les fongicides. Il est préférable d'utiliser des fongicides qui ont différents modes d'action pour éviter le phénomène de résistance ou d'accoutumance du champignon (Lacroix, 2002).

Les fongicides peuvent avoir un **effet préventif** en détruisant le champignon avant que celui-ci ne pénètre dans la plante. On appelle souvent ces fongicides anti germinatif Les fongicides de contact (ou de surface) sont généralement utilisés comme préventifs. Les fongicides peuvent également avoir un **effet curatif** en détruisant le champignon après que celui-ci ait pénétré dans la plante. La durée et l'intensité de l'effet curatif varient selon le fongicide et la température. Certains fongicides ont un effet anti sporulant en détruisant la reproduction du champignon suite à une infection (Moreau, 2001).

Il est important de noter que les fongicides affectent une ou plusieurs activités métaboliques du champignon. Les fongicides qui agissent sur un seul site métabolique sont généralement efficaces seulement sur certains champignons, mais il est plus facile pour le champignon de développer de la résistance. D'autre part, les fongicides qui agissent sur plusieurs sites métaboliques sont plus difficiles à contourner pour les champignons et le développement de résistance est rare (Lepoivre, 2003).

VI. Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur

Le blé a besoin en culture pluviale de 450 à 650 mm d'eau pendant son cycle. Le blé a surtout besoin d'eau en début de cycle (de la germination au tallage), puis durant la quinzaine qui précède l'épiaison (Tamsaout, 2006).

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et *al.*, 1996).

Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m² (Triboï, 1990). L'effet du déficit hydrique sur ces composantes et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (Debaeke et *al.*, 1996). Ainsi,

- un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi (Debaeke et *al.*, 1996).
- À la fin de la montaison, 10 à 15 Jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et *al.*, 1996).
- Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (Triboï, 1990).
- Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement (Gate et *al.*, 1993).

PARTIE II :
MATERIEL ET METHODES

Partie II : Matériel et Méthodes a

I. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de trois variétés de blé dur « *Triticum durum* » qui sont :

- BOUSSELAM.
- SIMETO.
- GTA DUR.

Les caractéristiques variétales de ces trois variétés ainsi que leurs origines sont détaillées dans le tableau ci-après :

Nom des variétés	Caractéristique Culturales	Productivité	Caractéristique technologiques	Comportement a l'égard des maladies	Origine
BOUSSELAM	Cycle végétative : mi- tardif	Elevée	PMG élevés	Rouilles (J,B,N) : résistante Oïdium Feuilles : moyennement sensible Oïdium Epis : résistante Septoriose : moyennement sensible piétin échaudage : résistante Fusariose : résistante	Sélection dans la population Heider (Algérie)
SIMETO	Cycle végétative : semi-précoce	Elevée	PMG élevés	Rouilles jaune : tolérante Rouilles brune : Moyennement tolérante Oïdium Feuilles : moyennement sensible Oïdium Epis : résistant Septoriose : moyennement sensible Fusariose : résistante	Introduction (Italie)
GTA DUR	Cycle végétative : Précoce	Elevée	PMG moyen	Rouilles (J,B,N) : résistante Oïdium feuilles : Sensible Oïdium Epis: résistante Septoriose : résistante piétin échaudage : résistante Fusariose : résistante	Introduction (Mexique)

Tableau 3 : Caractéristiques des variétés.

Source : ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures), 2006

J : Jaune, B : Brune, N : Noir.

II. Fongicide utilisé

Un seul produit utilisé « Falcon » de la firme Bayer Crop Science, c'est un fongicide systémique associant l'effet complémentaire de 3 substances actives : SPIROXAMINE, TEBUCONAZOLE, TRIADIMENOL qui lui confèrent une triple action préventive, curative et éradicante sur les principales maladies fongiques des céréales. Les données techniques caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Données techniques du fongicide Falcon.

Composition	250 g/l Spiroxamine	167 g/l Tébuconazole	43g/l Triadimenol
Famille chimique	Spirocetalamines	Triazoles	
Formulation	Concentre émulsionnable (EC).		
Usage	Maladies des feuilles et des épis : Oïdium, Septoriose, Rouilles, Fusariose...		
Dose d'homologation	0,8 L/ha (avec 1-2 traitement par saison)		
Mode d'action	Inhibition de la biosynthèse des stérols (IBS) sur différents sites du champignon pathogène.		
Rémanence	De 6 à 8 semaines.		

- la Spiroxamine, caractérisée par sa haute systémie, lui confère:
 - ✓ Une excellente résistance au lessivage ;
 - ✓ Une forte action d'absorption et de diffusion dans les tissus des plantes par son effet d'entraînement qui favorise la pénétration et la rediffusion des deux autres substances actives.
- le Tébuconazole permet de cibler et de se diriger vers les sites infectés pour les détruire rapidement et efficacement.
- le Triadimenol est caractérisé par les effets physiologiques qui stimulent la végétation, générant le verdissement des céréales.

III. Site d'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée au niveau de la station expérimentale et de production de semence de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Khemis-Miliana qui s'étend sur la plaine du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. Le climat de Haut Cheliff est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marquée, à été très chaud, à hivers froids et rigoureux, avec un printemps écourté (Avril, Mai) et automne très bref.

III. 1.Situation géographique

Le périmètre irrigué du Haut-Cheliff qui se situe à 40km à vol d'oiseau de la mer avec une altitude moyenne de 300m et une superficie de 37000 hectares, ce périmètre est limité par:

- Le massif d'Ouarsenis au sud.
- Le massif de Dahra au nord.
- La wilaya de Cheliff à l'ouest.
- La wilaya de Média à l'est.



Source : Google earth, 2013.

Figure 10 : Localisation géographique du site expérimental.

III.2. Caractéristiques climatiques de la région

La région D'AIN DEFLA est située dans la plaine de Haut Chélif dans l'étage climatique semi-aride d'une pluviométrie annuelle très variable de 441.91mm/an en moyenne. D'après la représentation graphique des précipitations annuelles sur 60ans (1948-2009), la pluviométrie la plus élevée est enregistrée durant la campagne agricole 1951/1952, avec 746.2mm. La campagne agricole 1993/1994 a enregistré une année très sèche avec 174.2 mm.

La moyenne des précipitations des dix dernières campagnes agricoles est inférieure à la moyenne pluriannuelle avec 438.26mm ce qui nécessite un changement de la politique agricole par l'implication des programmes d'irrigation dans la région.

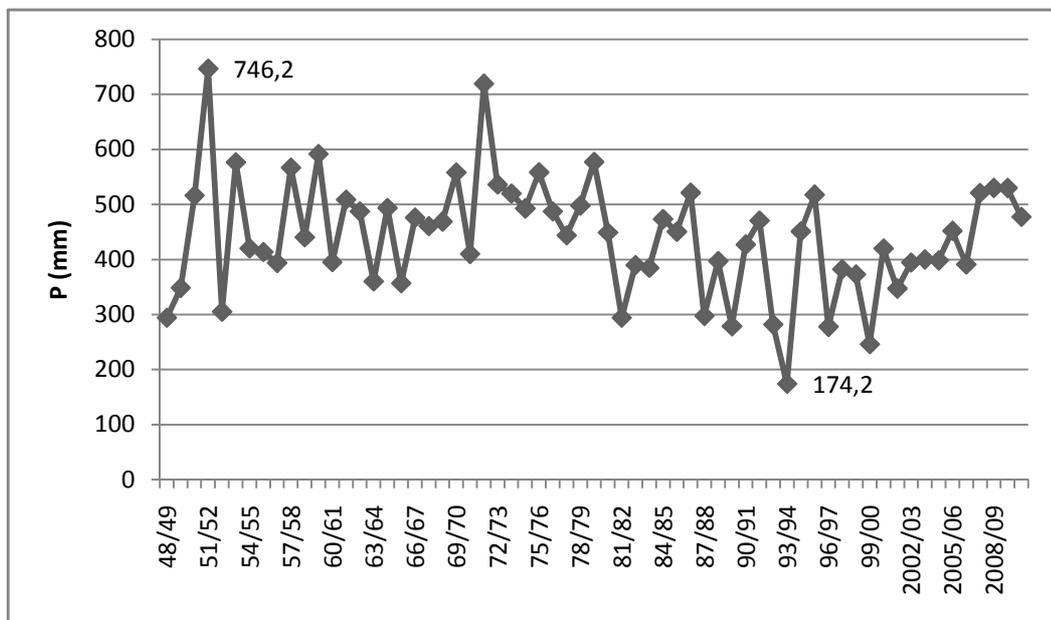


Figure 11 : Représentation graphique des précipitations (1949-2009). (ONM, 2009).

La répartition annuelle de la pluviométrie montre un printemps normalement pluvieux (mars, avril et mai), un été très sec du juin à septembre, un fin d'automne et un début d'hiver très pluvieux puisque plus de la moitié du total des pluies annuelles sont enregistrées d'octobre à février.

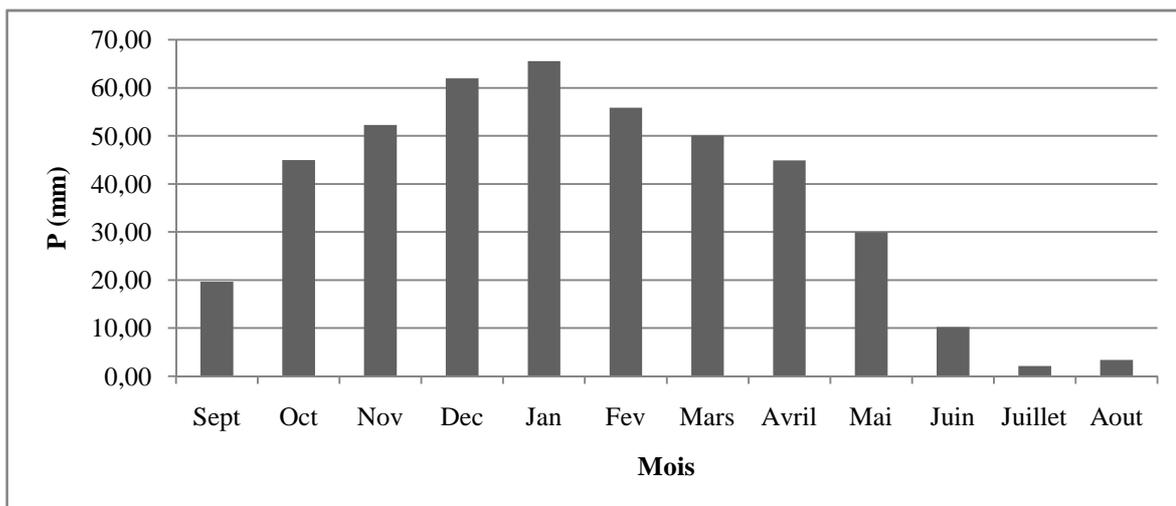


Figure 12 : Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations (1949-2009) (ONM, 2009).

