



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DJILALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'agronomie

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : sciences de la nature et de la vie (S.N.V)

Filière : sciences agronomiques

Spécialité : protection des végétaux

Intitulé du thème:

Contribution à l'étude de la dispersion et d'épidémiologie de l'helminthosporiose (*Helminthosporium Teres*), sur l'orge (*Hordeum vulgare L*), dans la plaine de Sidi Bel Abbés.

Présenté par : YOUSFI Nassera

Mémoire soutenu le 21 /09/2020, devant l'honorable jury composé de :

Président de jury :M^r Hadad M (MCA. UDL. SBA)

Examineur :M^r Reguieg M (MAA. UDL. SBA)

Promoteur :M^r kara M (MAA. UDL. SBA)

Année universitaire: 2019/2020



Remerciements

Avant tout, je remercie dieu tout puissant de m'avoir accordé la volonté, le courage, la patience et les moyens pour accomplir ce modeste travail

J'adresse mes sincères remerciements et appréciations en particulier aux superviseurs du Professeur Kara Mohammed, pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience et surtout sa gentillesse.

et je remerciements aussi Monsieur HAMOU.M, pour leurs aides et Conseils.

Et aussi je remercie :

Monsieur . HADAD .M de l'Université de Djilali Liabès à Sidi Bel Abbes, pour l'honneur qu'il m'a accordé en acceptant la présidence du jury.

Je voudrais également remercie , Monsieu REGUIEG .M d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, je ne peux oublier de remercier tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, à réaliser ce travail.

Un grand merci à toute ma famille.



Dédicace

Je tiens à dédier ce travail à :

Mes parents,

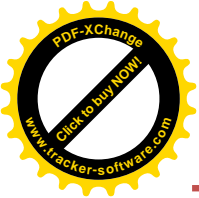
À mes frères, (mostapha , mohammed , akram)

À mes sœurs, (feryal,amel)

Et à ma chère amie (Sara)

À toute ma famille, Et à tous mes amis

Nassera



Résumé

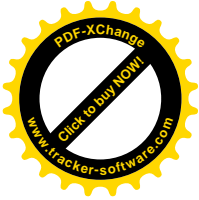
L'orge est l'une des cultures les plus importantes dans le monde. En Algérie, elle occupe la deuxième place en production de grain après les blés (dur et tendre).

Les prospections effectuées auparavant au niveau dans la wilaya de Sidi Bel Abbas, ouest de l'Algérie ont révélé la présence de nombreuses maladies cryptogamiques chez l'orge dont les plus importantes en incidence et en sévérité sont l'helminthosporium ssp, la rhynchosporiose, l'oïdium, et les charbons.

*Dans toutes les zones prospectées l'helminthosporiose de l'orge est la principale maladie qui causait de nombreuses pertes en rendement. L'agent fongique pathogène *Pyrenophora teres Drechs.*, (anamorphe: *Drechslera teres [Sacc.] Shoem*) possède deux formes, *P. teres f. teres (Ptt)* et *P. teres f. maculata (Ptm)* qui se différencient au niveau des symptômes.*

Le but de l'étude aurait été d'étudier sur terrain l'évolution de cette redoutable maladie dans la plaine de Sidi Bel Abbés par la détermination du taux d'infestation et les facteurs épidémiologiques. Suivi, par une étude complémentaire au laboratoire renfermant les méthodes d'isolement, de purification et d'identification de l'agent causal en utilisant les milieux de culture PDA et le milieu sélectif V8, l'étude de pouvoir pathogènes des pathovares isolés ainsi que l'identification microscopique à l'aide du microscope photonique.

Mots clés : *Sidi Bel Abbès*, orge, helminthosporiose, techniques de laboratoire, les milieux (PDA, V8), taux d'infestation.



Contribution à l'étude de la dispersion et d'épidémiologie de l'helminthosporiose (*Helminthosporium ssp*), sur l'orge (*Hordeum vulgare L*), dans la plaine de Sidi Bel Abbés.

ملخص:

المساهمة في دراسة انتشار ووبائية التبقع الشبكي (*Helminthosporium ssp*) على الشعير (*Hordeum vulgare L*) في سهل سيدي بلعباس.

يعتبر الشعير من أهم المحاصيل في العالم. في الجزائر، يحتل المرتبة الثانية في إنتاج الحبوب بعد القمح (الصلب واللين). كشفت الدراسات الاستقصائية التي أجريت سابقاً في ولاية سيدي بلعباس غربي الجزائر عن وجود العديد من الأمراض الفطرية شديدة السمية في الشعير، من أهمها داء التفحم، البياض الدقيقي، الصدأ، ومرض التبقع وتخطط الشعير.

في جميع المناطق التي تم استكشافها من الولاية، يعتبر داء التبقع الشبكي للشعير هو المرض الرئيسي الذي يتسبب سنويا في خسائر كبيرة في الغلة. المرض الفطري *Pyrenophorateres Drechs.* (*P. teres f. Teres Ptt*) له شكلين، (*Anamorph: Drechslerateres [Sacc.] Shoem* و *P. teres f. Maculata (Ptm)* اللذان يختلفان في الأعراض.

كان الهدف من الدراسة هو أولاً دراسة ميدانية لتطور هذا المرض في سهل سيدي بلعباس من خلال تحديد معدل الإصابة، مع دراسة العوامل الوبائية لهذا المرض. ثانياً: دراسة مختبرية عن طريق العزل. وتنقية وتحديد العامل المسبب للمرض باستخدام وسائط PDA والوسيط الانتقائي V8 من خلال تحضير الغرفة الرطبة، ودراسة إمرضية الأمراض المعزولة وكذلك التحديد المجهرى باستخدام المجهر الضوئي.

الكلمات المفتاحية: سيدي بلعباس، الشعير، داء التبقع الشبكي التقنيات المعملية، الوسائط (PDA, V8)، معدل الإصابة.



Abstract

Contribution to the study of the dispersion and epidemiology of helminthosporiosis (*Helminthosporium ssp*), on barley (*Hordeum vulgare L*), in the plain of Sidi Bel Abbés .

Barley is one of the most important crops in the world. In Algeria, it occupies second place in grain production after wheat (hard and soft). Surveys carried out previously in the Wilaya of Sidi Bel Abbès, western Algeria, revealed the presence of numerous fungal diseases in barley, the most important of which in incidence and severity is helminthosporiosis.

In all surveyed areas of this Wilaya, helminthosporiosis of barley is the main disease-causing numerous yield losses. The fungal pathogen *Pyrenophorateres* Drechs., (Anamorph: *Drechslera teres* [Sacc.] Shoem has two forms, *P. teres* f. *Teres* (Ptt) and *P. teres* f. *Maculata* (Ptm) which differ in symptoms.

The aim of the study would have been to study in the field the evolution of this dreadful disease in the plain of Sidi Bel Abbés by contributing to the study carried out in 2015 by determining the rate of infestation and isolation methods. and purification and identification of the causative agent of the disease using the PDA culture media and the V8 selective medium by preparing the humid chamber, study of pathogenicity of isolated pathovares as well as microscopic identification using the light microscope.

Barley is one of the most important crops in the world. In Algeria, it ranks second in grain production after wheat (hard and soft).

Surveys previously carried out in the wilaya of Sidi Bel Abbas, western Algeria revealed the presence of numerous fungal diseases in barley, the most important of which in incidence and severity are *helminthosporiumssp*, rhynchosporiosis, 1 powdery mildew, and coals.

In all the areas prospected, helminthosporiosis of barley is the main disease causing many yield losses. The fungal pathogen *Pyrenophora teres* Drechs., (Anamorph: *Drechslera teres* [Sacc.] Shoem has two forms, *P. teres* f. *Teres* (Ptt) and *P. teres* f. *Maculata* (Ptm) which differ in symptoms.

The aim of the study would have been to study in the field the evolution of this dreaded disease in the plain of Sidi Bel Abbés by determining the rate of infestation and epidemiological factors. Followed by a complementary laboratory study containing the methods of isolation, purification and identification of the causative agent using PDA culture media and V8 selective medium, the study of the pathogenicity of isolated pathovares as well as microscopic identification using the light microscope.

Key words: Sidi Bel Abbes, barley, helminthosporiosis, laboratory techniques, media (PDA V8), infestation rate.



LISTE DES ABREVIATIONS :

Cm : Centimètre.

FAO: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.

Mm : Millimètre.

MT : Million De Tonnes.

N : Nord

P₂O₅ : Phosphore.

Qx /Ha : Quintaux Par Hectare.

Kg/Ql : Kilogrammes Par Litre.

K₂o : Potassium.

T1 :La Première Talle.

°C : Degré Celsius.

% : Pourcentage.

D. Teres : *Drechslera Teres*.

F. Asexuée :Forme Asexuée.

F. Sexuée : Forme Sexuée.

F. Maculata :Forme Maculata.

F. Teres :Forme Teres.

H. Teres : *Helminthosporium Teres*.

Ph : Potentiel Hydrogène.

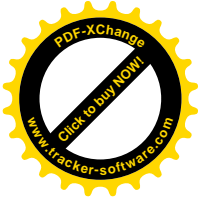
Psjn : *Pain*.

Km² : Kilomètres Carrés

PDA : Potato Dextrose Agar

M : Mètre

V8 : Vegetable Juice



LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Orge sauvage (<i>Hordeum vulgare</i> subsp. <i>spontaneum</i>).....	04
Figure 2 : Sites connus et présumés de distribution de l'orge sauvage.....	05
Figure 3 : Fluctuation de la production mondiale de l'orge.....	07
Figure 4 : Épi d'orge à deux rangs (gauche) et à six rangs (droite).....	09
Figure 5 : <i>Hordeum vulgare</i> . Orge. Gauche: Épillet d'orge à 6 rangées, droite: épillet d'orge à 2 rangées. A.- Caryopse central; B.- Caryopses latéraux; C.- Pointe; D.- Glumes; E.- Pointe de la glume.....	09
Figure 6: Morphologie de l'orge <i>Hordeum vulgare</i> L. (gauche), <i>Hordeum hexasticon</i> L. (droite).....	10
Figure 7 : Plante d'orge montrant a) épis terminal, b) partie supérieure du pédoncule floral, c) feuille rattachée au noeud (« flag leaf»), d) région internodale, e) limbe de la feuille, f) internode sous le pédoncule floral.....	11
Figure 8: Cycle végétatif de l'orge d'hiver (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	12
Figure 9 : Des grains de blé hâtif de Carinthie (<i>Triticum aestivum</i>); variété d'orge céleste du Valais (<i>Hordeum vulgare</i>) et une orge vêtue à 2 rangs (<i>H. vulgare</i> subsp. <i>distichon</i>). L'orge nue est aussi appelée orge-froment.....	13
Figure 10 : Préparation du sol pour semis de l'orge.....	14
Figure 11 : Apport de fertilisation azotée dans la culture de l'orge.....	15
Figure 12 : La moisson de l'orge.....	15
Figure 13 : Progression de l'helminthosporiose du bas vers le haut de la plante (Comme la septoriose).....	19
Figure 14 : Types des symptômes causés par <i>Drechslera teres</i> sur l'orge.....	20
Figure 15 : La formation caractéristique en « réseau » sur feuille d'orge, due à <i>Drechslera teres</i>	20
Figure 16 : Taches présentant un point noir au centre c'est le point d'infection.....	21
Figure 17 : Voies de transmission de la maladie.....	22
Figure 18: Mycélium et conidies de <i>Drechslera teres</i> (= <i>Helminthosporium teres</i>) de l'orge.....	22
Figure 19 : <i>Helminthosporium teres</i> (forme anamorphe) de l'orge.....	23
Figure 20: <i>Helminthosporium sativum</i> de l'orge.....	23
Figure 21 : <i>Helminthosporium gramineum</i> de l'orge.....	23
Figure 22 : Structures de dispersion sexuelle et asexuée de <i>Pyrenophora teres</i> f. <i>teres</i>	24



Figure 23 : Cycle de vie de <i>Pyrenophora teres f. teres</i> et <i>P. teres f. maculata</i>	26
Figure 24 : Cycle de développement de <i>Desclera teres</i> et <i>Pyrenophora teres</i> , agents de l'helminthosporiose de l'orge.....	26
Figure 25 : Voies de l'évolution de l'épidémie de l'helminthosporiose.....	27
Figure 26 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbes.....	30
Figure 27 : Carte géologique de Sidi Bel Abbés.....	31
Figure 28 : Répartition des sols dans la plaine de Bel Abbés.....	32
Figure 29 : Précipitations mensuelles sur la plaine de Bel Abbès.....	33
Figure 30 : Évolution des Températures moyennes mensuelles de la plaine de Sidi Bel Abbés.....	33
Figure 31: Courbe ombrothermique de la région de Sidi Bel Abbés année 2019.....	34
Figure 32: Evolution La superficie en (ha) des différents types de céréales cultivés dans la zone de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2013).....	35
Figure 33 : Evolution de la production en quintaux des différents types de céréales cultivés dans la wilaya de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2014).....	36
Figure 34 : Caractéristiques macroscopiques des colonies de <i>Pyrenophorateres</i> poussant sur différents supports de croissance. A: PDA moyen / colonie blanchâtre / mycélium cotonneux / absence de corémie, B: BL moyen / colonie vert foncé / mycélium cotonneux / absence de corémie, C: BL moyen / colonie vert clair / mycélium cotonneux / moyen production de corémie, D: milieu V8 / colonie verte / mycélium plat (face supérieure à gauche, en bas à droite).....	39
Figure 35 : Symptômes de <i>Pyrenophorateres</i> sur les feuilles d'orge. Type de réseau Ptt: A (réseau) et type spot de Ptm: B (linéaire), C (rectangulaire), D (ovale) et E (punctiforme)....	40
Figure 36 : Après incubation en chambre humide, l'utilisation de la loupe binoculaire permet d'observer des petits filaments correspondant aux conidiophores portant les spores (conidies) (Corémie).....	41
Figure 37 : Traits morphologiques des conidies de <i>Pyrenophorateres</i>	41