Les températures moyennes observées permettent de conclure que le climat D'AIN DEFLA est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marqué, aux étés très chauds, aux hivers froids, avec un printemps écourté (avril-mai) et un automne très bref (octobre) .La moyenne annuelle est de 18°C.

III. 3. Conditions climatiques de la campagne 2012/2013

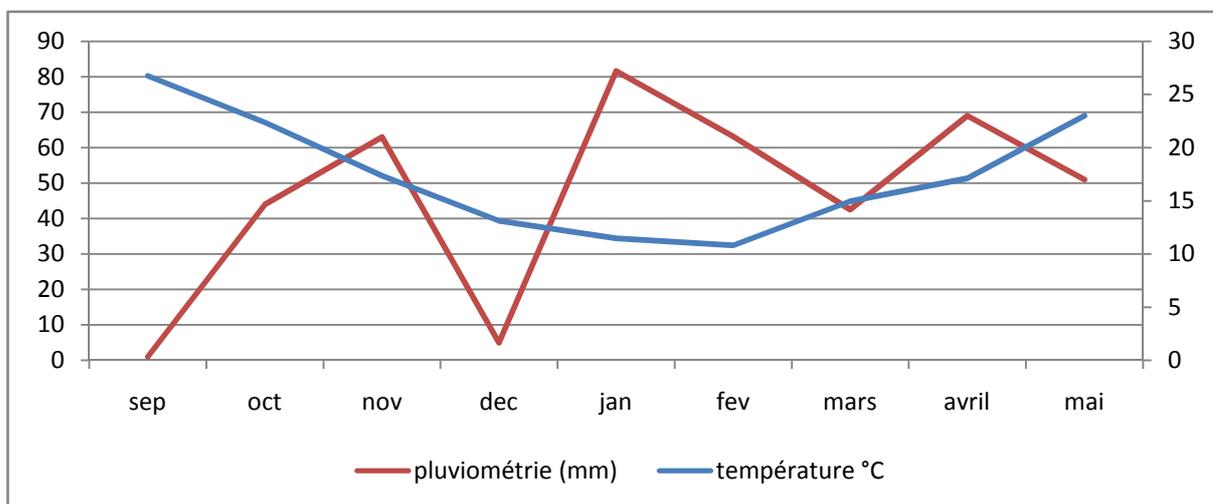


Figure 13 : Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2012/2013 de Khemis-Miliana (ONM, 2013).

III.3.1. Température :

En général, les températures enregistrées durant la campagne agricole actuelle ont été pas très fluctuantes, en effet : la température moyenne des mois de décembre et janvier été favorable pour le développement de la végétation (pas de blocage de végétation) et les pertes a la levée étaient réduites.

Des basses températures au mois de février durant le stade fin tallage et début montaison ont effrénées la croissance de la végétation.

La température moyenne s'élève à partir du mois de Mars jusqu'au mois de Mai.

III.3.2. Pluviométrie :

Tableau 6 : Les moyennes mensuelles des précipitations 2012/2013(ITGC, 2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Cumul
Précipitations (mm)	1	44	63	22.5	81.6	63.1	42.5	51.5	51	420.2

La pluviométrie annuelle de la campagne agricole actuelle était un peu élevée, où nous avons enregistré un cumul de 420.2mm (jusqu'à fin Mai) et qui est supérieur à la moyenne observé sur plusieurs campagnes (386mm sur 25ans).

Des pluies marquées durant les mois d'octobre et novembre ; ont permit l'emmagasinement des eaux indispensable pour les semis, et durant le mois de février jusqu'au début avril. La coïncidence des stades : tallage et montaison avec des bonnes précipitations a favorisé l'épiaison et augmenté le peuplement épi par mètre carré.

III. 4.Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les analyses des sols sont réalisées par le laboratoire de l'ITGC, les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

Le sol de la parcelle est constitué de deux horizons :

- **H1** : 0-43cm, sol frais, d'une texture limono-argileuse avec faible présence de la matière organique, poreux et non calcaire,
- **H2** : >43cm, sol argilo-limoneux, peut poreux et très compacte.

Tableau 5 : Analyses physico-chimiques du sol (ITGC, 2013).

Paramètres		H1	H2
Granulométrie (%) Méthode internationale	Argile	45.40	44.75
	Limons fins	26.30	25.20
	Limons grossiers	20.41	20.14
	Limons (fins et grossiers)	46.71	45.34
	Sable fin	4.18	2.80
	Sable grossier	3.71	6.11
	Sable (fin et grossier)	7.89	8.91
CALCAIRE (%)	Total (calcimètre) de BERNARD	0.83	1.66
	Profil H1 / H2	0.41	0.41
	Actif (DROUINEAU)	/	/
MO en % (Méthode Anne)		1.60	1.03

IV. Mis en place de l'essai

IV.1. Dispositif expérimental

Le dispositif adopté est un dispositif en **criss cross** .constitué de 02 grandes parcelles constituent les régimes hydriques de 32 mètres de longueur et 9 mètres de largeur, espacés de 05m. Chaque régime hydrique est constitué de 03 répétitions (blocs) espacés d'un mètre (1m).

Chaque bloc est constitué de 03 parcelles élémentaires de 24m² de superficie avec 2.4m de largeur et 10m de longueur. Chaque parcelle élémentaire est divisé en 02 micro parcelle (2.4 x5m).L'essai présente au totale 18 unité expérimentale, d'une superficie globale de 540 m² (Figure 14).

- Superficie totale : $90 \times 3 \times 2 = 540 \text{ m}^2$
- Grande parcelle : $9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$
- Parcelle élémentaire : $2.4 \times 10 = 24 \text{ m}^2$
- Micro parcelle : $2.4 \times 5 = 12 \text{ m}^2$
- Espace entre grandes parcelles : 1m.

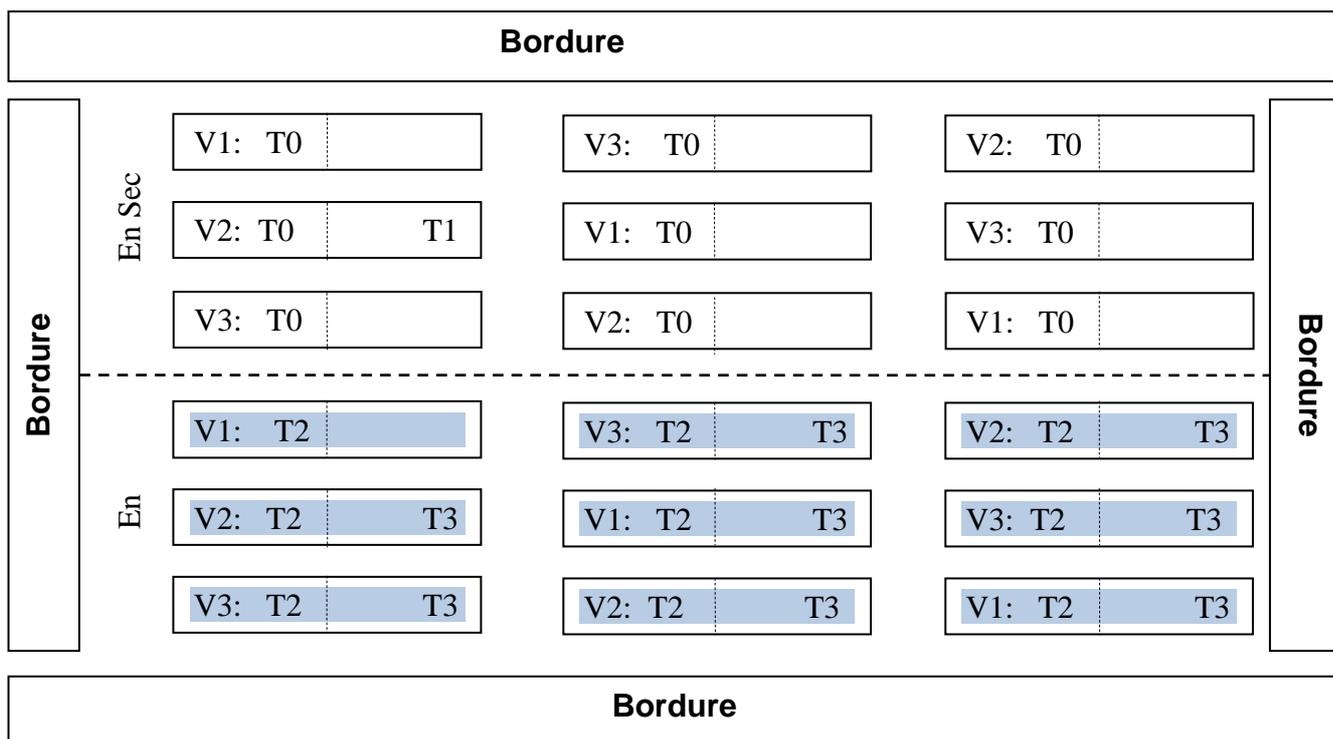


Figure 14 : Schéma du dispositif expérimental adopté.

T0 : parcelle en sec non traitée avec le fongicide.

T1 : parcelle en sec traitée avec le fongicide Falcon à la dose recommandée de 0,8l/ha.

T2 : parcelle en irriguée non traitée avec le fongicide.

T3 : parcelle en irriguée traitée avec le fongicide Falcon à la dose recommandée de 0,8l/ha.

V1 : BOUSSELAM, V2 : SIMETO, V3 : GTA DUR.



Figure 15: L'essai à la levée (Original, 2013).

IV.2. Itinéraire technique :

- **Précédent cultural** : la parcelle de l'essai est une jachère travaillée pendant la campagne agricole 2011/2012.
- **Travail du sol** : Un labour à une profondeur de 30cm en mi-novembre à l'aide d'une charrue à socs.

La reprise du labour à été effectuée le 02 et le 06/12/2012 à l'aide d'un covercrop. Afin de préparer le lit de semence un hersage à été effectué le jour du semis (11/12/2012) à l'aide d'une herse. Le sol de la parcelle à été bien préparé et ne présente aucune motte vu les conditions de la préparation.

- **Le semis** : Le semis à été réalisé le 11/12/2012 à l'aide d'un semoir expérimentale, avec une densité de 300 plant /m².les lignes de semis sont espacées de 20cm.
- **Engrais de fond** : L'engrais du fond à été apporté au labour par le TSP46% à raison de 01ql/ha.
- **Fertilisation azotée** : Un premier apport à été effectué le 18/02/2013 en stade début tallage. Le deuxième apport à été effectué 15 jours après le premier apport.
- **Désherbage** : Un désherbage à été effectué le 19/02/2013 avec deux produits : un anti-monocotylédone (TOPIK) et anti-dicotylédone (ZOOM).

- **Traitement phytosanitaire** : Un traitement fongique préventif à été effectué en utilisant le produit « FALCON » dès que la dernière feuille est complètement sortie en date du 19/03/2013.



Figure 16: Traitement phytosanitaire (Original, 2013).

Irrigation : Le pilotage de l'irrigation à été suivi selon l'état hydrique du sol, c'est-à-dire elle dépend du taux d'humidité dans le sol et du réservoir utile. Lorsque la réserve utile est épuiser à 50% en fait l'irrigation.

- La mesure de l'humidité à été effectuée par **La méthode gravimétrique** : à l'aide de la tarière, on prend des échantillons sur plusieurs niveaux du sol, et après la méthode de la double pesée on obtient l'humidité volumique.
- **La réserve utile** : Lorsque Hcc-Hpf est indiqué en % du poids, on convertit en mm, par la formule suivante :

L'humidité à la capacité au champ : Elle est mesurée sur terrain après une période de pluie et un ressuyage de 48 heures le sol étant protégé contre l'évaporation par un film en plastique. L'humidité à la capacité au champ est de 26%.

L'humidité au point de flétrissement : A l'aide d'un model software développé par Dr. Keith E. Saxtonles de l'université de Washington qui s'agit du model SPAW on détermine l'humidité au point de flétrissement à partir de la granulométrie du sol.L'humidité au point de flétrissement dans notre cas est de 12%.

$$RU=(H_{cc}-H_{pf}/100).Z.D_a.$$

RU : réserve en mm.

Da : densité apparente.

Z : épaisseur du sol en mm.(dans notre cas 60cm)

Hcc : humidité à la capacité au champ.

Hpf : humidité au point de flétrissement.

$$RU=110.8mm$$

$$50\% RU= 55.44mm$$

Les résultats sont représentés dans le graphe suivant :

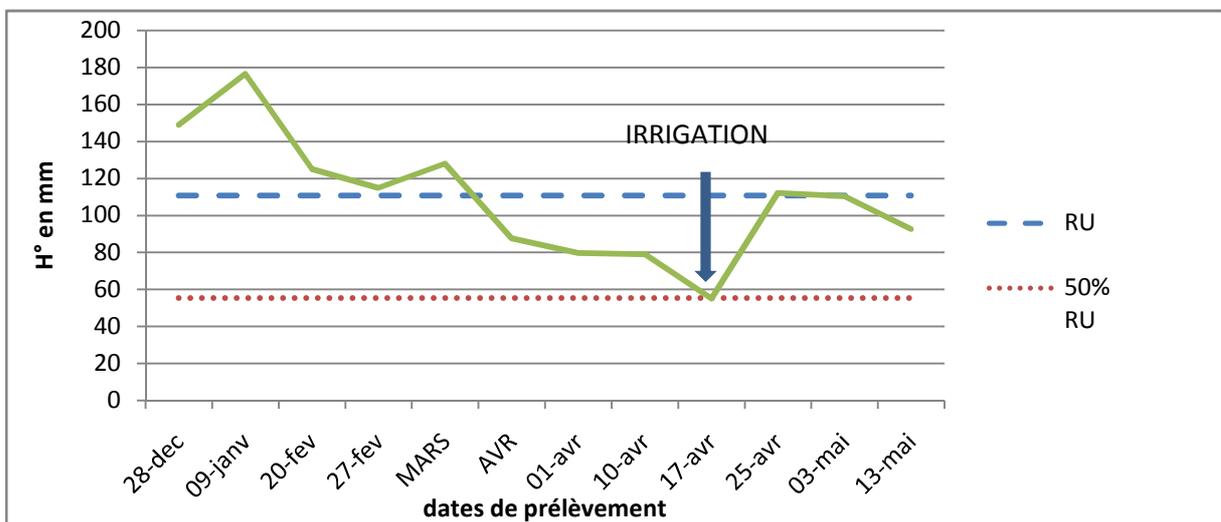


Figure 17 : Evolution du réservoir du sol en eau dans le régime hydrique 100%RU. (ITGC, 2013)

D'après la représentation graphique des mesures du réservoir de sol en eau sur un horizon de 60cm, nous avons constaté que la réserve utile du sol du site expérimental a été remplie au début de la campagne agricole, après les pluies d'octobre et de novembre, puis elle a commencée à se vider jusqu'à la moitié, dès le début du mois d'avril qui coïncide avec l'augmentation de l'évapotranspiration et la longue durée non pluviale (20 jours).

La réserve utile du sol a été augmentée après un apport d'eau par irrigation en date de 17 avril, et revient en fin de cycle à ce vidé.

V. Suivi de l'essai

Une fois l'essai installé, un suivi phytosanitaire à été déclenché pour cela nous avons pris en considération les paramètres suivants :

V.1. Détermination des différents stades phénologiques de la culture

Durant notre étude nous avons suivi les différentes stades du développement de la culture par l'échelle de notation de Feeks (1954) (Figure 18), qu'il nous à permis de situer les différents stades phénologiques: levée, tallage, montaison, gonflement, épiaison, floraison et maturité, un stade phénologique est note lorsque 50% du caractère est atteint.

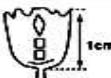
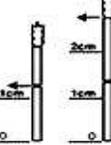
Stade	FEEKES	Caractéristiques	
	LEVEE 1	Sortie du coléoptile 1ère feuille traversant le coléoptile 1ère feuille étalée 2ème feuille étalée 3ème feuille étalée	
	DEBUT TALLAGE 2	Apparition de la 1ère talle et de la 4ème feuille	
	PLEIN TALLAGE 3	2 à 3 talles	
	FIN TALLAGE 4		
	EPI à 1 cm 5	Sommet de l'épi distant de 1 cm du plateau de tallage	
	1-2 NOEUDS 6	1 nœud élongation de la tige	
	7	2 nœuds	
	GONFLEMENT L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille 8	Apparition de la dernière feuille	
	9	Ligule juste visible (méiose mâle)	
	10	Gaine de la dernière feuille sortie	
		10-1	Gaine éclatée
	EPIAISON	10-2	¼ épiaison
		10-3	½ épiaison
	10-4	¾ épiaison	
	10-5	Tous les épis sont sortis	
	FLORAISON	10-5-1	Début floraison
	10-5-2	Mi-floraison	
	10-5-3	Floraison complète	
FORMATION du GRAIN	10-5-4	Grain formé	
	11-1	Grain laiteux	
	11-2	Grain pâteux	
	11-3	Grain jaune	
	11-4	Grain mûr	

Figure 18 : Échelle de Feeks ,1954 (ITAB, 2000).

V.2. Notation des maladies

Les notations sont à effectuer sur toutes les parcelles, elles permettront de caractériser le niveau de présence des maladies et leur incidence potentielle sur les résultats. Ces observations sont indispensables.

On prévoit une seule période de notation autour du stade fin floraison- grain laiteux pour cela nous avons calculé la fréquence des maladies à fin d'apprécier l'état sanitaire des dernières feuilles et le niveau de présence de maladies du pied (piétin verse, piétin échaudage,...).

V.2.1. Fréquence des maladies

La fréquence indique le nombre des plants atteints par rapport le nombre total des plants notés (10 plants par micro parcelle prélevé au hasard) qui a été calculée sur l'ensemble des micros parcelle.

$$\text{Fréquence (\%)} = \frac{\text{Nombre des plants atteintes}}{\text{le nbr total des plants note=10}} \times 100$$

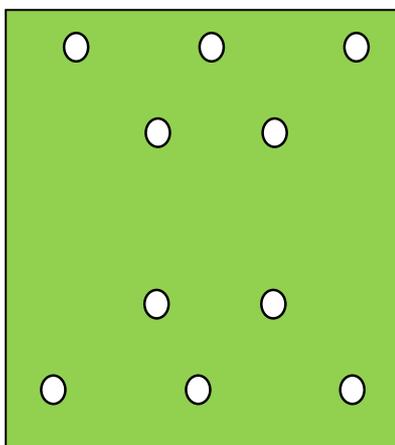


Figure 19 : Méthode d'échantillonnage.

- Le calcul de la fréquence ne porte que sur une seule maladie notée spécifiquement.
- Plusieurs maladies présentes au moment d'une observation sont notées séparément.