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Evolution de la superficie et de la production de l'orge en Algérie.....	07
Tableau 0 2 : Caracatéristiques des principales variétés d'orge cultivée en Algérie.....	08
Tableau 03 : Liste des <i>helminthosporium</i> avec leur synonyme et leur forme sexué.....	18
Tableau 04 : Echelle de notation et de sensibilité des maladies a feuilles.....	37



Table des matière

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Chapitre I : Généralités sur l'orge

1. Historique et origine géographique.....04

2. Origine génétique.....05

3. Aire de culture.....05

4. Importance de l'orge Dans le monde.....06

5. La production de l'orge.....06

5.1. Dans le monde.....06

5.2. En Algérie.....07

5.3. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie.....08

5.4. Principales zones de production en Algérie.....09

6. Les caractéristiques botaniques de l'orge.....09

6.1. Taxonomie.....10

6.2. Caractères morphologiques.....10

6.2.1. L'appareil aérien.....10

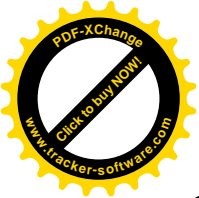
6.2.2. L'appareil racinaire.....11

6.2.3. L'appareil reproducteur.....11

6.3. Le cycle de développement de l'orge.....12

6.3.1. Période végétative.....12

6.3.2. La période reproductrice.....13



6.3.3. La période de maturation	13
7. Les conditions culturales de l'orge	13
7.1. Sol	13
7.2. La température	13
7.3. L'eau	14
7.4. La photopériode	14
7.5. Préparation du sol	14
7.6. Semis	14
7.7. Fertilisation	14
7.8. Désherbage	15
7.9. Moisson (Récolte)	15

Chapitre II: Présentation de l'agent causal d'Helminthosporiose

1. Historique	17
2. Classification	17
3. Symptomatologie	18
3.1. Réseau	19
3.2. Linéaires	19
3.3. Rectangulaires	19
3.3.1. Le type « réseau » (forme teres)	20
3.3.2. Le type « taches brunes » (forme maculata)	20
4. Évolution de la maladie	21
5. Biologie de Pyrenophora teres	22
5.1. Le mycélium	22
5.2. Les conidies	22
5.3. La période de latence	23
5.4. Les chlamydospores	23
5.5. Les organes sclerotioides	23
5.6. Les pseudothèces (périthèces)	23
5.7. Les sclérotes	23



6. Cycle biologique.....	24
6.1. Source et conservation de l'inoculum.....	25
6.2. Infection primaire.....	25
6.3. Infection secondaire (épidémie polycyclique)	25
7. Les paramètres épidémiologiques.....	26
8. Méthodes de lutte contre l'helminthosporiose.....	27
8.1. Lutte culturale.....	27
8.2. Lutte chimique.....	28
8.3. Lutte biologique.....	28
8.4. Lutte génétique.....	28

Chapitre III : Technique d'isolement, purification et identification

1. Présentation de la zone d'étude.....	30
1.1. Présentation de la wilaya.....	30
1.2 Géologie.....	30
1.2.1. Zone montagneuse.....	31
1.2.2. Zone de plaine.....	31
1.2.3. Zone de steppe.....	31
1.3. Pédologie.....	31
1.4. Climat.....	32
1.4.1. Précipitations mensuelles.....	32
1.4.2. Températures.....	33
1.5. Agriculture.....	34
1.5.1. Secteur céréalière.....	34
1.5.1.1 Production de l'orge au niveau de la Wilaya de Sidi Bel Abbas.....	34
1.5.1.2. Superficie.....	35
1.5.1.3. Production.....	35
1.5.1. Rendement.....	35



2. Méthodes d'analyses	36
2.1. Prélèvement des échantillons	36
2.2. Évaluation des maladies au champ	37
2.2.1. incidence	37
2.2.3 La sévérité	37
2.3. Méthodologie au laboratoire	38
2.3.1. Milieux de culture	38
2.3.1.1. Le milieu PDA (Potato Dextrose Agar)	38
2.3.1.2. Le milieu V8	38
2.3.2. Méthodes d'isolement de purification et d'identification	38
2.3.2.1. Isolement des agents pathogènes	38
2.3.2.2. Préparation de chambre humide	38
2.3.2.3. Détermination des morphotypes, de la pigmentation et de la croissance mycélienne	39
2.3.3. Étude du pouvoir pathogène	40
2.3.3.1. Matériel biologique	40
2.3.3.2. Inoculation des plantules et notation des symptômes	40
2.3.4. Identification microscopique	41
Conclusion	43
Références bibliographiques	45
Annexe	52



Introduction



Introduction

L'orge est l'une des cultures les plus importantes dans le monde. Selon Parry et Parry (1993), l'orge est probablement la céréale la plus ancienne. C'est l'une des cultures les plus anciennes parmi les céréales ayant joué un rôle significatif dans le développement de l'agriculture (Ullrich, 2011). Pendant l'antiquité et jusqu'au deuxième siècle avant Jésus-Christ, l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du Croissant Fertile, d'Europe et du Bassin Méditerranéen. Quant aux pays du Maghreb, son introduction s'est faite depuis le Croissant Fertile en passant par l'Égypte (Boulal *et al.*, 2007).

*L'orge (**Hordeum vulgare L.**) a toujours occupé une place importante parmi les autrespéréales en Algérie. Elle était à la tête des cultures et destinée à l'autoconsommation humaine. Son rôle dans l'alimentation animale a toujours été et reste fondamentale. (Rahal-Bouziane, 2015).* L'importance agronomique de l'orge est due à sa grande faculté d'adaptation climatique et édaphique. C'est une espèce qui peut être cultivée dans des zones semi-arides où elle peut remplacer avantageusement le blé et donner de meilleurs rendements. En Algérie, la production et les rendements de cette culture sont fortement liés aux conditions climatiques (Hanifi, 1999).

La culture de l'orge, comme la plupart des espèces cultivées, est sujette à des maladies qui affectent la production quantitativement et qualitativement, provoquant des baisses de rendements appréciables.

Parmi les maladies redoutables sur l'orge, la rayure réticulée, les stries des feuilles provoquées par *l'Helminthosporium ssp* (Serenius *et al.*, 2006) est considérée comme la maladie la plus dommageable. La transmission du pathogène par les semences est un moyen de dissémination efficace qui rend la maladie très sévère.

Selon Sayoud *et al.* (1999) Bien que les dégâts dus à l'helminthosporiose de l'orge soient très importants, les études portant sur l'importance de cette maladie en Algérie, et la caractérisation de la population locale de l'agent pathogène restent insuffisantes et sont généralement assez localisées.

Au début, l'objectif de notre étude était d'évaluer sur terrain la dispersion spatiale de la maladie au niveau de la plaine de Sidi Bel Abbés ainsi que les facteurs favorisant la diffusion et la colonisation des nouveaux foyers suivi par



une analyse morphologique, biochimique et microscopiques des isolats prévus. Malheureusement, la pandémie du COVID 19 a entraîné un confinement global du pays ce qui a influé directement sur notre travail de recherche. Un changement complet du plan du travail notamment dans son volet expérimental s'avéré insoutenable.

Pour cela, nous avons contenté de présenter une synthèse bibliographique qui mette en exergue les principales informations sur l'agent causal à savoir sa biologie, taxonomie, symptômes et moyens de lutte, ainsi que les facteurs épidémiologiques conditionnant sa diffusion et sa propagation et d'exposer les techniques dediagnostiques laborantines d'isolement et de reconnaissance.

Le présent mémoire s'articule autour de trois principaux chapitres :

Le chapitre 1: est une généralité sur l'orge.

Le chapitre 2: aborde une présentation de l'agent causal d'Helminthosporiose.

Le chapitre 3: démontre les méthodes d'échantillonnages, et les techniques d'isollements et d'identifications de l'agent causal au niveau de laboratoire.

Et enfin, une conclusion permettant de synthétiser les données présentées dans ce mémoire avec les perspectives possibles pour ce travail.



Chapitre I

Généralités sur l'orge

1. Historique et origine géographique :

L'orge (*Hordeum vulgare*.L) est l'une des cultures les plus anciennes et a joué un rôle dans le développement humain de l'agriculture, des civilisations et des cultures et des sciences de l'agronomie, de la physiologie, de la génétique, de l'élevage, du maltage et du brassage.

Basés sur les découvertes archéologiques dans les premiers villages du Croissant Fertile, l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est la première céréale à être domestiquée dans cette région. Les fouilles archéologiques effectuées depuis le début du 20^{ème} siècle en Syrie et en Iraq ont dévoilé la présence de caryopses d'orge provenant d'épis modifiés par le processus de domestication. Ces épis datent d'environ **10 000 ans**, quelques centaines d'années avant l'apparition des blés cultivés diploïdes (**engrain**) et tétraploïdes (**amidonnier**) (**Harlan et Zohary., 1966**).



Figure 1 : Orge sauvage (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*).

L'orge sauvage est une plante originaire des régions sèches en été du Proche-Orient (**Harlan et zohary.,1966**).

L'orge a gagné le sud de l'Espagne vers **4000-5000 av. J-C**, et elle a atteint l'Europe du nord et centrale, ainsi que l'Inde, vers **2000-3000 av. J-C**. En Chine, elle est arrivée en **1000-2000 av. J-C**. Au Sahara, elle était cultivée dans les oasis en **100-300 av. J-C.**, mais il semble qu'elle n'ait pas migré plus au sud en Afrique de l'ouest avant le **XVI siècle après J-C**. Christophe Colomb I a introduite dans le Nouveau Monde.

Pendant l'Antiquité et jusqu'au deuxième siècle **av. J.C.**, l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du Croissant Fertile, d'Europe centrale et du bassin méditerranéen (**Bonjean, 2001**).

2. Origine génétique :

Les études génétiques, incluant les analyses récentes en biologie moléculaire, confirment que l'orge cultivée a évolué à partir de l'espèce *Hordeum spontaneum* L.* ($2n = 14$), une orge spontanée possédant un épi à rachis cassant à deux rangs, qui est bien représentée dans différentes régions intra montagneuses ainsi que dans les plaines de l'est de l'Asie, du Croissant Fertile, des Balkans et du nord-est de l'Afrique.

Les découvertes archéologiques démontrent que l'orge spontanée avait fait l'objet de cueillettes intensives à partir de **20 000 A.P.**, non seulement dans cette région (Tell Abu Hureyra, Tell Aswad et Mureybit (Syrie); Eynan (Israël), mais aussi en Afrique, dans la vallée du Haut Nil (Tushka) à partir de **22 000 A.P.** et, en particulier, entre **14 500 et 10 500 ans A.P.** Une collection mondiale de plus de 600 lignées de ce type est entretenue et régulièrement mise à jour (Zohary, 1999).

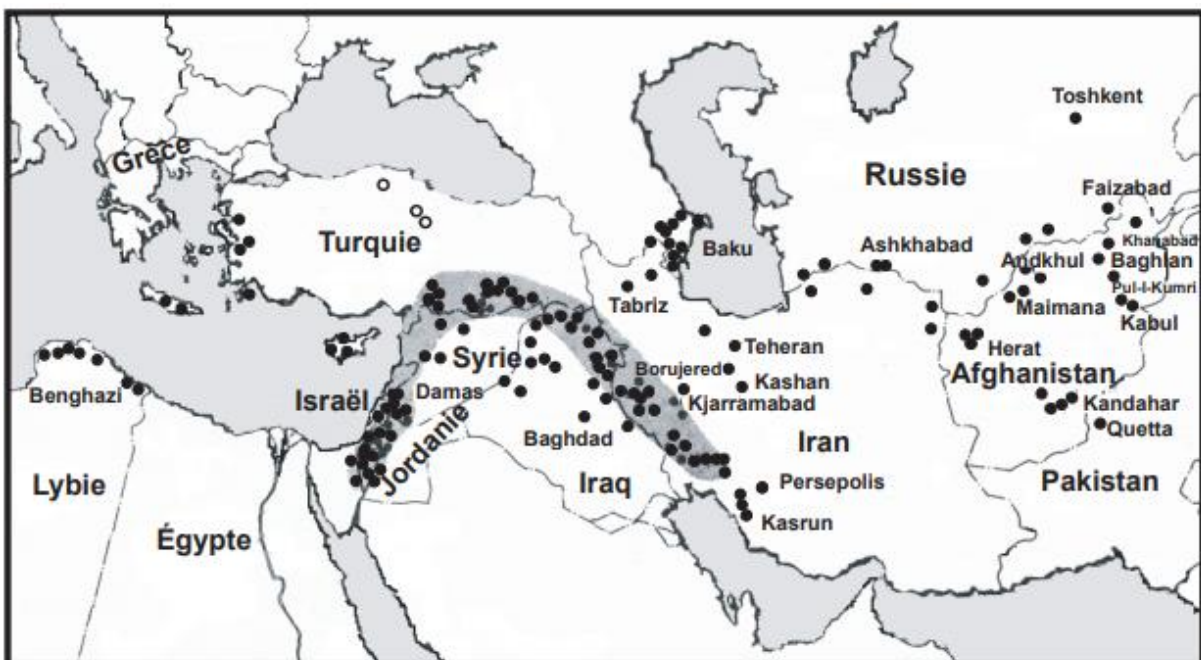


Figure 2 : Sites connus et présumés de distribution de l'orge sauvage.