V.2.2. Prélèvement des échantillons

En vue de réaliser une étude étiologique basée sur la recherche d'éventuels agents fongiques susceptibles de provoquer des maladies fongique, nous avons réalisé des échantillonnages pour chaque maladie.

Chaque échantillon à été met dans des sachets en papier où est mentionné toutes les informations, telles que la variété d'où le prélèvement ont été faits, type de symptômes observés, type d'échantillon (feuille ou tige), la date de prélèvement, type de traitement, etc...Les échantillons sont transportés par la suite au laboratoire dans le but de faire des isollements.

VI. Diagnostic au laboratoire

VI.1. Isolement

Pour le cas des rouilles et d'oïdium (parasite obligatoire) la confirmation se faite par observation microscopique des fructifications et l'établissement des mensurations des conidies. Pour le cas des taches foliaire nous avons réalisé des isollements du champignon pathogène à partir des feuilles après la confirmation des symptômes de la maladie.

Des isollements à partir des feuilles ont été réalisés sur le milieu PDA (potato dextrose agar) (Annexe).La technique d'isollements que nous avons adopté : c'est la technique des fragments des feuilles de petite taille.

Avant l'analyse proprement dite, il est important de désinfecter la feuille de manière à éliminer les saprophytes présents dans les assises corticales externes et les envahisseurs secondaires des lésions, la désinfection à l'hypochlorite de sodium (l'eau de javel) en solution de 2 % pendant 5 minutes.

Enfin nous n'oublierons pas de bien rincer l'échantillon après désinfection par passage dans 2 ou 3 bains d'eau désilé stérile pour éliminer toute trace de désinfectant et de terminer par un séchage sur papier filtre pour éviter la prolifération des bactéries.

Après lavage et séchage, la feuille est découpée en petits fragments de 2 à 3 mm des tissus en marge du symptôme là où les plus de chances de cibler l'agent primaire de la maladie. Nous déposons immédiatement 4 à 5 petits fragments sur un milieu nutritif approprié, un au centre et les autres aux périphéries de la boîte de Pétri. Le fragment pourra également être seulement déposé sur la surface du milieu ou bien enfoncé dans le milieu.

Après 4 à 5 jours d'incubation entre 20 à 25°C, les colonies développées sont observées et transplantées et au besoin de purifier pour identification et établissement des fréquences d'isolement.

VI.2. Purification

A l'aide d'une aiguille lancéolée fine, flambée et refroidie chaque fois, et à partir des cultures intéressantes (présence des caractères macroscopiques recherchés) nous prélevons des disques mycéliens de 1 cm² de diamètre qui seront repiqués dans de nouvelles boîtes de Pétri contenant le milieu PDA.

Le nombre de repiquages successifs après incubation, dépend de l'aspect des cultures obtenues, jusqu'à l'obtention de cultures d'aspect homogène. L'opération de repiquage consiste à prélever un fragment mycélien et le transplanter dans une boîte de Pétri et incubée jusqu'à l'obtention d'une bonne fructification (7 à 15 jours).

VI.3. Identification

L'identification des agents fongiques isolés à été réalisée selon les caractéristiques macro -morphologiques et micro -morphologiques, en utilisant la clé de Barnett basée sur le système SACCARDO. Ce système s'illustre par une méthode de classification appliquée surtout aux champignons imparfaits. Les éléments de base de ce système sont la morphologie des structures de sporulation connues naturellement, telles que la morphologie et la couleur des conidies (Barnett et Hunter, 1972).

VI.3.1. Caractères macro -morphologiques

Les cultures purifiées ont été laissées en incubation de 15 à 20 jours, après leur purification pour obtenir une croissance optimale. Dès que le développement est apparent; des observations quotidiennes sont effectuées pour détecter d'éventuels caractères cultureux spécifiques aux agents fongiques. La caractérisation se base sur: la couleur, l'aspect, les formes des colonies, la production de pigments, etc...

VI.3.2. Caractères micro -morphologiques

A partir des cultures pures nous avons réalisé des montages entre lame et lamelle pour des observations microscopiques aux grossissements successifs (10x10) puis (40x10). Ces observations concernent le mycélium et les caractéristiques d'éventuelles fructifications. Les caractères ainsi observés, et photographiés sont comparés à ceux décrits dans la clé de détermination (Barnett et Hunter, 1972).

VII. Rendement réel en grain

Après la récolte les grains sont nettoyés, puis pesés en g/parcelle. Cette dernière est convertie en g/m^2 .

PARTIE III: RESULTATS ET DISCUSSION

Partie III : Résultats et Discussions

I. Diagnostic symptomatologique

I.1. Descriptif symptomatologique

Après plusieurs sorties réalisées sur champs (Février - Mai 2013), objets de notre étude, nous avons notée la présence de trois types de maladie:

- Oïdium.
- Tâche Helminthosporienne ou la tâche auréolée.
- Rouilles (jaune/ brune)

✓ Pour l'oïdium : nous avons noté les symptômes suivants : (Figures 20 et 21).

- Des colonies superficielles duveteuses de couleur blanche à gris clair.
- La face inférieure des feuilles atteintes présente des taches jaunâtre aux endroits infectés.

✓ Pour la tâche auréolée (Figures 22 et 23) :

- Des petites taches brun jaunâtre qui s'agrandissent et forment des marbrures ovales brun clair entourées d'une aréole jaune. En général elle commence sur les feuilles basales puis elles se développent vers le haut.

✓ Pour les rouilles (Figures 24 et 25) / (Figures 26 et 27) :

- Des petites pustules (urédospores) ovoïdes rouge sombre sur la face supérieure des feuilles d'une façon irrégulière.
- Des pustules disposées dans des stries étroites, d'une coloration jaunâtre.



Figure 20 : Développement de l'oïdium sur plant de blé dur.



Figure 21 : colonies superficielles duveteuses sur feuille.



Figure 22 : Développement de la tâche auréolée sur plant de blé dur.



Figure 23 : Nécrose de la tâche auréolée sur feuille de blé dur.



Figure 24 : Pustule de la rouille brune se développant sur la face supérieure de la feuille du blé dur.

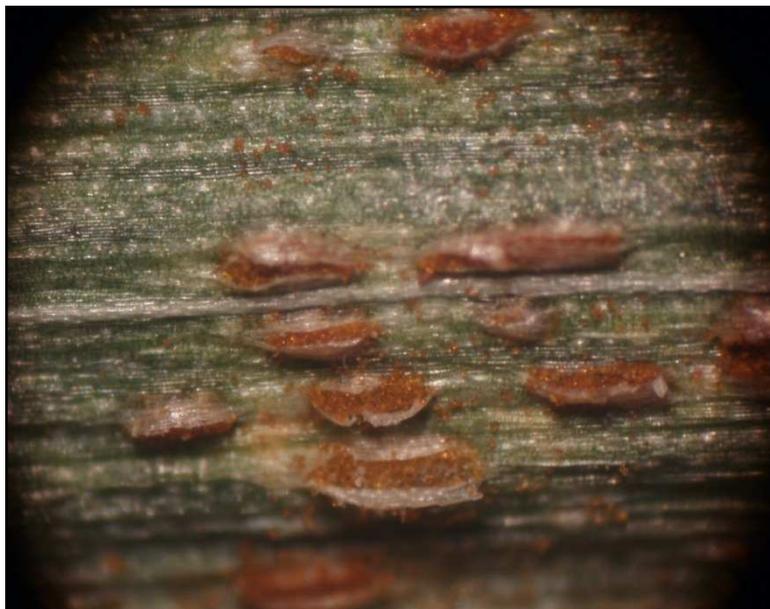


Figure 25 : Déchirure des pustules de la rouille brune et libération des urédospores.(G x10).



Figure 26 : Pustule de la rouille jaune se développant sur la face supérieure de la feuille du blé dur.



Figure 27 : Déchirure des pustules de la rouille jaune et libération des urédospores.(G x10).

I.2. Fréquence des maladies

L'analyse globale des fréquences cumulées des maladies calculées sur terrain (Figure 28), nous a permis de noter ce qui de suit :

- 1.L'étude du facteur fongicide révèle une fréquence plus élevés pour les parcelles non traitées : T0 et T2 (qui est varie entre 90 et 100% selon les variétés) par apport aux parcelles traitées : T1 et T3 (qui est entre 20 et 60% selon les variétés), cette différence de fréquence est expliquée par l'effet préventif des traitements fongicides.
- 2.L'étude du facteur irrigation montre une fréquence plus marquée sur les parcelles irriguées : T0 et T1 par apport aux parcelles en sec : T2 et T3, ceci est expliquée par l'effet de l'irrigation (l'humidité) sur le développement des maladies fongique.
- 3.La combinaison entre les deux facteurs Irrigation et traitement une fréquence plus élevée pour les parcelles irriguées non traitées par apport aux parcelles irriguées traitées ces dernier ont une fréquence plus élevée que les parcelles en sec et traitées qui présentent une faible fréquence par apport a tous les autres parcelles.