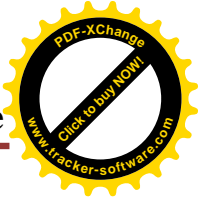
Les zones ombragées représentent les emplacements prépondérants près des habitats primaires. D'autre part, l'orge sauvage a pu avoir une distribution abondante mais confinée dans les habitats très perturbés (Harlan, J.R. 1975)

3. Aire de culture :

Considérant l'origine de l'orge et ses caractéristiques de croissance, les conditions écologiques propices à sa culture devraient être relativement similaires à celles décrites pour le blé.

Cependant, cette espèce possède un potentiel d'adaptation supérieur à celui du blé, comme le démontrent les nombreuses variétés issues des programmes de sélection et d'amélioration génétique plus récents (Badr *et al.*, 2000).

De nos jours, c'est la céréale dont l'aire de culture couvre les zones écologiques les plus diverses. La culture de l'orge se fait autant dans les régions froides délimitées aux latitudes **55-65° N** que dans les régions tropicales et sub-tropicales en altitude qui possèdent une saison



sèche prolongée. L'orge est ainsi cultivée dans des pays comme le Canada, la Finlande, la Russie et la Suède. L'orge est plus tolérante aux conditions extrêmes de température que le blé (**Badret *al.*, 2000**) .

4. Importance de l'orge Dans le monde :

Jusqu'au commencement de notre ère, l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine parmi les peuples du Croissant Fertile, des régions méditerranéennes et de l'Europe . De nos jours, , la farine d'orge est généralement mélangée à celle du blé et d'autres céréales pour la fabrication de galettes et de pains.L'alimentation animale est le principal débouché de l'orge, elle représente environ les deux tiers de la production mondiale (**Bonjean., 2001**).

En Allemagne et au Royaume-Uni, de même qu'au Benelux et au Portugal, la fabrication de la bière représente le quart de l'utilisation intérieure. L'Orge destinée à la brasserie doit avoir des grains suffisamment gros, plus de **2,5 mm**, un pouvoir de germination élevé (**95%**) et une teneur en protéine inférieure à **11%**.

5. La production de l'orge :

Sa production mondiale actuelle (**environ 140,6 MT en 2019**), ne représente qu'environ **23 %** de la production globale annuelle du blé. Seulement **20 %** de cette production est destinée à l'alimentation humaine directe tandis que **35 %** sert à l'élaboration de la bière, d'alcools et de sirops et **45 %** de cette production est utilisée à la ferme pour l'alimentation des animaux de ferme et comme source de semences pour les plantations de l'année suivante (**Statista, 2020**).

5.1. Dans le monde :

L'orge est la quatrième céréale par ordre d'importance. Elle occupe environ 70 millions d'hectares et la production mondiale est de **160** millions de tonnes.les pays en développement représentent environ 18pour cent (**126 millions de tonnes**) de la production totale et **25** pour cent (**18,5millions d'hectares**) de la superficie plantée (**Faostat., 2015**).

Dans la plupart des pays en développement,l'orge est la culture des pauvres et des environnements hostiles. Au tibet (chine), en Ethiopie et dans les andes, elle est cultivée à flanc de montagne à une altitude supérieure à celle des autre céréales. Dans de nombreuses régions d'afrique du nord, du proche-orient de l'afghanistan, du pakistan,de l'Erythrée et du yémen, c'est souvent la seule culture pluviale viable, et on peut dire que ni la surface occupée ni le volume de la production ne reflètent la véritable importance de cette cultur (**Badr *etal.*, 2000**).

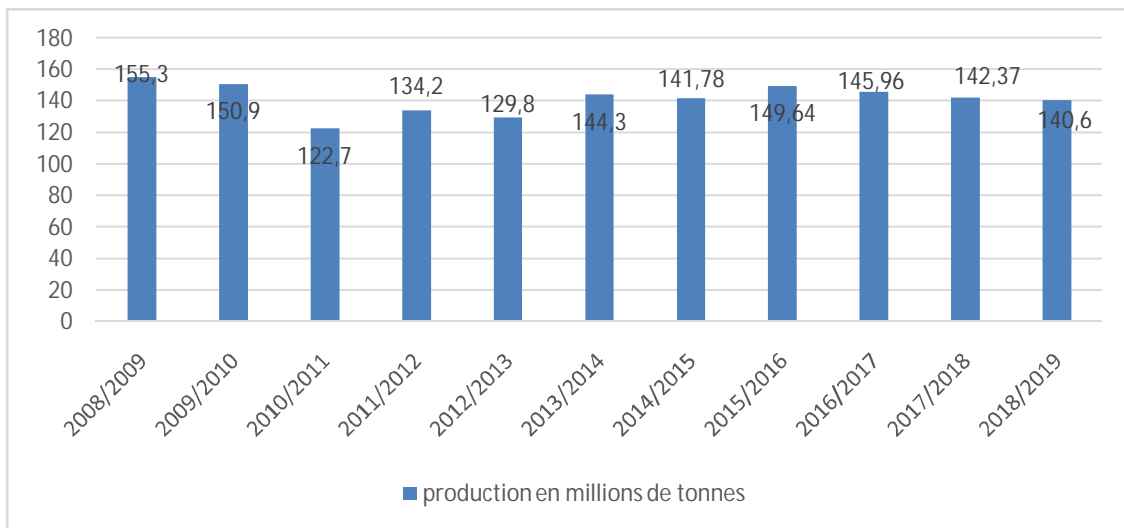
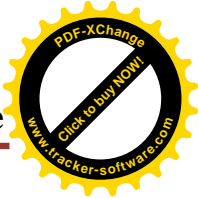
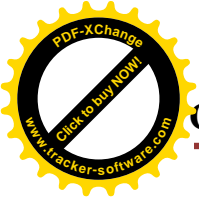


Figure 3 : Fluctuation de la production mondiale de l'orge (source statistica, 2020).

On constate une nette fluctuation de la production de l'orge durant les 10 dernières, le volume le plus élevé a été atteint durant la campagne agricole 2008/2009, avec plus de 155 millions de tonnes produites, comparé au volume de production le plus bas se situant à environ 120 millions de tonnes qui a été réalisé en 2010/2011.

5.2. En Algérie :

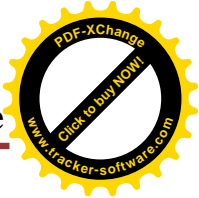
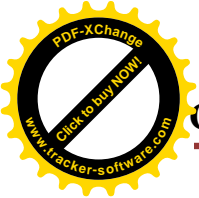
En Algérie, 35% de la superficie céréalière est consacrée à la culture de l'orge qui est concentrée entre les isohyètes 250 et 450 mm. Confrontée à des contraintes d'ordre climatiques et techniques, la production algérienne d'orge est faible et surtout variable dans l'espace et le temps (Bouzerzour et Benmahammed, 2004).

Cette réduction de production est due à nombreux facteurs : l'abandon de la culture de l'orge par les agriculteurs au profit du blé, l'insuffisance et l'irrégularité de la pluviométrie, le faible potentiel des variétés cultivées et surtout les maladies parasitaires qui provoquent chaque année des pertes considérables du rendement.

Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie se classe en seconde position après le Maroc, qui produit plus de 16 millions de quintaux, en moyenne (Faostat, 2008).

Tableau 01 : Evolution de la superficie et de la production de l'orge en Algérie (Statistiques Agricoles, série B, MADR 1998-2006)

Année	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx /ha)
1998	939210	7000000	7.5
1999	468960	5100000	10.9
2000	215630	1632870	7.6
2001	515690	5746540	11.1
2002	894900	4161120	10.4
2003	833510	12 219760	15.6
2004	1029000	12116000	13.2
2005	1 023414	10 328190	15.1
2006	1117715	12358800	15.2



Le suivi de l'évolution de la production met en évidence l'importance des fluctuations inter annuelles. Le rendement se caractérise par une grande variabilité allant de **7.5 qx /ha** en **1998** à **15.6 qx /ha** et **15.2 qx /ha** en **2003** et en **2006** respectivement.

Cependant, ces dernières années, la production nationale de l'orge a progressivement augmentée car plusieurs programmes et projets ont été mis en place pour l'amélioration de la production de l'orge, et le développement des variétés résistantes aux maladies. Depuis **2009**, l'Algérie est devenue auto-suffisante en production d'orge (**Djermoun., 2009**).

5.3. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie :

Deux variétés locales, Saida et Tichedrett couvrent l'essentiel des superficies qu'occupe cette espèce. Des variétés nouvelles ont fait leur apparition en milieux producteurs, mais elles n'occupent toutefois que des superficies limitées due à leur faible adaptabilité à l'environnement de production (**Boufnar et al., 2006**).

Elles sont irrégulières et produisent peu de paille sous stress. La sélection de nouvelles variétés relativement mieux adaptées et plus productives reste donc un important objectif de recherche dans les régions semi-arides ou de faibles progrès ont été faits en la matière (Benzerzour.1990).

Tableau 02 : Caracatéristiques des principales variétés d'orge cultivée en Algérie (Boufnar et Zaghouane, 2006)

Variétés	Caractéristiques
Jaidor (dahbia)	A paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, tolérante aux maladies et à la verse, sensible au gel et a l'égrenage.
Rihane03	A paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, à double exploitation.
ACSAD68 (remada)	Précoce, à fort tallage et bonne productivité. elle est tolérante aux rouilles et à la verse, adaptée aux zones des plaines intérieures.
Barberousse (hamra)	A paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité, tolérante à la verse, à la sécheresse au froid.
ACSAD 60 (Bahria)	A paille courte et creuse, précoce, fort tallage, bonne productivité, sensible à la jaunisse nanisante et résistante à la verse.
ACSAD 176 (nailia)	Variété précoce, résistante à la verse et tolérante à la sécheresse. Elle est sensible aux maladies (rouille brune, oïdium, helminthosporiose, rhynchosporiose).
Saida 183	Variété locale, semi-tardive, à paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivité, sensible aux maladies.
Tichedrett	Variete locale, à la paille moyenne, précoce , tallage moyen, bonne productivité et rustique.
El fouara	A la paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. Elle est adaptée aux hauts-plateaux.

5.4. Principales zones de production en Algérie :

La culture de l'orge est concentrée dans les zones marginales des plaines intérieures et des hauts plateaux (**semi-aride**) et jusqu'à la steppe. Les zones semi-arides se caractérisent par des sols peu profonds et peu fertiles suite à l'absence de restitution de la matière organique, ainsi la remontée des eaux vers la surface à cause de a forte demande climatique, créé des dalles de tufs à des profondeurs variables du profil, (**Baldy, 1974**).

La culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines, en Algérie. Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (**1901-2005**), de **1** million d'hectares, une production moyenne variant de **3** à **16** millions quintaux et une moyenne de rendement grain de **7 qx/ha** (**Djermoun A., 2009**).

6. Les caractéristiques botaniques de l'orge :

L'orge est un monocotylédone : famille des poacées (**ex :Graminées**), sous famille des festucoidées (**ou pooidées**) regroupant des genres de zone tempérée. L'orge constitue le genre *Hordeum*. Il se caractérise par des épillets uniflores groupés par **3 (1central flanqué de 2 latéraux)** alternativement à chaque étage du rachis. Des épillets latéraux (**3+3 alternés**) normalement développés confèrent la morphologie (**Harriri., 2003**).

L'orge à deux rangs : il est ainsi nommé car les graines s'insèrent de part et d'autre de l'axe de l'épi, au même niveau sur le rachis. L'épi est aplati. Les orges à deux rangs sont majoritairement des orges de printemps.

L'orge à six rangs ou esourgeon : Elle présente six rangées de grains entourant l'axe de l'épi, ce sont surtout des orges d'hiver (**Souillah, 2009**).



Figure 4 : Épi d'orge à deux rangs (gauche) et à six rangs (droite) (Adapté de Leonard et Martin 1973) (Zohary., 1999)

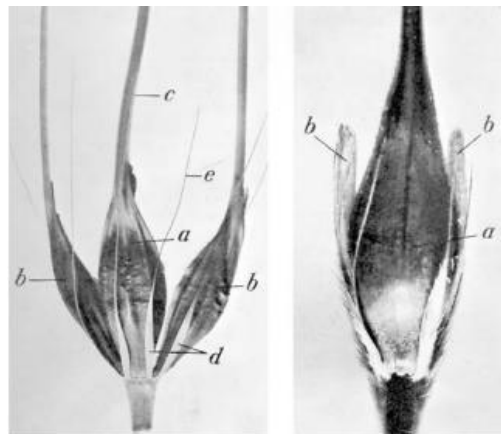


Figure 5 : *Hordeum vulgare*. Orge. Gauche: Épillet d'orge à 6 rangées, droite: épillet d'orge à 2 rangées. A.- Caryopse central; B.- Caryopses latéraux; C.- Pointe; D.- Glumes; E.- Pointe de la glume (Zohary., 1999)

6.1. Taxonomie :

L'orge cultivée appartient à la classification botanique suivante (Avila Ospina L. A., 2014) ;

Règne : Plantae
Sous-règne : Tracheobionta (Plantes vasculaires)
Superdivision : Spermatophyta (Plantes à graines)
Division : Magnoliophyta (Plantes à fleurs)
Classe : Liliopsida (Monocotylédones)
Sous-classe : Commelinidae
Ordre : Cyperales
Famille : <i>Poaceae</i>
Genre : <i>Hordeum</i>
Espèce: <i>H.vulgare</i>
Nom commun : Orge

6.2. Caractères morphologiques :

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une plante annuelle, autofécondée très semblable au blé dans la morphologie de ses organes végétatifs et floraux . Au stade herbacé, elle se distingue principalement des autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, des oreillettes glabres, et un fort tallage herbacé (Grillot G., 1959).