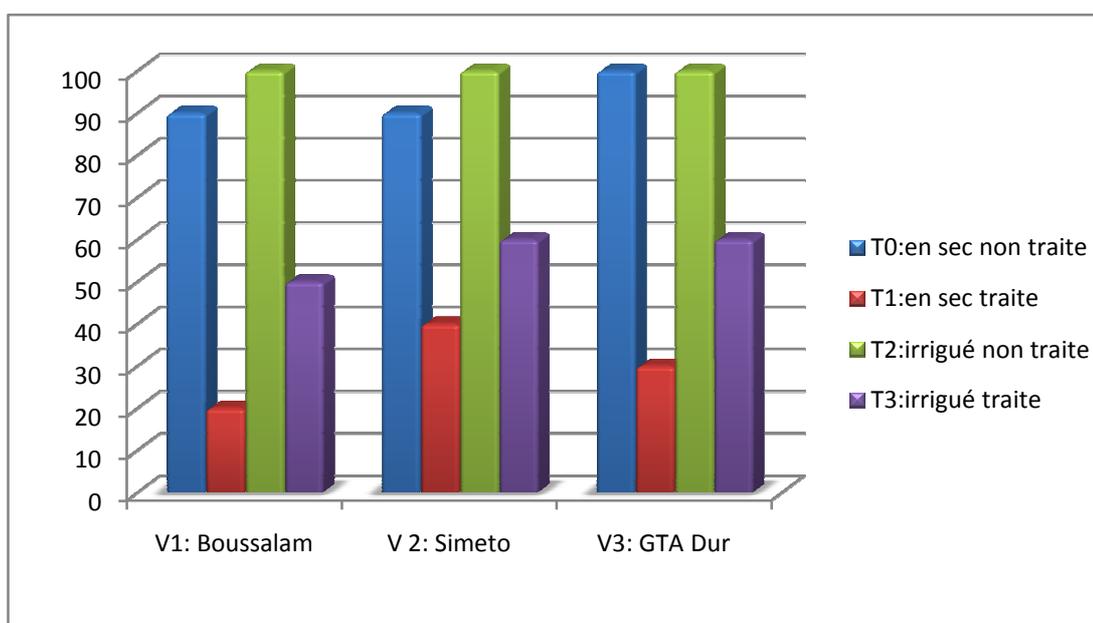


Figure 28 : Fréquence cumulée des maladies des trois variétés.

L'analyse détaillée des fréquences des maladies pour chaque variété révèle :

I.2.1. Variété Bousselam

Les parcelles irriguées non traitées (T2) ont une fréquence plus élevée qui est de l'ordre de 100% (100% Helminthosporiose et Oïdium) suivi par les parcelles en sec non traitées (T0) qui ont une fréquence de l'ordre de 90% (90% Helminthosporiose dont 80% Oïdium) puis les parcelles irriguées traitées (T3) avec une fréquence de 50% (50% Helminthosporiose dont 20% Oïdium) et en fin les parcelles en sec traitées (T1) qui ont une faible fréquence de l'ordre de 20% (20% Helminthosporiose dont 10% Oïdium) (Figure 29).

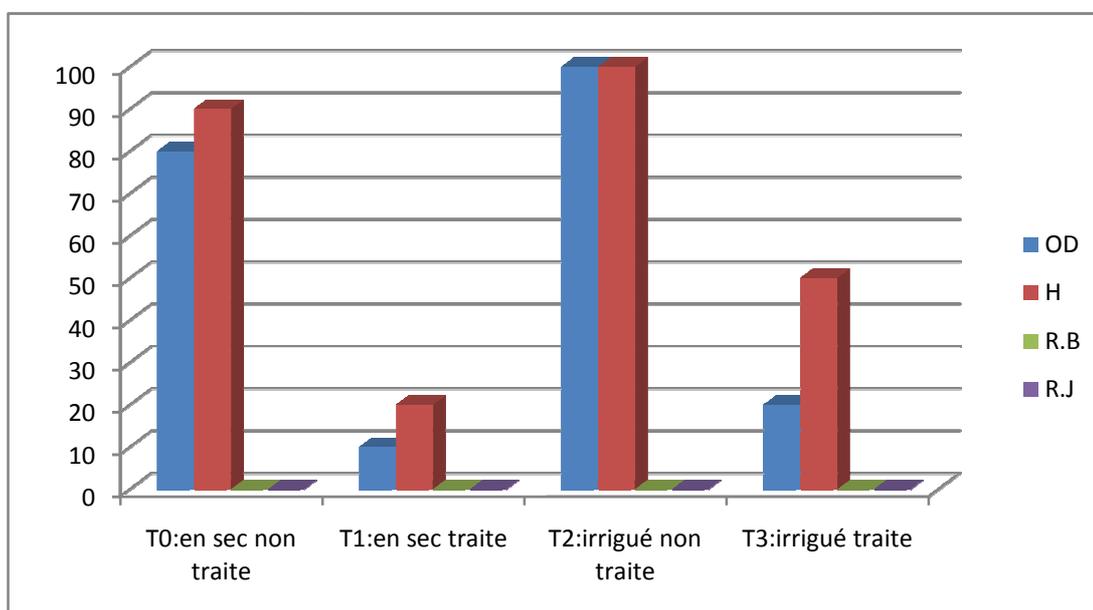


Figure 29 : Fréquence des maladies de la variété Bousselam.

I.2.2. Variété GTA Dur

Les parcelles irriguées non traitées (T2) et les parcelles en sec non traitées (T0) sont classées en 1^{er} lieu avec une fréquence de 100% (100% Helminthosporiose et Oïdium), puis les parcelles irriguées traitées (T3) avec une fréquence de 60% (60% Helminthosporiose dont 40% Oïdium) et en fin les parcelles en sec traitées (T1) qui ont une faible fréquence de l'ordre de 30% (30% Helminthosporiose dont 20% Oïdium) (Figure 30).

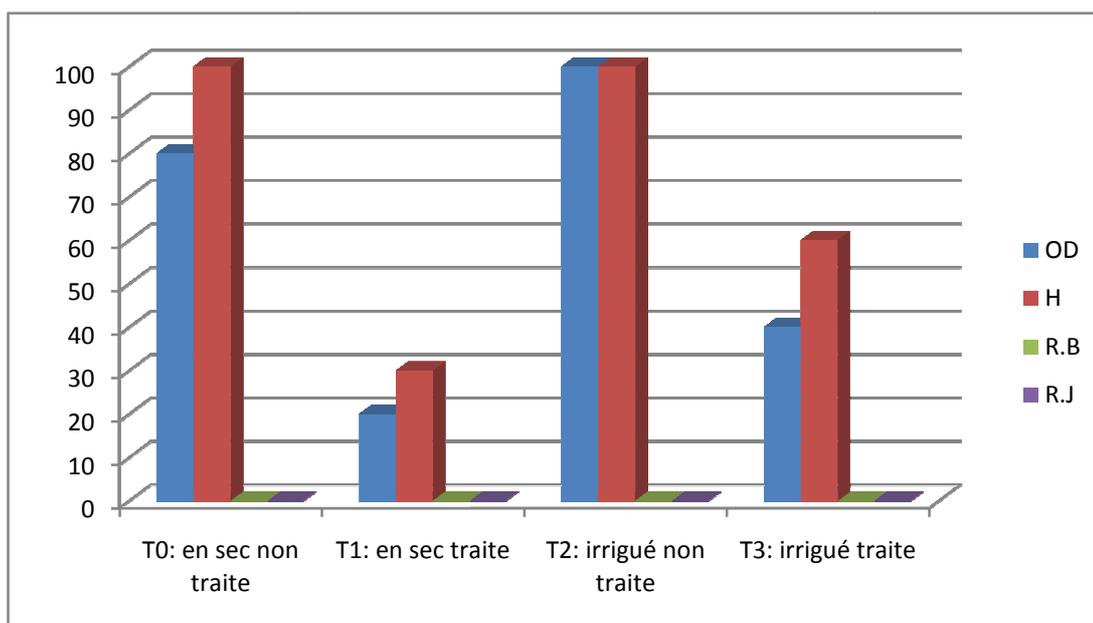


Figure 30 : Fréquence des maladies de la variété GTA Dur.

I.2.3 Variété Simeto

Le même classement des traitements que les deux variétés précédentes à l'exception de la présence des maladies de la rouille brun et jaune en plus de l'Helminthosporiose et l'Oïdium ou on trouve les parcelles irriguées non traitées (T2) en premier lieu avec une fréquence de 100% (100% Helminthosporiose dont 90% Oïdium, 40% Rouille brune et 10% Rouille jaune) suivi par les parcelles en sec non traitées (T0) qui ont une fréquence de l'ordre de 90% (90% Helminthosporiose dont 70% Oïdium et 20% Rouille Brune) puis les parcelles irriguées traitées (T3) avec une fréquence de 60% (50% Helminthosporiose dont 50% Oïdium) et en fin les parcelles en sec traitées (T1) qui ont une faible fréquence de l'ordre de 40% (40% Helminthosporiose dont 30% Oïdium) (Figure 31).

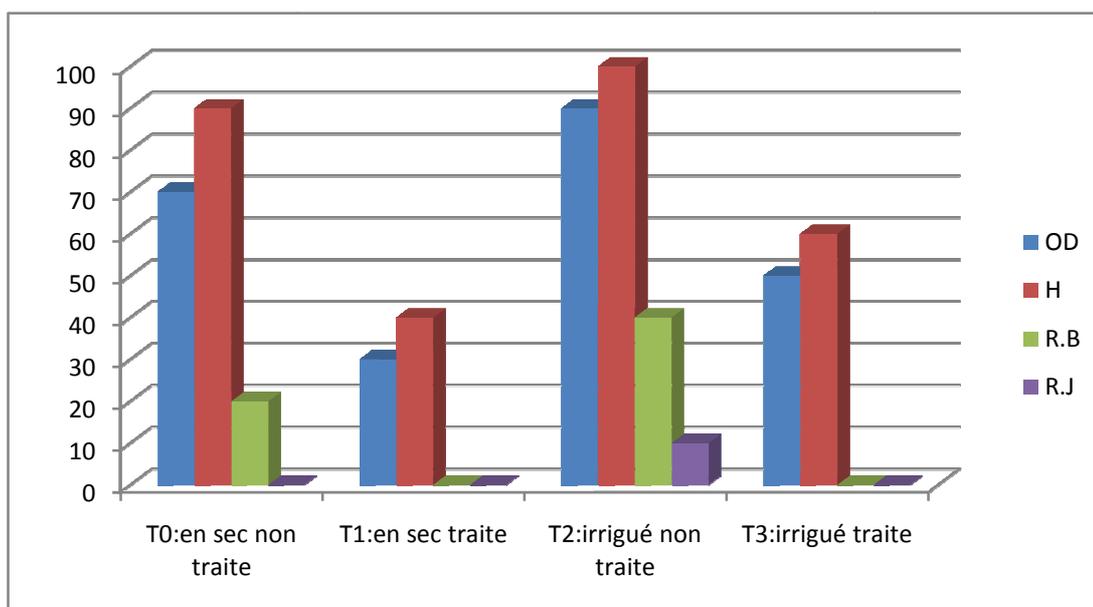


Figure 31 : Fréquence des maladies de la variété Simeto.

II. Caractérisation et identification des isolats fongiques

Parmi les caractères sur lesquels nous avons fondé nos observations, à fin de caractériser et identifier nos isolats, nous nous sommes basé sur :

- Les caractères macroscopiques observés sur milieux PDA.
- Les caractères microscopiques observés sous microscope optique.

A cet effet nous avons sélectionné des isolats typiques de chaque groupe d'isolats.

II.1. *Pyrenophora tritici-repentis*.

- **Caractères macroscopiques :**
 - **Couleur** : vert olive.
 - **Aspect** : plat cotonneux.
 - **Forme** : des colonies régulières.
- **Caractères microscopiques :**
 - **Mycélium** : cloisonné d'une couleur hyaline d'un diamètre de 2 μm .
 - **Conidies** : solitaires, pluricellulaires. Elles sont sombres d'une forme et taille variantes ; ovoïdes à cylindriques et irrégulières. ont une taille de 80 à 170 μm de longueur et 12 à 25 μm de largeur (Figure 32).



(a)



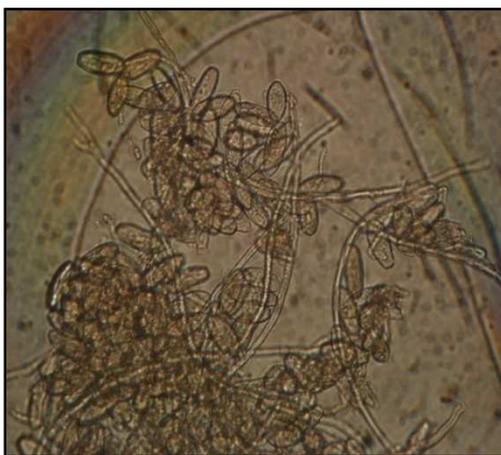
(b)

Figure 32 : Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de *Pyrenophora tritici-repentis*.

II.2. *Erysiphes graminis*.

- **Caractères microscopiques :**

- **Mycélium :** sombre, ramifié, cloisonnée.
- **Conidies (fructification asexuée) :** ovoïdes, hyaline, unicellulaire(a).
- **Périthèces (fructification sexuée) :** sphérique d'une couleur noir renferment des ascospores (b). (Figure 33).



(a)

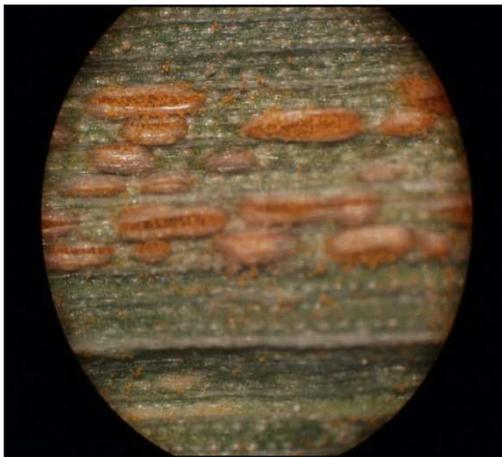


(b)

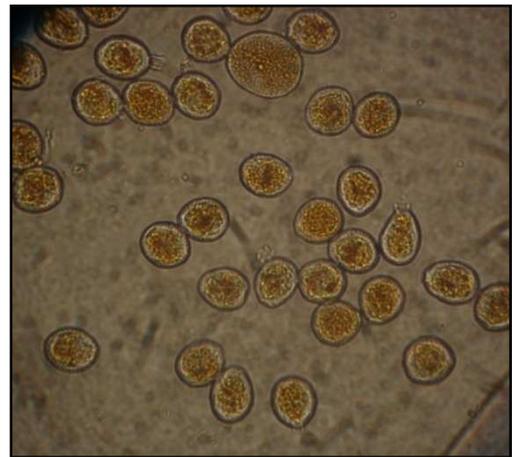
Figure 33 : Aspects microscopique (10X40) d'*Erysiphes graminis*.

II.3. *Puccinia striiformis*.

- **Caractères macroscopiques :**
 - Présence des pustules en chaine sur la face supérieure des feuilles qui est un symptôme typique de la rouille jaune.
- **Caractères microscopiques :**
 - **Urédospores** : jaune ou orangées, à peu près globuleuse. (Figure 34).



(a)



(b)

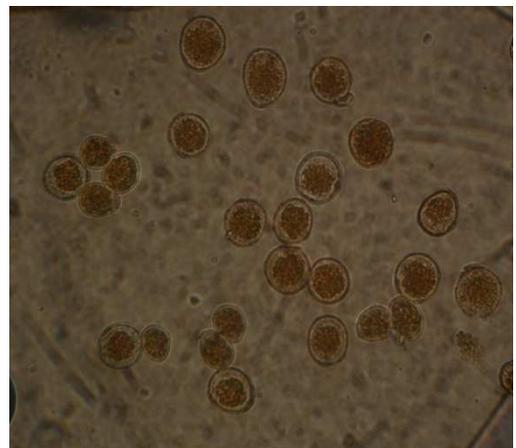
Figure 34 : Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de *P. striiformis*.

II.4. *Puccinia recondita*.

- **Caractères macroscopiques :**
 - Présences aléatoire des pustules sur la face supérieure des feuilles qui est un symptôme typique de la rouille brune.
- **Caractères microscopiques :**
 - **Urédospores** : ovoïdes d'une coloration rouge sombre (Figure 35).



(a)



(b)

Figure 35 :Aspects macroscopique (a), microscopique (b) (10X40) de *P.recondita*.

III. Rendement

L'analyse des résultats de rendement réel estimé après la récolte à montré que :

- 1.La combinaison deux facteurs Irrigation et traitement (T3) donne un rendement le plus élevée pour les trois variétés par apport aux témoins (T0) et aux autres traitements (T1) et (T2).
- 2.Le facteur irrigation (T2) montre un rendement élevée pour les trois variétés par apport aux témoins (T0) et (T1) mais reste inférieur à celle de (T3).
3. Le facteur fongicide (T1) révèle un rendement plus ou moins élevée pour les trois variétés par apport aux témoins (T0) et mais inférieur à celle de (T2) et (T3). (Figure 36).

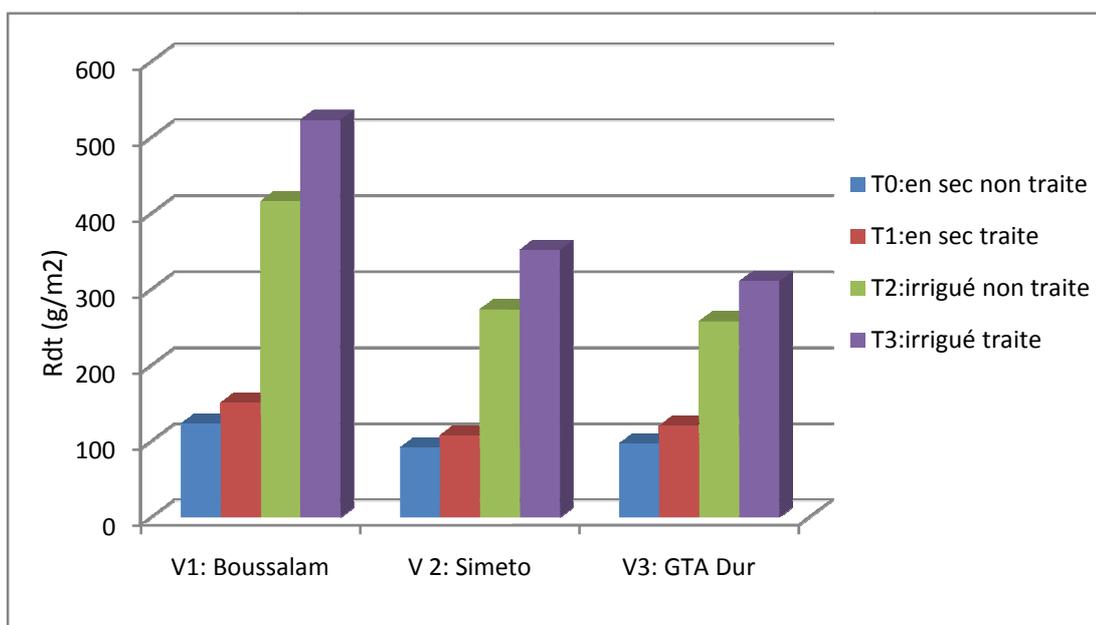


Figure 36 : Rendement réel des trois variétés.

Discussion générale

Durant la campagne agricole (2012-2013), les conditions climatiques étaient très favorable pour le développement de la culture de blé avec un total pluviométrique de 420,7 mm qui reste un petit peu inférieur aux besoins exigés par le blé, qui sont de 450 à 650 mm (Tamsouat, 2006) Pour cela, l'irrigation de complément devient une nécessité pour développer et stabiliser la production. La température moyenne enregistrée varie entre 10 et 25°C, selon Amrani (2006) ; les températures optimales de développement du blé se situent entre 16 et 25°C.

Durant notre étude, nous avons remarqué un développement normal de la culture durant tous les stades phénologiques de la même manière sauf pour le stade maturité où nous avons noté un décalage dans son achèvement, ce décalage est dû principalement aux irrigations et aux traitements fongiques qui font que la plante accomplit ces stades phénologiques normalement. Le remplissage des grains se fait en fin de cycle de végétation qui dépend principalement du feuillage, donc l'élongation du cycle phénologique de la plante correspond à l'élongation de la phase où le feuillage est vert, ce qui favorise le remplissage du grain donc un bon rendement.

Les maladies des plantes cultivées peuvent occasionner des pertes considérables, lorsque les conditions climatiques sont favorables à leur développement. Puisque le développement des épidémies des maladies des plantes dépend des conditions météorologiques favorables, il est raisonnable d'examiner les conditions associées à l'expansion rapide d'une maladie et aux variations de la sévérité d'attaque d'une année à l'autre.