A partir de la morphologiques et anatomiques on peut distinction des différentes sortes *Hordeum* et peuvent être associés à la productivité agricole de nombreuses façons (Avila Ospina L. A., 2014)

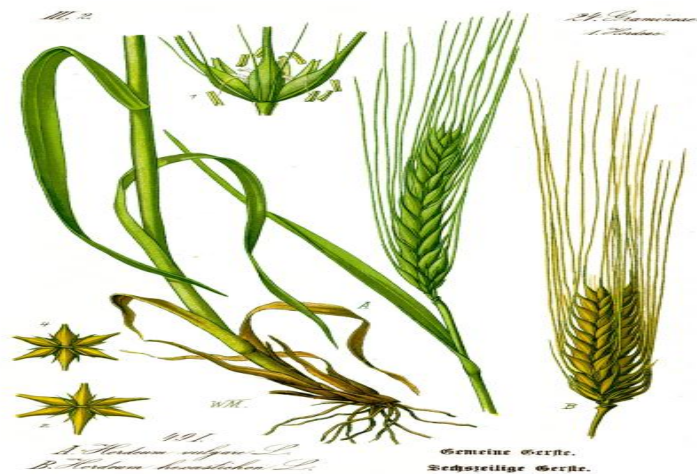


Figure 6: Morphologie de l'orge *Hordeum vulgare* L. (gauche), *Hordeum hexasticon* L. (droite) (source : Wikipédia.com)

6.2.1. L'appareil aérien :

Sur la partie aérienne des céréales, on distingue :

Tige : Une tige principale « *le maître brin* » et des tiges secondaires « *les talles* » qui naissent à la base de la plante. Quant aux entre-nœuds et selon, ils sont creux chez les blés tendres, l'Orge et l'Avoine, et pleines chez les Blés durs.

L'Orge est caractérisée par un fort tallage supérieur à celui du blé et un chaume plus faible, susceptible à la verse par rapport que celui du blé (Barkat M., 1996).

Feuille : sont alternes, longues, étroites et à nervures parallèles. Chaque feuille comprend deux parties: La partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige : c'est la *gaine*, la partie supérieure en forme de lame : c'est le *limbe* qui possède à sa base deux prolongements arqués glabre, embrassant plus ou moins complètement la tige ; les oreillettes ou stipules. A la soudure du limbe et de la gaine se trouve une membrane non vasculaire entourant, en partie, le chaume : la ligule qui est bien développée (**Barkat M., 1996**).



Figure 7. Plante d'orge montrant a) épis terminal, b) partie supérieure du pédoncule floral, c) feuille rattachée au noeud (« flag leaf»), d) région internodale, e) limbe de la feuille, f) internode sous le pédoncule floral (adapté de Leonard et Martin 1973) (Zohary., 1999)

6.2.2. L'appareil racinaire :

Il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

Un système séminal : fonctionnel seul de la levée au début du tallage. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept.

Un système adventif ou coronal : apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent durant l'avancement du cycle biologique des céréales à paille. Il est de type fasciculé. Bien que moins puissant (**Belhadj B et Taibi F.Z. 2017**)

6.2.3. L'appareil reproducteur :

L'orge est autogame. Son inflorescence est un épi composé d'unités morphologiques de base : les épillets « groupes de fleurs » enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées ; les glumes. (**Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971**).

Le rachis d'Orge ne porte pas d'épillet terminal, comme chez le blé. L'épillet d'Orge ne comprend qu'une fleur. Ce dernier est très petit et peu visible portant trois étamine et un pistil. Après l'autofécondation, la fleur d'Orge forme un fruit unique appelé caryopse ou grain à glumelles adhérentes chez les variétés cultivées. Il est d'aspect allongé, bombé sur face dorsale et parcouru sur face ventrale par un sillon. (**Belhadj Badra et Taibi F.Z., 2017**).

6.3. Le cycle de développement de l'orge :

Les graminées sont des espèces annuelles. une série d'étapes, séparées par des stades repères, permettant de diviser en la période végétatif, la période reproductive ,et la maturité complète (Benmohammed., 2004).

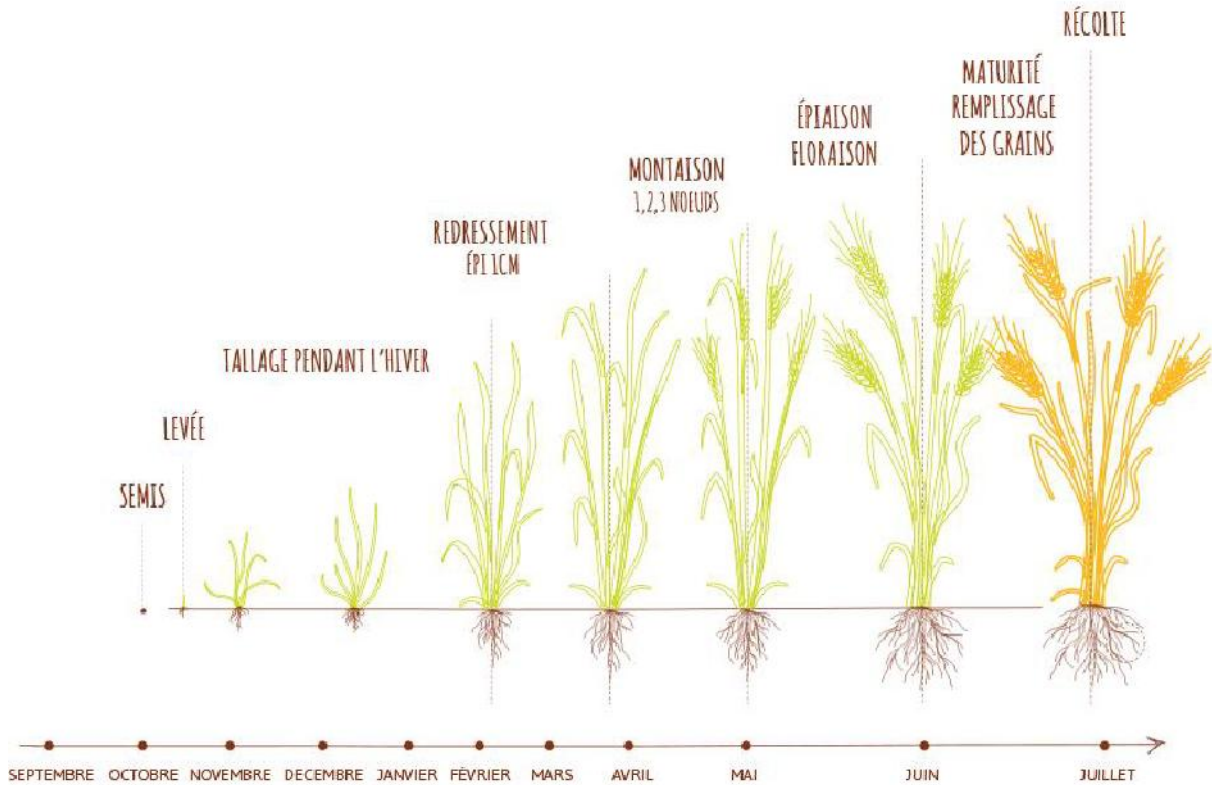


Figure 8: Cycle végétatif de l'orge d'hiver (*Hordeum vulgare* L) source :

<https://www.vivescia.com/grand-format/le-grain-des-semis-au-temps-des-moissons/>

6.3.1. Période végétative :

Cette période commence à la germination de la graine et s'achève à l'ébauche de l'épi, elle dure de 120 à 140 jours (Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971).

- **La germination :** correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de Croissance de l'embryon.

- **La levée:** cette période est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement .

- **Le tallage:** Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc d'un simple processus de ramification. La première talle apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles » (Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971).

6.3.2. La période reproductrice :

C'est la période de reproduction qui correspond aux stades gonflement, épiaison et floraison.

- **L'épiaison** : correspond à la formation de l'épi. Elle commence plutôt chez la plante. En effet la différenciation de l'apex en ébauche d'épi débute en même temps que la tige s'allonge quelques jours après la fin de la montaison. Le nombre d'ovules par épi est fixé de puis ce moment.
- **La floraison** : correspond à la sortie des anthères. Le nombre d'épillets dépend essentiellement de la variété, des paramètres climatiques et éléments nutritifs, le nombre de grain définitif peut être observé une quinzaine de jours après la floraison (Mekkaoui., 1989).

6.3.3. La période de maturation :

Au cours de cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves. On observe une augmentation du volume et du poids des grains. La phase se termine par le stade laiteux. Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Le grain à ce stade s'écrase en formant une pâte. Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre (Ouajani., 2009).



Figure 9 : Des grains de blé hâtif de Carinthie (*Triticum aestivum*); variété d'orge céleste du Valais (*Hordeum vulgare*) et une orge vêtue à 2 rangs (*H. vulgare* subsp. *distichon*). L'orge nue est aussi appelée orge-froment (Souilah., 2008)

7. Les conditions culturales de l'orge :

7.1. Sol : L'orge s'accommode mal des sols lourds, argileux, nitrifiant lentement au printemps (limitation du tallage). Il préfère des sols sains, pas trop compacts, légers et frais. Le pH du sol est voisin de la neutralité (Bouzeour.1990).

7.2. La température : Etant une culture à cycle court, l'orge dispose d'une très bonne capacité d'adaptation. Dans les conditions climatiques algériennes, elle supporte les fluctuations des températures des hauts-plateaux, mais elle craint les gelées de printemps et l'humidité trop prolongée.

La température favorable pour la germination se situe entre 20 et 25°C. Lors de la floraison, la température idéale est environ 16°C. Lors de la maturation une température égale à 20°C est jugée optimale.

7.3. L'eau : L'orge résiste mieux à la sécheresse que les blés. Pour donner un rendement économique, l'orge doit être cultivée dans des zones à au moins **350 mm** de pluviomètre .cette espèce a besoin d'eau au début de son développement, mais support très bien la sécheresse par la suite (**Bouzerzour., 1990**).

7.4. La photopériode : On désigne par photopériode, l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. L'orge est adaptée aux jours longs (donc la floraison s'effectue plus rapidement en jours longs) .Il faut que la durée d'éclairement soit d'environ **12 heures** pour que l'épi commence à monter dans la tige. La durée du jour en dessous de laquelle il n'y a pas de développement se situe aux alentours de **6 à 7 heures**. A l'opposé, la durée du jour à partir de laquelle le développement s'effectue le plus rapidement est de l'ordre de **18 heures** (**Bouzerzour., 1990**).

7.5. Préparation du sol : Avant de réaliser le semis d'orge, il convient de préparer la terre. La parcelle doit être bêchée pour aérer et décompacter le sol. Pendant cette étape, il est préférable d'enlever les « mauvaises herbes » en prenant soin d'ôter les racines. l'aide d'un croc ou d'un râteau, les grosses mottes de terre sont cassées pour obtenir un lit de semences homogène (**Mekkaoui A., 1989**).



Figure 10 : Préparation du sol pour semis de l'orge (source :<https://www.arvalis-infos.fr/>)

7.6. Semis : L'orge d'hiver est semée en octobre tandis que le semis d'orge de printemps se réalise en mars-avril. Dans un sillon profond de **2 - 3cm**, les graines sont déposées tous les **2,5 cm**. Chaque sillon est espacé de **12,5 cm**. Après avoir recouvert les graines, la terre est tassée à l'aide du dos du râteau. Pour finir, un arrosage facilitera la germination (**Mekkaoui A., 1989**).

7.7. Fertilisation : Les besoins en azote d'une orge sont de **2,5** unités par quintal de grain produit.

–**Azote:** Faire un apport de matière organique avant le semis. L'orge valorisera bien un apport fait en octobre. Sinon la fertilisation est identique à celle du blé.

- **Phosphore et potasse :** L'orge est peu gourmande en potasse et phosphore, à titre indicatif, les exportations sont de :

- Si les pailles sont restituées : **0,8 kg/ql** de **K₂O** et **P₂O₅** exporté.
- Si les pailles sont exportées : **2 kg/ql** de **P₂O₅** et **1,3 kg/ql** de **K₂O** (**Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971**).