Les besoins en eau des céréales sont très différents suivant leurs stades de développement. Les besoins les plus élevés surviennent autour de la floraison. Leur augmentation significative débute à partir du stade 2 nœuds. La phase post-floraison jusqu'au stade maturité physiologique nécessite une bonne alimentation hydrique pour assurer le remplissage des grains. Selon ARVALIS (2013), Une irrigation bien conduite permet de gagner 5 à 8 q/ha pour un apport de 30mm.

La période de floraison est d'autant plus déterminante que les plantes sont sensibles au manque d'eau et que la probabilité d'un épuisement de la réserve en eau est forte. En cas de mauvaise alimentation hydrique durant ce stade, la fécondation est mal assurée, ce qui limite le nombre de grain par épi. Si ce déficit se poursuit après floraison, une autre composante du rendement, le PMG (poids de mille grains), est également affecté du fait d'un mauvais remplissage des grains. Il est donc primordial de positionner les tours d'eau de manière à couvrir les besoins en eau durant les périodes de floraison et de remplissage.

D'après l'analyse des rendements obtenus après la récolte, les rendements les plus élevés sont ceux des parcelles irriguées et les plus faibles rendements sont ceux des parcelles en sec. Selon Bouthiba et Debeak (2009), la valorisation des eaux de pluie par des irrigations de complément, en zone semi-aride, est souvent intéressante; le rendement moyen peut passer du simple au triple à condition d'utiliser des variétés adaptées.

L'irrigation pendant cette phase pourrait créer des conditions favorables aux maladies fongiques, qui constitue avec les précipitations le facteur de contamination principal. Les spores qui sont produites dans les pycnides des feuilles basses, ne peuvent être transportées sur les feuilles du haut que par l'énergie cinétique fournie par les gouttes de pluie. L'accumulation de 15 mm de précipitation en une ou deux journées consécutives résulte en un développement significatif de la maladie en absence d'intervention fongicide au moment opportun (Ezzahiri, 2001). Suite à la détection des symptômes de la maladie sur les feuilles inférieures du blé, la décision du traitement fongicide est prise lorsque les conditions de la dissémination verticale des spores sont présentes.

D'après les notations des maladies effectuées sur terrain, nous avons enregistré une infestation importante en fin épiaison, selon Ezzahiri, (2001), les principales maladies foliaires du blé manifestent une explosion importante dans leur développement dès l'épiaison du blé. De plus, il est connu que ces maladies affectent essentiellement le remplissage des grains.

Pour les trois variétés, la première maladie enregistrée sur la culture est l'oïdium malgré que la fréquence la plus élevée soit celle de l'helminthosporiose. Ceci peut s'expliquer par l'arrêt de développement de l'oïdium une fois ou les conditions de développement de l'helminthosporiose sont réunies (phénomène de dominance des agents pathogènes) (Christensen, 1969). La présence de la rouille brune et jaune seulement sur la variété SIMETO est expliquée par la sensibilité de cette variété vis-à-vis les rouilles.

Les premiers symptômes sont apparus 10 jours après l'irrigation de complément sur les parcelles non traitées (en irriguée et celle en sec) (29/04/13) ce qui montre que suite à l'augmentation de l'humidité il ya eu l'installation des agents fongiques responsable des maladies d'Oïdium et de l'Helminthosporiose. Après la 7^{eme} semaine (07/05/13) de traitement fongique préventif sur les parcelles traitées en sec et en irriguées, ce qui est expliquée par la bonne rémanence du produit « FALCON » qui est de 8 semaine selon son fabricant Bayer.

L'épidémiologie des rouilles diffère significativement de celle de l'oïdium et de l'helminthosporiose. En effet, il n'y a pas un seul facteur météorologique qui peut être déterminant dans le développement des rouilles, à l'instar du rôle des précipitations dans la germination des spores de *Puccinia graminis*, la rouille des blés et dans l'expansion de l'oïdium et helminthosporiose qui nécessite des conditions d'humidité très élevés, même une température de 15 à 25 °C joue un rôle important dans l'installation des maladies.

Selon Dean et *al.*, 2012, 495 phytopathologues ont établi une liste des dix espèces ou genres de champignons les plus importants du point de vue scientifique et économique en moléculaire plante pathologie (Annexe). Parmi ces genres nous citons : *Puccinia* spp. Agent responsable des rouilles, *Blumeria graminis* agent responsable de l'oïdium et *Mycosphaerella graminicola* agent responsable de la septoriose.

L'application du traitement préventif doit être bien située, selon le développement des feuilles. Il est fortement conseiller de coïncider sa première

application avec la sortie de la dernière feuille afin de préserver les autres en bon état le plus longtemps possible qui vont remplir le grain. La dernière feuille contribue pour 45% à la fabrication des réserves du grain (Bayer, 2009).

Selon la firme Bayer Crop Science, la stratégie de lutte contre les maladies fongiques des céréales a pour objectif la protection des trois dernières feuilles et de l'épi. En effet, c'est à ces stades que les dégâts causés ont le plus d'impact sur le rendement et la qualité. Le programme de traitement doit être défini en fonction des maladies visées et de leur pression sur les céréales. Deux stratégies de traitement sont possibles :

- Programme à un traitement : se fait à partir du stade deux nœuds, jusqu'à la sortie de la dernière feuille qui permet de contrôler les maladies foliaires (Septoriose, Helminthosporiose, Rhynchosporiose, Oïdium et Rouille) uniquement.
- Programme à deux traitements : il permet de contrôler les maladies foliaires en début de cycle et de cibler par la suite les maladies qui attaquent la dernière feuille et les épis. Le 1^{er} traitement se fait à partir du stade deux nœuds, jusqu'à la sortie de la dernière feuille. Ce traitement vise à contrôler les maladies foliaires. Le 2^{ème} traitement se fait au début de la floraison afin de protéger les épis contre la fusariose et contre les tâches des glumes.

Le gain en rendement enregistré entre les parcelles traitées par rapport aux non traitées révèle l'importance du traitement fongique. Selon Laffont (1985), ce sont les trois dernières feuilles dans les céréales en général et le blé en particulier qui déterminent le rendement. Leur protection est donc un facteur clé pour l'obtention d'un bon rendement. Celles-ci et notamment la dernière feuille (feuille étendard) contribuent au remplissage du grain, au poids de mille grains et par conséquent au rendement. Lorsque la céréale est attaquée dans son ensemble par les maladies les pertes de rendement sont estimées :

- 45% lorsque l'épi est attaqué.
- 35% lorsque la dernière feuille est attaquée.
- 20% lorsque l'avant dernière feuille est attaquée.
- 10% lorsque la troisième feuille est attaquée.

CONCLUSION

Conclusion

La conduite des cultures céréalières en Algérie est quasiment dépendante de la pluviométrie, dans ces régions à vocation céréalière situées surtout dans les zones semi-arides, les quantités d'eau ne suffisent pas à garantir des niveaux de production et une qualité selon les objectifs visés. La nécessité de recourir aux irrigations de compléments notamment en situation de déficit hydrique, devient nécessaire pour le développement de cette spéculation, surtout avec son impact socio-économique qui ne cesse d'augmenter.

Dans la plupart de ces régions, de nombreuses maladies fongiques (rouilles, septoriose, helminthosporiose...etc) provoquent chaque année des pertes considérables en qualité et en quantité. Face à cette situation les céréaliculteurs optent pour des fongicides pour assurer une couverture phytosanitaire adéquate.

En prenant en considération ces deux facteurs, à savoir l'irrigation de complément et la couverture phytosanitaire « Falcon », l'Institut technique des grandes cultures (ITGC) au niveau de sa station expérimentale et de production de semence de Khemis-Miliana a mené des expériences avec les variétés : Boussalem, Simeto et GTA Dur.

Les résultats ont révélé des effets notables de ces deux facteurs sur les cultures suivies, où nous avons constaté qu'il y a un effet de l'irrigation sur l'installation et le développement des maladies fongiques (helminthosporioses, oïdium, rouille brune et jaune), en plus de son effet positif sur le rendement. Le traitement fongique préventif utilisé « Falcon » se montre efficace contre les maladies fongiques citées.

Les prévisions épidémiologiques pour ces maladies est une nécessité pour diminuer systématiquement l'utilisation des fongicides et de surveiller de près leur développement. De ce fait des études sur les exigences hydriques de cette culture doivent situer les besoins optimisés en relation avec l'installation et le développement des maladies fongiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

- Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer. 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. pp : 541-550p.
- Amrani M., 2006.** La culture de blé dur (*triticum durum*). Institut technique des grandes cultures (ITGC). 2006.
- Annichiarico P., Abdellaoui Z., Kelkouli M. et Zerargui H. (2005).** Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algeria. *J.Afr.Sci.* pp: 57-64.
- Anonyme., 2009.** Céréaliculture. Numéro spécial. Revue N°52. volume 1. 1er semestre 2009. ITGC. p18.
- Arvalis., 2013.** Déclencher l'irrigation au bon moment. Irrigation. Institut du végétal. Arvalis-info.mars 2013. 2p.
- Barnett H et Hunter B., 1972.** Illustrated genera of imperfect fungi. 3^{ed} edition. Burgess publication company. 293p.
- Basf., 2007.** The chemical company. Nuisibilité des maladies. Les bases du raisonnement du programme fongicide. 14p
- Bayer., 2009.** Maladies des céréales. Formation des maladies. Bayer Crop Science.
- Begos.P., 2005.** Reconnaître les maladies des céréales. Fongicide dossier. Mars 2005. 5p.
- Bonjean. A et E. Picard., 1990.** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan. 235 p.

- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- Bouthiba A., Debeak P., 2009.** Besoin en eau des différentes variétés de blé dur en condition semi aride. Symposium international agriculture durable en région méditerranéenne (AGRUMED). Rabat. Maroc. pp :188-195.
- Bouzerzour H., Djekoune A., Benmahammed A., Benbelkacem A., Hazmoune T. et Mekhlouf S. (2000).** Stabilité des performances et caractéristiques pheno-morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues d'une sélection multi locale. Proc. Du Premier Symposium International sur la Filière Blé- Enjeux et Stratégie- Alger, pp: 178-184.
- B.S.A., 2009.** Bulletin des statistiques agricoles. Inventaire statistique des terres agricoles. Ministère de l'agriculture, 1970-2009.21p.
- Chadouli.A., 2012.** Céréaliculture dans la wilaya de AIN DEFLA.
- Christensen., 1969.** Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. Pest Manag. pp: 1303-1310.
- Cochet A., 2000.** La protection fongicide des céréales d'hiver. Guide pratique de l'agriculteur. Chambre d'agriculteur. Bretagne. France.20p.
- Daroui E., Boukroute A., Kajeiou M., Kouddane N., Berrichi A., 2011.** Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement d'une culture de blé tendre (*Triticum aestivum L.*) (Variété Rajae) au Maroc Oriental. Revue «Nature & Technologie ». N° 05.2011
- Debaeke P., Cabelguenne M., Casals ML. & Puech J., 1996.** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. Epic phase blé. Agronomie. pp:25 - 46.

- Dean R., Vankan J.L., Pretorius Z., Hammond-Kosak K., Di pietro A., Spanu P., Rudd J., Dickman M., Kahmann R., Ellis J., Foster G.** The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. vol. 13. n° 4. Mai 2012, pp : 414–430
- Doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P., 1992.** Les céréales à paille présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), *Amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA, Paris, pp : 13-21.
- Duveiller E., Dubin H.J., Reeves J., McNab A., 1997.** Helminthosporium Blight of wheat : Spot blotch and Tan spot. *CIMMYT. Mexico*. 389p.
- Ezzahiri.B., 2001.** Bulletin mensuel d'information et de liaison di PNTTA. Transfert de technologie en agriculture. les maladies du ble : identification, facteurs de developpement et methodes de lutte (Fevrier 2001). N°77.4p.
- F.A.O., 2013.** Le système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et **Hillel D., 2003.** Irrigation and Water-Use Efficiency. Introduction to *Environmental Soil Physics*. pp: 407–425
- Feillet P., 2000.** Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA. Paris. pp : 17-18.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Deleens E., 1993.** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : *Tolérance à la sécheresse des céréales en zone Méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale*. Ed. INRA, Montpellier (France), pp: 61-73.
- Grinier J., 2002.** Microbes in the environnement. isolation bacterium. *Society for general microbiology*. Marlborough House. Basingstoke Road. Spencers Wood. Readin RG71 AG.

- I.T.A.B., 2000.** Protocole de suivi d'essais comparant des variétés de céréales à paille d'hiver en conduite biologique. Commission Technique des Grandes Cultures. Diffusion : ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) Version janvier 2000.32p
- Kribaa M, Hallaireb V, Curmib P, Lahmarc R., 2001.** Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. Soil and Tillage Research. Volume 60, Issues 1–2, June 2001, pp:43–53
- Lacroix M., 2002.** Maladies des céréales et de luzerne, la société canadienne de phytopathologie. Guide agronomique des grandes cultures.
- Lacroix M.,2008.** Guide d'identification des maladies des céréales. Le bulletin des Agriculteurs. pp : 47-49.
- Lepoivre P.,2003.** Phytopathologie. Bases moléculaires et biologiques des patho-systèmes et fondements des stratégies de lutte. Janvier 2003.432p.
- Leroux J.,1992.** Fongicides céréales et protéagineux. Édition 19.
- M.A.D.R., 2009.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Statistique agricole, superficie et productions. DSASI-MADR.2009.
- Mackey J. (1968).** Species relations of *Triticum*. Proc. 2nd International Wheat Genetic Symposium. Hereditas.pp: 237-276.
- Monneveux P., 1991.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance aux déficits hydriques des céréales d'hiver ? In amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Tunis (Tunisie), AUPELF-UREF, pp: 165-186.

Moreau J.M., 2001. Lutte contre les maladies. Livres blanc « céréales »Ulg Gembloux Agro-biotech et CRA. Gembloux. France.37p.

Prescott J.M, Burnett P.A, Saari E.E, Ransom J, Bowman J, de Milliano W, Singh R.P, Bekele G,1986. *Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification.* CIMMYT. Mexico. 143p.

Wilcoxson, R.D., Saari E.,1996. Bunt and Smut Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. Mexico, D.F.: CIMMYT.74p

Triboi E., 1990. Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé. Agronomie. pp : 191-200.

Yves H et De Buyser J., 2000. L'origine des blés. Pour la science,l'agriculture. Perspectives de récolte et situation alimentaire. N° 1. Mars 2013. pp: 60-62.

Vanginkel M, McNab A, Krupinsky J.,1999. Septoria and stagonospora disease of cereals. A complication of global research.CIMMYT.Mexico.194p.

Zillinsky.F.J., 1983. Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification CIMMYT.Mexico. 141p.

ANNEXES

ANNEXE 1

Liste des abréviations et des symboles

°C : degré Celsius.

cm : centimètre.

CIMMYT : Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé.

Da : densité apparente.

H1 : horizon 1.

H2 : horizon 2.

ha : hectares.

Hcc : humidité à la capacité au champ.

Hpf : humidité au point de flétrissement

I.T.G.C : Institut technique des grandes cultures.

g : grammes.

l : litre.

m : mètre.

m² : mètre carré.

mm : millimètre

MO : matière organique.

ONM : office national de météorologie

PDA : Potato dextrose agar.

PMG : poids de mille grains.

qx : Quintaux.

Rdt : rendement.

RU : réserve utile.

Z : épaisseur du sol.

ANNEXE 2

Milieu de culture

Préparation du milieu de culture PDA (1L); Grainier, 2002.

Pomme de terre	200g.
Glucose	20g.
Agar	20g.
Eau distillée	1L.

ph 7 , autoclavage 20 minute a 120 °C, puis on coule le milieu dans des boites de pétri.

ANNEXE 3

The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology

1. *Magnaporthe oryzae*
2. *Botrytis cinerea*
3. *Puccinia* spp.
4. *Fusarium graminearum*
5. *Fusarium oxysporum*
6. *Blumeria graminis*
7. *Mycosphaerella graminicola*
8. *Colletotrichum* spp.
9. *Ustilago maydis*
10. *Melampsora lini*

Source: « *The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology* », *Molecular Plant Pathology*, (Dean et al, 2012).

TABLES DES MATIERES

Introduction.....	1
Partie I : Synthèse bibliographique	
I. La plant hôte.....	3
I.1. Origine et historique	3
I.2. Classification	4
II. Importance du ble.....	4
II.1. Dans le monde.....	4
II.2. En Afrique du Nord.....	5
II.3. En Algérie	6
II.3.1. Place du blé dur en Algérie	7
II.3.2. Céréaliculture dans la wilaya de Ain Defla	8
II.3.3. Les principales zones céréalières en Algérie	8
III. Les principales maladies fongiques du blé dur	9
III.1. Maladies du pied et des racines.....	11
III.1.1. Piétin-échaudage (épi blanc)	11
III.1.2. Piétin-verse	11
III.1.3. Pourritures racinaires	12
III.2. Maladies foliaires.....	12
III.2.1. Les rouilles	12
III.2.2. Septoriose	14
III.2.2.1 Septoriose des feuilles (<i>Septoria tritici</i>)	14
III.2.2.2 Septoriose des feuilles et épis (<i>Septoria nodorum</i>)	15
III.2.3. L'oïdium (le blanc)	16
III.2.4. Helminthosporiose (Tâche auréolée)	17
III.3. Maladies des épis.....	17
III.3.1. Charbon nu	17
III.3.2. Caries (commune / naine)	18
III.3.3. Fusariose des épis	18
IV. les facteurs contribuant au développement des agents fongiques	18
V. Lutte contre les maladies cryptogamiques du blé.....	21
V.1. Lutte chimique contre les maladies foliaires.....	21
V.2. les différents groupes des fongicides.....	21
V.3. Mode d'action des fongicides.....	23

VI. Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur.....	23
--------------------------------------------------------------------------	-----------

Partie II : Matériels et Méthodes

I. Matériel végétal.....	25
II. Fongicide utilisé.....	26
III. Site d'expérimentation.....	27
III.1. Situation géographique.....	28
III.2. Caractéristique de la région.....	28
III.3. Caractéristique physico-chimiques du sol.....	29
III.4. Conditions climatiques de la campagne 2012/2013.....	30
III.4.1. Température	31
III.4.2. Pluviométrie	31
IV. Mis en place de l'essai.....	31
IV.1. Dispositif expérimental.....	31
IV.2. Itinéraire technique.....	33
V. Suivi de l'essai.....	36
V.1. Détermination des différents stades phénologiques de la culture.....	36
V.2. Notation des maladies.....	37
V.2.1. Fréquence des maladies	37
V.2.2. Prélèvement des échantillons	37
VI. Diagnostic au laboratoire.....	38
VI.1. Isolement.....	38
VI.2. Purification.....	39
VI.3. Identification.....	39
VI.3.1. Caractères macro –morphologiques.....	39
VI.3.2. Caractères micro –morphologiques.....	40
VII. Rendement réel en grain	40

Partie III : Résultats et Discussions

I. Diagnostic symptomatologique.....	41
I.1. Descriptif symptomatologique.....	41
I.2. Fréquences des maladies.....	46
I.2.1. Variété Bousselam	47
I.2.2. Variété GTA Dur	47

I.2.3 Variété Simeto	48
II. Caractérisation et identification des isolats fongiques	49
II. 1. <i>Pyrenophora Tritici-repentis</i>	49
II.2. <i>Erysiphes graminis f.sp tritici</i>	50
II.3. <i>Puccinia striiformis</i>	51
II.4. <i>Puccinia recondita f.sp tritic i</i>	51
III. Rendement	52
Discussions générale	53
Conclusion	57
Références bibliographiques	58
Annexes.	