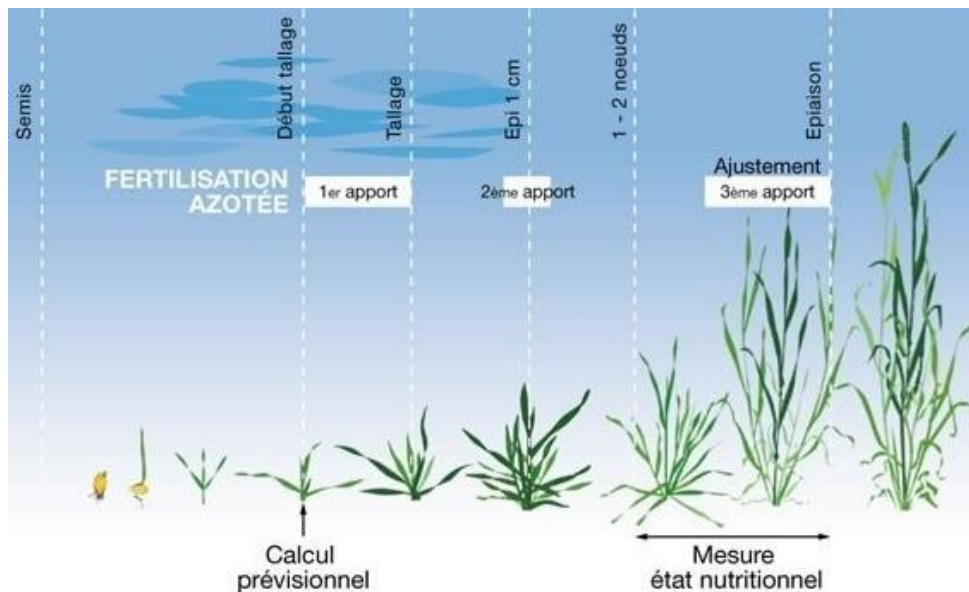


Figure 11 : Apport de fertilisation azotée dans la culture de l'orge (source : <http://blog.agriconomie.com/cultiver-orge/>)

7.8. Desherbage : En règle générale , 2 à 3 passage de herse étrille ou de houe rotative sont réalisés.

- **1^{er} passage :** au stade deux feuilles de la céréale .ce passage peu être agressif à la herse étrille. Il peut intervenir plus tôt avec la houe rotative sans prendre le risque d'éliminer un trop grand nombre de pieds
- **2^{ème} passage :** en générale deux à trois semaines plus tard suivant les conditions météo.
- **3^{ème} passage :** il peut être envisagé 1 à 2 semaines après le deuxième passage si le tallage n'est pas trop avancé.

Le passage de la bineuse peut être réalisé à partir du stade 2à3 feuilles et tant que la plante n'a pas trop recouvert l'inter rang.

7.9. Moisson (Récolte) : L'orge arrive à maturité dans le courant du mois de mai. la paille est jaune, les graines se détachent facilement et les épis se courbent.

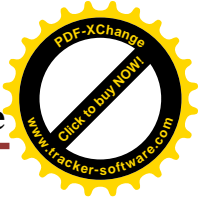
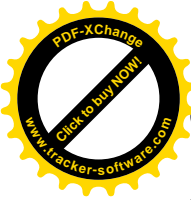


Figure 12 : La moisson de l'orge (source : photo : Thiriet <https://www.lafranceagricole.fr/>)



Chapitre II

Présentation de l'agent causal d'Helminthosporiose



1. Historique :

Helminthosporium teres (**mildiou de l'orge**) est connu en Europe depuis **1881**. Il a été trouvé sur des feuilles d'orge flétries près de Padoue, en Italie, par Bizzazero et a été diagnostiqué, nommé et décrit par Saccardo¹⁴ comme (*H. teres*) (**Berdugo, 1968**).

2. Classification :

Helminthosporium un genre de champignons ascomycètes de la famille des *Pleosporaceae*. Il est représenté par un grand nombre d'espèces très largement répandues parmi lesquelles on rencontre un grand nombre d'espèces parasites et des saprophytes des plantes ainsi que des espèces vivant dans le sol.

Le nom générique d'*Helminthosporium*, donné à la forme conidienne a été créé par Link (1809) mais sa dénomination initiale *Helminthosporium* a été proposée par Person (**1801**), elle est basée sur l'allure des conidies : conidies vermiformes, de grande taille, de couleur olivâtre et cloisonnées transversalement de manière variable (**Berdugo, 1968**).

Selon Barrault et Albertini (1993), il existe trois espèces d'*Helminthosporium* attaquant l'orge:

- *Helminthosporium teres* [*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem.] : agent causal de la rayure réticulée.
- *Helminthosporium gramineum* Rabh. [*Drechslera graminea* Rabh. (Shoem)]: responsable de la strie foliaire de l'orge.
- *Helminthosporium sativum* PKB [*Bipolarissorokiniana*]: responsable de la pourriture sèche de la racine, et la tache *helminthosporienne* sur les feuilles d'orge.

Les espèces d'*helminthosporium* sont nommées *Drechslera* sp sous la forme conidienne et *Pyrenophora* sp. Ou *Cochliobolus* sp. Sous la forme sexuée.

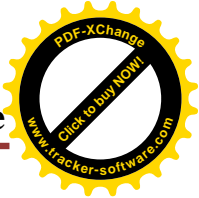
La majorité des taches brunâtres sur les feuilles d'orge et d'escourgeons sont provoquées par *Pyrenophora teres* Sacc. (*Drechslera teres* [Sacc] Shoem) (**Barrault, 1982**).

Deux formes de *Pyrenophora teres* sont génétiquement distinctes :

- La forme *teres* : engendre les symptômes de type « **réseau** »
- La forme *maculata* : engendre les symptômes de type « **tache brune** », mais les formes intermédiaires sont possibles et courantes (**Barrault, 1989**).

Taxonomie : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Helminthosporium>

Règne : Fungi
Division: Ascomycota
Classe : Dothideomycetes
Sous-classe : Pleosporomycetidae
Ordre : Pleosporales
Famille : Pleosporaceae
Genre : *Helminthosporium*



Exemples d'espèces :

Helminthosporium gramineum : très présent sur l'orge

Helminthosporium sativum : s'attaque à orge, blé, avoine

Helminthosporium teres : difficile à différencier de l'Alternaria, sur orge et blé

Synonymes :

Drechslera

Pyrenophora

Cochliobolus

Tableau 03 : Liste des *helminthosporium* avec leur synonyme et leur forme sexuée (selon Rémi Champion 1997).

Forme conidienne		Forme sexuée	
<i>Helminthosporium</i>	<i>Drechslera</i>	<i>Pyrenophora</i>	<i>Cochliobolus</i>
<i>H.avenae</i>	<i>D.avenae</i>	<i>P.avenae</i>	/
<i>H.carbonum</i>	<i>D.carbonum</i>	-	<i>C.carbonus</i>
<i>H.dictyoïdes</i>	<i>D.dictyoïdes</i>	<i>P.dictyoïdes</i>	-
<i>H.gramineum</i>	<i>D.graminea</i>	<i>P.graminea</i>	/
<i>H.maydis</i>	<i>D.maydis</i>	-	<i>C.hétérostrophus</i>
<i>H.oryzae</i>	<i>D.oryzae</i>	-	<i>C.miybeanus</i>
<i>H.papaveris</i>	-	-	-
<i>H.teres</i>	<i>D.teres</i>	<i>P.teres</i>	/
<i>H.tritici-repentis</i>	<i>D.tritici-repentis</i>	<i>P.tritici-repentis</i>	/

3. Symptomatologie :

Pyrenophora teres a la particularité de provoquer de nombreux types de symptômes analogues à ceux d'autres maladies ou incidents physiologiques. Quelle que soit la morphologie des tâches, il convient de préciser que l'action primaire du parasite se caractérise par une légère transparence du limbe. Suivie par l'apparition d'une nécrose qui peut être entourée ou non d'une zone chlorotique (Bailey K. Let al., 2004).

Les symptômes bien développés se caractérisent par la présence de tâches de couleur brun foncé, traversant rapidement le limbe symétriquement. Outre les symptômes foliaires, *P. teres* se manifeste également sur les gaines, les glumes et les glumelles (Liu et al., 2011).



Figure 13 : Progression de l'helminthosporiose du bas vers le haut de la plante (Comme la septoriose) (source : http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/f)

La reconnaissance visuelle de l'helminthosporiose de l'orge n'est pas évidente tant les symptômes peuvent être divers.

Les symptômes sont caractérisés par des colorations brun foncé visibles sur les deux faces des feuilles. L'ensemble de ces symptômes a été caractérisé par Barrault (1989) en six catégories :

3.1. Réseau

Ils se présentent sous la forme de nécroses longitudinales plus ou moins longues le long des nervures, colonisant la feuille dans la largeur par des liaisons à angle droit. Cela donne un aspect de réseau plus ou moins développé dénommés **a** ou **b**.

3.2. Linéaires

Ces symptômes empruntent aussi la voie longitudinale des nervures sous forme de deux nécroses parallèles brun foncé.

La coloration entre ces deux nécroses permet d'en définir plusieurs sortes : si la coloration brune remplit entièrement l'espace on obtient un (**type a**), mais bien souvent, la nécrose interne vairé est incomplète (**type b et C**) ou presque inexistante (**type e**).

3.3. Rectangulaires

Elles ont les mêmes caractéristiques que les linéaires mais sont plus courtes.

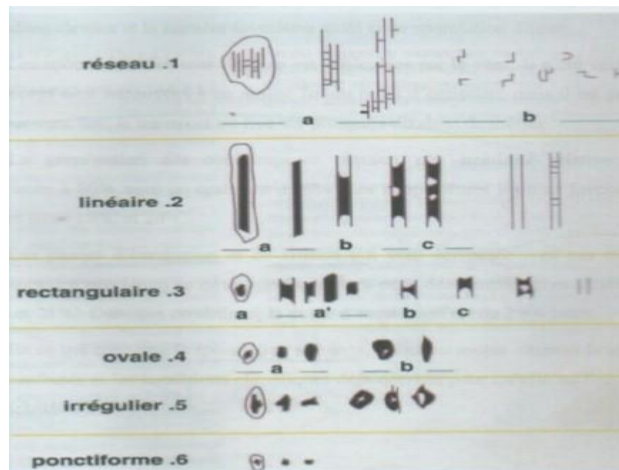


Figure 14 : Types des symptômes causés par *Drechslera teres* sur l'orge (source : Barrault G., 1982)

Les symptômes sont induits par deux formes génétiquement distinctes de *Drechslera teres*:

3.3.1. Le type « réseau » (forme teres) :

Il forme des nécroses caractéristiques en « mailles de filet » qui sont entourées de halos jaunes de dimensions variables (Liu Z.H. & Friesen T.L., 2010).



Figure 15 : La formation caractéristique en « réseau » sur feuille d'orge, due à *Drechslera teres*, (© Basf Agro).

3.3.2. Le type « taches brunes » (forme maculata) :

Il provoque des nécroses linéaires, rectangulaires plus ou moins arrondies, ou ovales, de couleur brun clair à brun foncé. Au stade avancé, les différentes taches se rejoignent et induisent rapidement la nécrose des feuilles atteintes.



Figure 16 : Taches présentant un point noir au centre c'est le point d'infection (source : http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/f).

Les deux variétés de *D. teres*, le type réseau et le type taches brunes, peuvent se trouver seules ou ensemble dans une même parcelle.

Les plantes d'orge attaquée par l'helminthosporiose sont rabougries, stériles, n'épie pas ou peu. En cas d'attaque grave, cette maladie provoque un échaudage important. Les premiers symptômes commencent à se manifester sur les feuilles, **1 à 2** mois après la levée. Les orges d'hiver sont plus atteintes que les orges de printemps (**Liu Z.H. & Friesen T.L., 2010**).

4. Évolution de la maladie :

Les contaminations primaires ont différentes origines : les semences, les débris de paille ou les repousses d'orge ou certaines graminées adventives. Également, l'orge de printemps peut être contaminée par les cultures voisines d'orge d'hiver parasitées (**Harrabi M. & Kamel A., 1990**).

La durée entre l'infection et la sporulation des conidies (période de latence) est de 8 à 25 jours selon la température ambiante (Shaw M. W., 1986). Cette durée du temps de latence peut être plus courte (cinq jours) lorsque les conditions sont favorable les (**20°C et 100 % d'hygrométrie de l'air**) (**Bailey K. Let al ., 2004**).

La dissémination des spores sur place est principalement due à des mouvements d'air conjoints à une faible hygrométrie.

Dans la phase d'infection, afin que celle-ci atteigne son but, des conditions de forte hygrométrie de l'air sont cependant de nouveau requises (**rythme alterné jour-nuit**). En conditions favorables (**20° C et 100 % d'hygrométrie de l'air**), le temps de latence peut n'être que de cinq jours (**Liu Z.H. & Friesen T.L., 2010**).

Les symptômes se développent rapidement et conséquemment à une forte hygrométrie de l'air et des températures entre **12° et 15° C**. Le champignon parasite les différents étages foliaires en progressant du bas vers le haut (**Harrabi M. & Kamel A., 1990**).

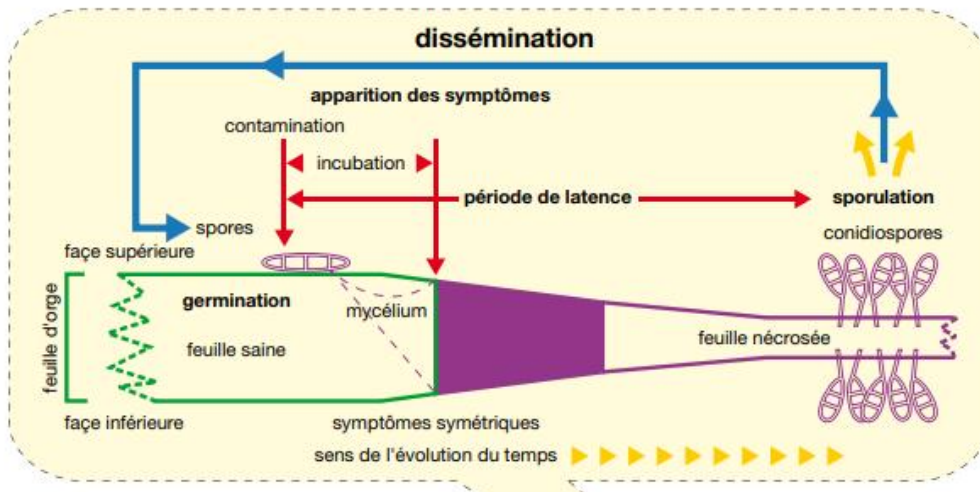


Figure 17 : Voies de transmission de la maladie (source :

<https://www.yumpu.com/fr/dynamique-de-propagation-de-lhelminthosporiose-basf-agro/4>)

5. Biologie de *Pyrenophora teres* :

5.1. Le mycélium :

Présent sur les pailles et les semences sous forme de "resting mycélium". Il est responsable de contaminations au niveau de la coléoptile et de la première feuille.



Figure 18 : Mycélium et conidies de *Drechslera teres* (= *Helminthosporium teres*) de l'orge (Source : <https://en.wikipedia.org/wiki/Drechslera>)

5.2. Les conidies :

On les observe sur les semences et les pailles ainsi que sur les repousses puis sur les feuilles sèches de l'orge en cours de végétation.

Ces conidies, par l'intermédiaire du relais joué par les repousses d'orge, constituent un inoculum présent en permanence au cours de l'année. Elles sont responsables des contaminations primaires partir du stade "une feuille".

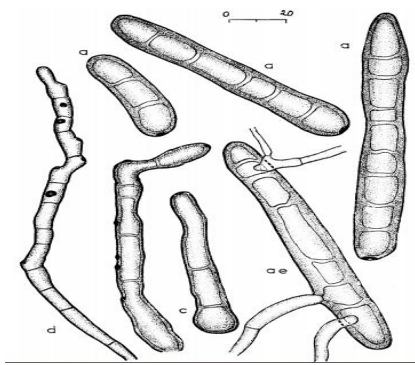


Figure 19 :
Helminthosporium teres
(forme anamorphe) de
l'orge

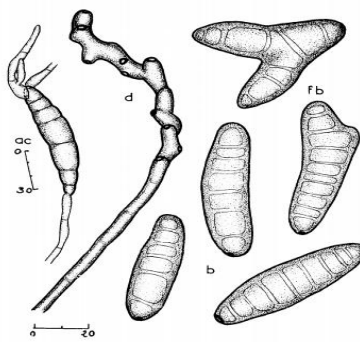


Figure 20:
Helminthosporium sativum
de l'orge

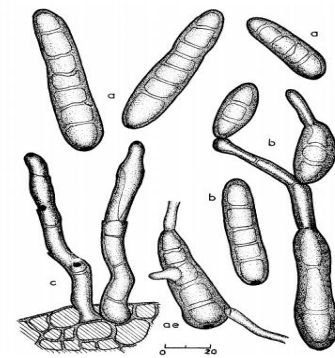


Figure 21 :
Helminthosporium
gramineum de l'orge

(Source : Berdugo J. 1968)

5.3. La période de latence :

Elle est définie comme le temps qui s'écoule entre la contamination et la sporulation. Chez *D. teres*, elle correspond au temps écoulé entre la contamination et la présence de la nécrose "secondaire" dont la surface représente environ 50% du limbe.

5.4. Les chlamydo-spores :

Ce sont des formes de conservation qui peuvent être issues d'un article mycélien par épaissement de la paroi, ou formées à l'intérieur d'une conidie et devenant isolées quand la paroi de celle-ci se rompt.

5.5. Les organes sclerotioides :

Ce sont des fructifications sphériques de couleur noire, de texture souple, entourées par de nombreuses soies rigides qu'on observe *in vivo* et *in vitro* sur pailles.

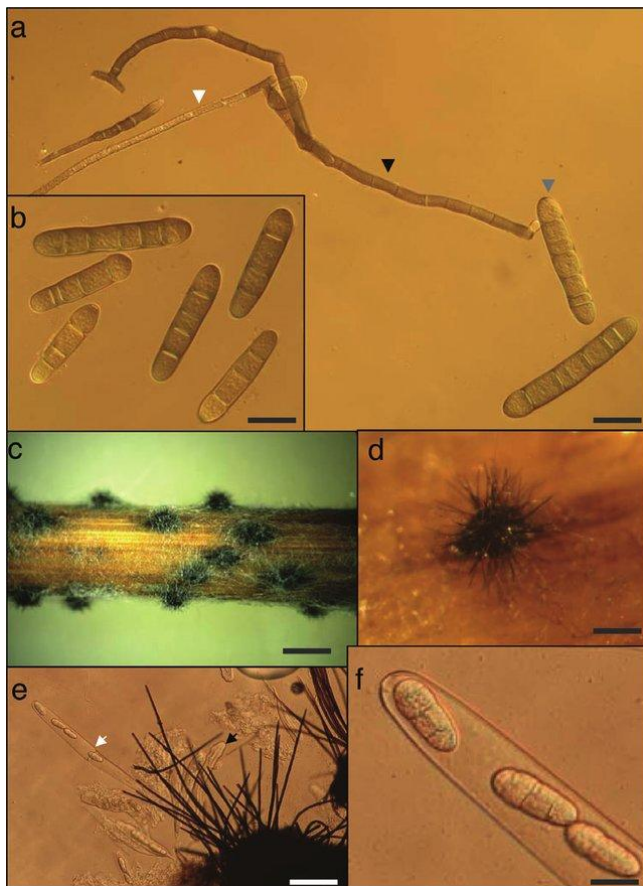
Ils donnent des pseudothèces (**forme sexuée : *Pyrenophora teres***) s'ils sont fécondés par des spermaties ou évoluent en sclérotés (**forme de conservation**) ou s'ils ne captent pas le noyau male fécondant (**Berdugo J. 1968**).

5.6. Les pseudothèces (périthèces) :

Les pseudothèces (**périthèces**) murs donnent naissance à des asques bituniqués contenant généralement huit ascospores (quelque fois quatre). Les ascospores dispersées par le vent ne semblent pas être responsables des contaminations primaires sur orges d'hiver et escourgeons, les périthèces n'étant généralement pas murs au moment de la levée. Elles constituent avec les conidies l'inoculum secondaire (**Harrabi M. & kamel A., 1990**).

5.7. Les sclérotés :

Les sclérotés peuvent se conserver sur les pailles au moins pendant un an lorsqu'ils sont enfouis dans la terre, et pendant deux ans à l'air libre.



(a) Conidies (flèche grise), conidiophores (flèche noire) et mycélium (flèche blanche). Barre d'échelle, **40 mm**

(b) Conidies contenant trois à cinq septas. Barre d'échelle, **40 mm**

(c) Paille d'orge contenant des pseudothèces fongiques foncées. Barre d'échelle, **2,5 mm**

(d) Pseudothèces immatures montrant la forme globuleuse et les soies brun foncé ressemblant à des cheveux. Barre d'échelle, **1 mm**

(e) La rupture d'une pseudothèce montrant des asques binaires immatures (flèche noire) et un asque mature (flèche blanche) dans laquelle la paroi interne a éclaté et quelques ascospores ont été éjectées.

Barre d'échelle, **80 mm**

(f) Examinez de près les ascospores qui ont trois ou quatre cloisons transversales et une ou deux cloisons longitudinales dans les cellules médianes. Barre d'échelle, **20 mm**

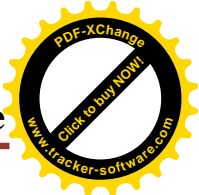
Figure 22 : Structures de dispersion sexuelle et asexuée de *Pyrenophora teres f. teres* (source : Liu Z. *et al.*, 2011).

L'originalité d'*Helminthosporium* (= *Desclera teres* et *Pyrenophorateres*) est bien marquée par :

- La présence des deux formes, (**f. maculata** et **f. teres**).
- La biologie complexe (**f. asexuée**, **f. sexuée**, multiplicité des formes de conservation et de multiplication).
- La présence du pathogène durant tout le cycle végétatif de l'orge, que ce soit sous sa forme saprophytique ou parasitaire (**Liu Z.H. & Friesen T.L., 2010**).

6. Cycle biologique :

L'helminthosporiose (*H. teres*, aussi appelé *Drechslera teres* ou *Pyrenophora teres*) est la maladie la plus préjudiciable au rendement de l'orge. Le champignon survit après la récolte sur les débris de paille mal incorporés ou les repousses d'orge.



6.1. Source et conservation de l'inoculum :

L'inoculum de départ a plusieurs origines, qui sont les suivantes :

- Le champignon hiverne sous la forme de pycnides et des pseudothèces, pendant au moins **2 ans**, dans les débris végétaux (**chaume et paille**) et sous la forme de mycélium dans les semences.
- Les graminées adventices du genre *Hordeum* servent également de réservoir d'inoculum.
- Pendant l'automne, le mycélium et les conidies de *Pyrenophora teres* sont présentes soit à l'intérieur ou à la surface de la graine infectée soit dans les débris de culture ou dans la rhizosphère des plantes susceptibles d'être infectées
- La semence mère qui était contaminée avant sa mise en terre (**Champion, 1997**),
- Le champignon survit sur les pailles laissées sur place (**Yves Morvan, 2006**).
- Résidus de moissons infestés et insuffisamment incorporés au sol, repousses d'orge ou semences infestées dès le départ.
- Des travaux culturaux ou de récolte qui favorisent le transport des spores et l'infection des semences (**Champion, 1997**).

6.2. Infection primaire :

La succession d'orge d'hiver sur orge entraîne un danger d'infection primaire par les ascospores contenant dans les pseudothèces présentes sur les chaumes. (**Yves Morvan, 2006**).

L'inoculum contenu dans les semences initie les infections, lorsque les températures sont entre **10 et 15 °C**. Les jeunes plants montreront des symptômes sur les coléoptiles et les cotylédons et introduisent l'agent pathogène dans les champs sains. Les semences pourront donc jouer un rôle fondamental dans l'extension de la maladie à de nouvelles zones. Pendant l'hiver le parasite ralentit son activité jusqu'au printemps (**Yves Morvan., 2006**).

Au printemps, lorsque l'humidité relative est élevée et la température atteint **20 °C**, les sclérotés et les pseudothèces (germent et libèrent des conidies et des ascospores qui sont dispersées par le vent et la pluie sur de courtes distances ce qui induisent les attaques primaires sur feuilles (**Liu Z.H. & Friesen T.L., 2010**).

6.3. Infection secondaire (épidémie polycyclique) :

Deux à trois semaines après l'infection initiale, un inoculum secondaire composé de conidiophores est formé et dispersés sur de courtes distances à l'intérieur de la culture. Des infections secondaires répétées surviennent lorsque les conditions sont favorables.

La phase épidémique de la maladie s'observe essentiellement du gonflement de l'épi jusqu'à l'épiaison. La durée d'incubation est d'environ **4 jours** à **20 °C**. La maladie débute sur les feuilles basales et progresse vers le haut du plant pour atteindre l'épi. Les périthèces sont formés sur la paille et le chaume après la récolte. Les ascospores participent à la conservation et la dissémination de la maladie.

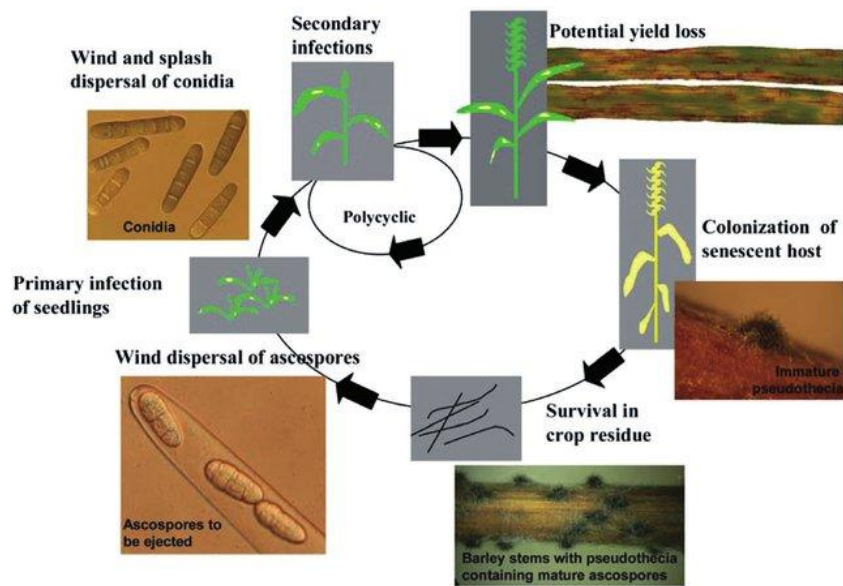


Figure 23 : Cycle de vie de *Pyrenophora teres* f. *teres* et *P. teres* f. *maculata* (source : Liu Z. et al., 2011)

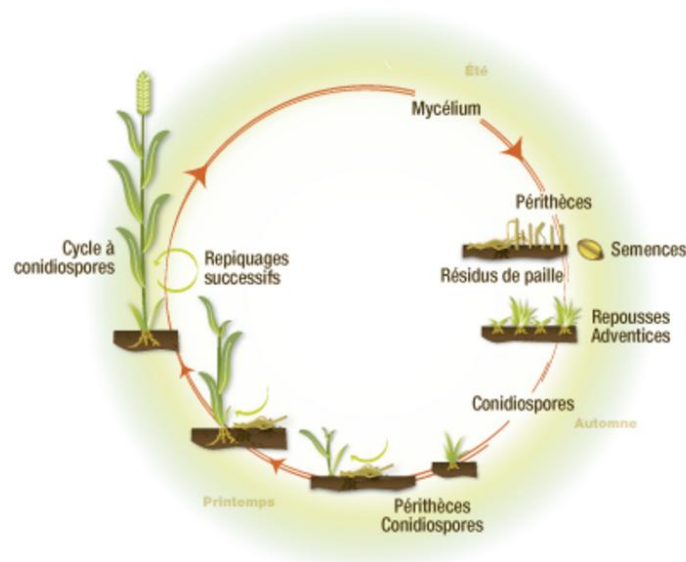


Figure 24 : Cycle de développement de *Desclera teres* et *Pyrenophora teres*, agents de l'helminthosporiose de l'orge (source : https://www.bayer-agri.fr/cultures/helminthosporiose-nuisible-et-complexe_1345/)

7. Les paramètres épidémiologiques :

La maladie requiert, pour se développer, une température près de 20 °C et d'une humidité relative de 100%. Les conidies germent à une humidité relative très élevée (près de 100%) et dans une large gamme de températures (3 à 31 °C.) avec toutefois une température optimale entre 18 et 24 °C. Lorsque les conditions d'humidité persistent la maladie peut alors atteindre des proportions épidémiques. Le vent et la pluie favorise la propagation rapide de la maladie (Barrault G., 1982).

La sporulation du champignon sur les feuilles est favorisée par une humidité relative élevée (près de 100 %) et une température moyenne de **20 °C** (entre **15** et **25 °C**). L'infection initiale nécessite au moins six heures d'humidité et une température variante entre 3 et 31 °C, avec un optimum entre **18** et **24 °C**.

Pendant la phase épidémique, la durée d'incubation des conides est de **4** jours pour une température de **20 °C** et **5°C**. Les contaminations par ascospores ont lieu entre **4** et **30 °C**. Avec une température optimale de **18 °C**.

Le développement optimal de la maladie se situe a des températures comprises entre **15°C** et **25°C** et une humidité relative très élevée (**80% à 100%**) (**Barrault G., 1982**).

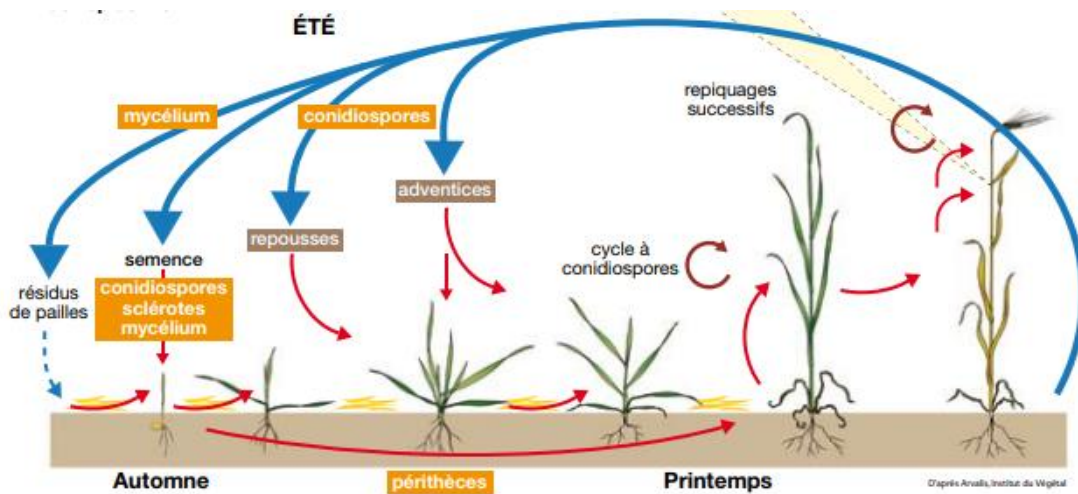


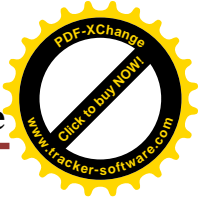
Figure 25 : Voies de l'évolution de l'épidémie de l'helminthosporiose (source : <https://www.yumpu.com/fr/dynamique-de-propagation-de-lhelminthosporiose-basf-agro/4>)

8. Méthodes de lutte contre l'helminthosporiose :

8.1. Lutte culturale :

Plusieurs mesures agronomiques préventives peuvent être mises en place pour éviter l'apparition de l'helminthosporiose. La première des règles est de ne pas cultiver orge sur orge car le champignon se conserve sur les pailles et les repousses. Une coupure d'au minimum **2** ans est fortement conseillée, en favoriser la rotation des cultures avec des plantes non hôtes (**Lacroix M., 2002**).

L'incorporation des pailles au sol et l'élimination des repousses sont également des leviers efficaces pour réduire les risques. Une corrélation positive a été établie entre la quantité de chaumes au sol et les infections la saison suivante. Attention à ne pas semer trop tôt l'orge d'hiver pour limiter la durée d'exposition aux contaminations primaires, de plus au début de l'automne, les températures douces favorisent la sporulation ni d'ailleurs de semis l'orge sur l'orge. De même ne pas cultiver l'orge de printemps trop près d'une culture d'orge d'hiver ni de les semis directs sur façons culturales superficielles (**Lacroix M., 2002**). Il convient aussi d'utiliser des semences saines et désinfectées.



8.2. Lutte chimique :

Si ces mesures préventives ne suffisent pas, la lutte phytosanitaire s'impose. Pour une bonne efficacité, le seuil d'intervention est fixé à **10 %** de feuilles atteintes pour les variétés sensibles, et **25 %** pour les variétés moyennement et peu sensibles.

Un programme type visant le complexe parasitaire comporte deux applications fongicides avec la première au stade premier nœud et un relais au stade sorti des barbes.

Déclencher la lutte chimique, selon les conseils locaux, lorsque les symptômes apparaissent sur l'une des trois dernières feuilles de l'Orge. En cas de forte attaque, un premier traitement au stade "**un nœud**" peut retarder l'épidémie (**Bendahmane B.S., 1992**).

Pour combattre la maladie des taches brunes, on utilisera un traitement spécifique dès le début de la sporulation, à partir du stade **32**. Le délai d'intervention avec un fongicide curatif est relativement court - un jour à un jour et demi après l'infection. Le début de la sporulation sur les étages foliaires inférieurs constitue donc le meilleur moment pour traiter. L'apparition de la sporulation permet en même temps de déterminer avec certitude l'agent pathogène en cause (**Bendahmane B.S., 1992**).

8.3. Lutte biologique :

Actuellement l'helminthosporiose est contrôlée par l'utilisation de fongicides chimiques. Cependant, la contamination grandissante des agro systèmes par les produits phytosanitaires engendre la nécessité de trouver et de développer de nouveaux moyens de lutte plus respectueux de l'environnement.

L'utilisation d'agents de lutte biologique contre les maladies fongiques pourrait constituer une solution. De plus, cette alternative est acceptable dans les systèmes d'agriculture biologique.

La bactérie *Burkholderia phytofirmans* souche **PsJN** présente au niveau de la rhizosphère et capable de stimuler les défenses et le développement des plantes. C'est une bactérie endophyte présentant un large spectre d'hôtes incluant la pomme de terre, la tomate et les céréales ou le maïs.

8.4. Lutte génétique :

Pour prévenir le développement *d'helminthosporium* des cultivars moyennement résistants qui sont disponibles surtout pour l'orge à six rangs (**Arrabi M. I., et al, 1992**).

Sur les cultivars sensibles, l'application de fongicides foliaires est parfois requise et efficace aux premiers stades de développement végétal.



Chapitre III

Technique d'isolement, purification et identification

1. Présentation de la zone d'étude :

1.1. Présentation de la wilaya :

Située au Nord-Ouest du pays. La wilaya de Sidi Bel Abbès limitée au nord par la wilaya d'Oran, à nord-ouest par la wilaya d'Ain Témouchent, au nord-est par la wilaya de Mascara, à l'ouest par la wilaya de Tlemcen, à est par les wilayas de Mascara et Saida, au sud par les wilayas de Naama et El-Bayad, et au sud-est par la wilaya de Saida. Elle s'étend sur une superficie de **9150,63 km²** l'actuelle la wilaya de Sidi Bel Abbès comprend **52** communes regroupées en **15 Daïras**.

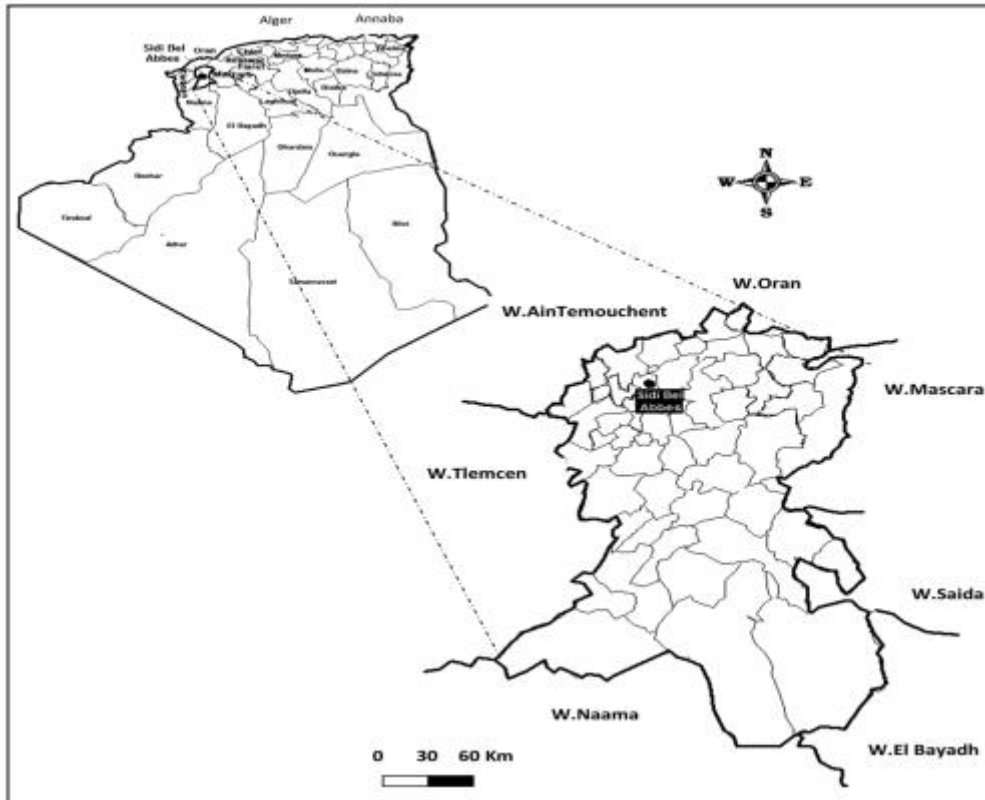


Figure 26: Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbes (Bennabiet *al.*, 2012)

1.2 Géologie :

La plaine de Sidi Bel Abbès est une large cuvette à substratum argilo du Mio-pliocène. Elle est surplombée de part et d'autre par des terrains à très grande disparité. En effet, au Nord (les Tessala), les terrains sont très plissés, à ossature crétacée et à recouvrement tertiaire très épais (Sourisseau, 1973). Au Sud (les Tlemcen-Saïda), ils sont formés presque totalement de matériaux du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur.

Sur la bordure ouest, les collines de marnes versants des Oueds Isser et Mekerra. A l'Est par contre prolongement des Béni Chougran, par la série des marnes miocènes de Bou Henifia. Serravaliennes.

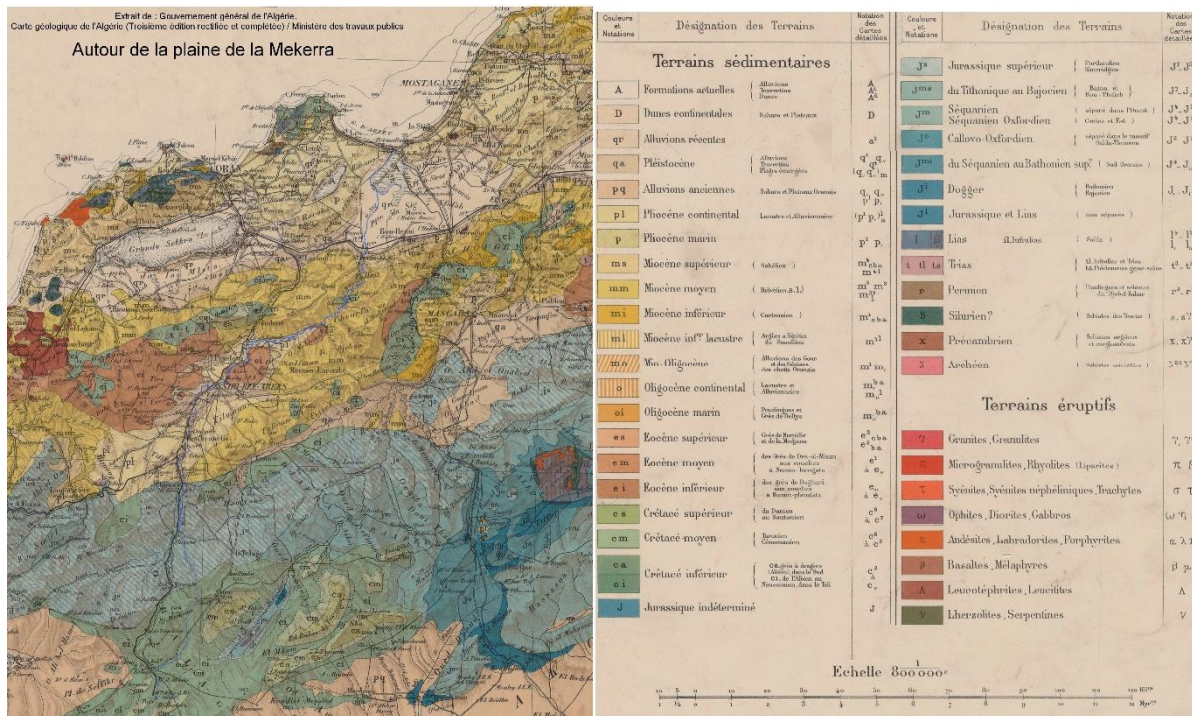


Figure 27 : Carte géologique de Sidi Bel Abbés

(<http://oran3.free.fr/SBA%20MEKERRA/TOTALITE%20SBA%20MEKERRA/www.mekerra.fr/images/plan-sba/cartographie/carte-geologique-sba.jpg>)

De point de vue géomorphologique, la willaya de Sidi Bel-Abbes présente un relief contrasté permettant de distinguer trois grands ensembles :

1.2.1. Zone montagneuse :

Elle occupe une superficie totale de l'ordre de **2250.36 km²** soit **24.59%** de l'espace de la wilaya, située entre **400** et **800 m** d'altitude. Elle est représentée par les monts de Tassala Beni Chograne occupant 864.20 km² du nord de la wilaya et les monts de Dhaya dans la partie centrale avec une superficie de **1386.16 km²**.

1.2.2. Zone de plaine :

Elle couvre une superficie totale de l'ordre de **3240 km²** soit 35% de l'espace wilaya. Elle est représentée par la plaine de Sidi Bel Abbés. Dont l'altitude varie de **400** à **800 m** et les hautes plaines de Telagh environ (**1136.59 km²**) dont l'altitude varie de **400** à **1000 m**.

1.2.3. Zone de steppe :

Les zones occupent une superficie totale de l'ordre de **3660.82 km²**, soit **40%** de l'espace wilaya dont l'altitude varie de **1000** à **1400 m** : (INRAA, 2002).

1.3. Pédologie :

D'après l'étude pédologique réalisée par la Sogreah en 1969 les terrains de la plaine de Sidi Bel Abbés se caractérisent par des sols calcaires humifères prédominants. Cette croûte calcaire est perméable et joue un rôle important lors de la montée des crues.

Vers le Nord-est, le bassin versant de l'Oued Mekerra est couvert d'une mosaïque de sols alluviaux et calciques ; le ruissellement torrentiel laisse apparaître au niveau de la haute Mekerra la roche mère à quelques endroits.

Les sols de la plaine de Sidi Bel Abbés peuvent être subdivisés en trois types :

- Sols peu évolués : essentiellement d'apport alluviaux et colluviaux,
- Sols calci-magnésiques : formés de rendzines, de sols bruns à prédominance soit de calcaires, soit de calcaires rendzinifères ou encore de calcaires noircis.
- Sols à sesquioxyde de fer : sols rouges ; bruns ou à horizons calcaire.

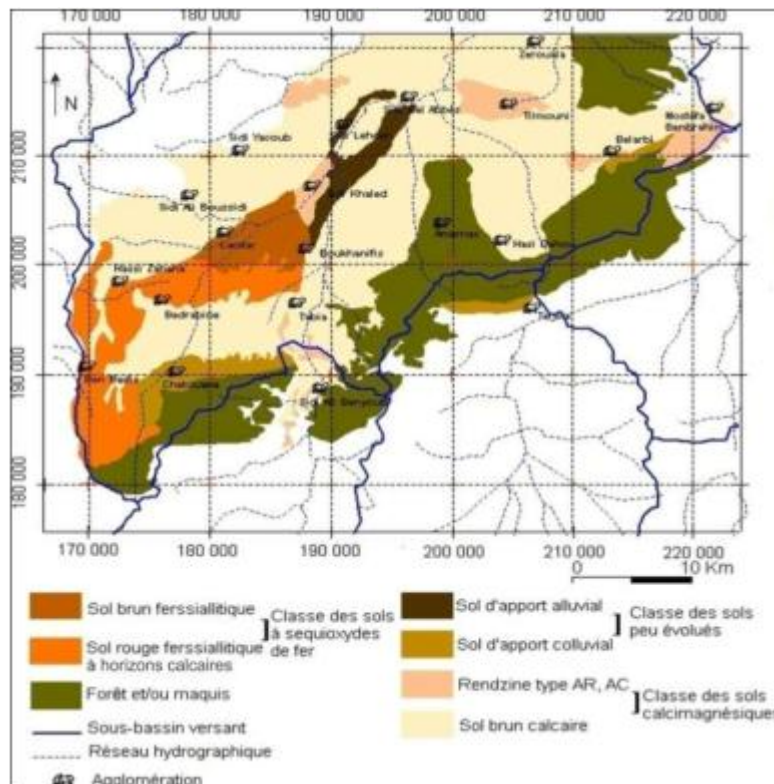


Figure 28 : Répartition des sols dans la plaine de Bel Abbés (Faraoun&Benabdeli, 2010)

1.4. Climat :

Nul ne peut nier l'étroite corrélation qui existe entre le climat et la production végétale et surtout la distribution des maladies notamment les maladies cryptogamiques. Les températures de l'air et la pluviométrie, sont les deux plus importants paramètres climatiques qui ont une influence très importante sur la croissance et le développement des champignons donc sur l'existence et la distribution des maladies cryptogamiques.

1.4.1. Précipitations mensuelles :

Les valeurs des précipitations mensuelles ont été obtenues à partir des lames d'eau moyennes mensuelles enregistrées sur la plaine de Sidi Bel Abbés.

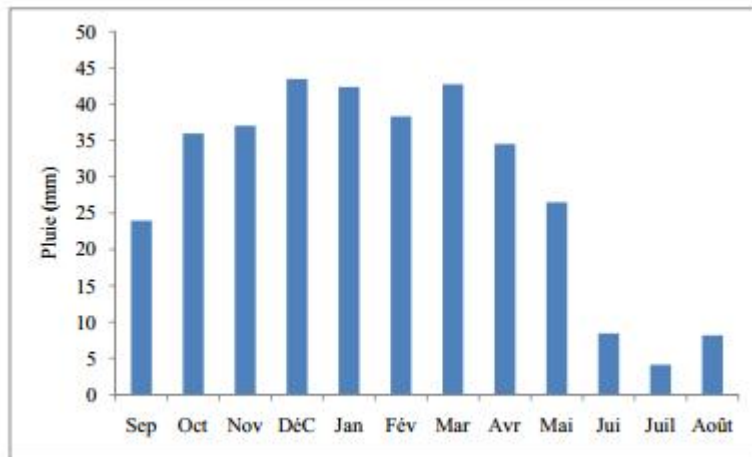


Figure 29 : Précipitations mensuelles sur la plaine de Bel Abbès (Bellaredj., 2019)

Deux périodes majeures séparées par le mois de Septembre peuvent être distinguées ; une période humide (totalisant plus de 85% de la quantité d'eau précipitée annuellement), s'étalant sur huit mois, d'Octobre à Mai et une période sèche (moins de 6% de la quantité d'eau précipitée annuellement), comprise entre les mois de Juin et Août. Le mois le plus sec de l'année est juillet (4.5mm), tandis que les mois les plus arrosés (**plus de 42mm**) sont Décembre, Janvier et Mars.

1.4.2. Températures :

L'analyse des enregistrements des températures de la période (1987 -2012) révèle que les mois de janvier et février sont les plus froids (température moyenne égale 8 à 75°C), tandis que le mois d'août est le plus chaud (température moyenne de 26 °C). La saison froide ($T \leq 16$ °C) s'étale sur six mois de novembre à avril alors que la saison chaude dure cinq mois de mai à septembre.

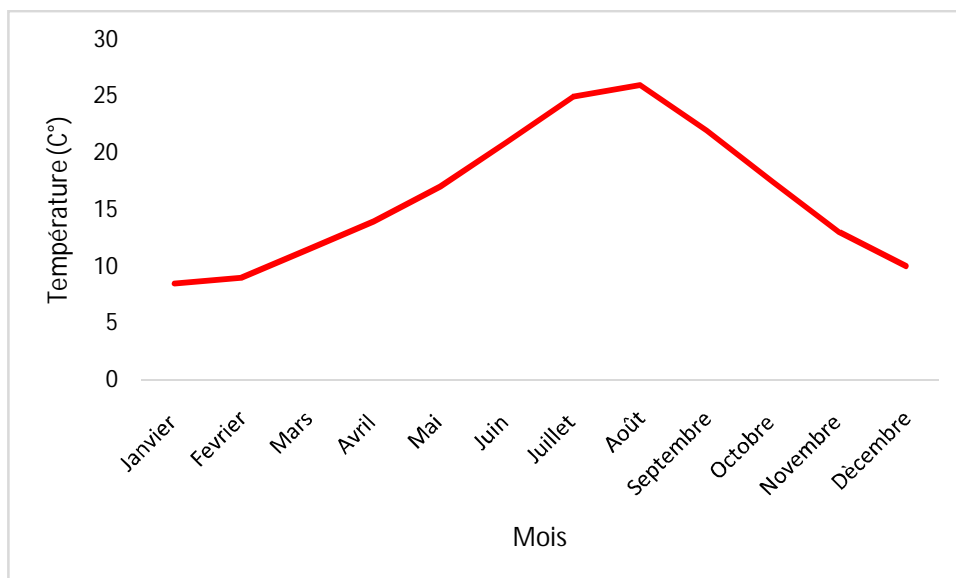


Figure 30 : Évolution des Températures moyennes mensuelles de la plaine de Sidi Bel Abbès (1987 – 2012) (Bellaredj., 2019)

Le mois le plus sec est celui de Juillet avec seulement **2 mm**. Les précipitations records sont enregistrées en Décembre. Elles sont de **70 mm** en moyenne.

24 à **6 °C** font du mois d'Août le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de **8.3 °C**.

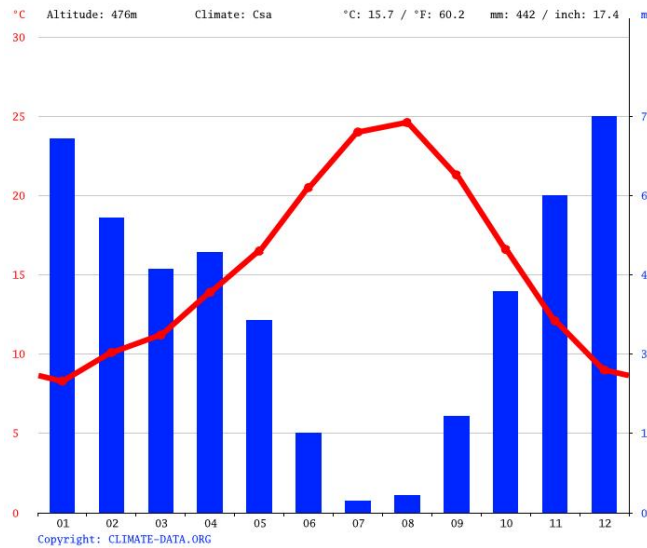


Figure 31: Courbe ombrothermique de la région de Sidi Bel Abbés année 2019 (source : climate-data.org)

1.5. Agriculture :

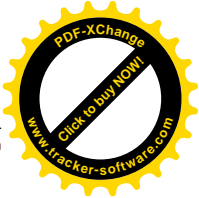
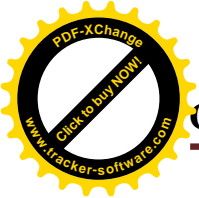
La superficie totale des terres utilisées par l'agriculture est évaluée à 363 005 Hectares dont **7 215 Hectares**, jugée très faible, sont à l'irrigués soit **2%**. Les terres improductives s'élèvent à **177 296 Hectares** de la superficie agricole totale soit **45,89%**. Les taux de parcours et de l'Alfa couvrent respectivement **0,96%** et **39,70%**. La superficie alfatière est dominante au sud de la wilaya.

1.5.1. Secteur céréalière :

A l'instar des autres wilayas du pays, les superficies céréales au niveau de la wilaya de Sidi Bel-Abbés sont très importantes, et sont dominées par les orges. Sur les 10 années dernières année (2003-2013), la moyenne occupée par les quatre espèces : le blé dur, blé tendre, l'orge et l'avoine sont de l'ordre de 110.92 hectares récoltés avec une production de 57.159.92 tonnes, soit un rendement moyen par espèce de : le blé dur (**12.06 qx/ha**), le blé tendre (**10.72 qx/ha**), l'avoine (**11.17 qx/ha**) et l'orge (**8.84 qx/ha**).

1.5.1.1 Production de l'orge au niveau de la Wilaya de Sidi Bel Abbes :

Les céréales sont cultivées à travers toutes les zones de production du nord et du sud de la wilaya ou la pluviométrie est comprise entre **220-250 mm/an**. Ainsi le phénomène de sécheresse se manifeste le plus, avec deux périodes très critiques. En effet, la combinaison des deux paramètres climatique température et précipitation, a permis à la mise en évidence de plusieurs indices qui rendent compte du climat et de la végétation existante.



Une sécheresse au début de cycle qui influe sur l'installation de la culture et une autre à la fin du cycle qui affecte l'élaboration des composantes du rendement. Ce déficit hydrique a engendré toujours une baisse de production des cultures céréalières. Ce dernier peut être comblé par des apports d'eau sous forme d'irrigation d'appoint.

1.5.1.2. Superficie :

En suivant l'évolution des superficies moissonnées destinées à la culture de certaines céréales dans la wilaya de Sidi Bel Abbes durant la période (2009-2013), on remarque que l'orge gagne la plus grande superficie. Le nombre de variétés d'orge utilisé dans la wilaya de SBA reste limité à savoir Saida183 et Rihane 03. En effet, l'orge est la céréale la plus appréciée par les agriculteurs de cette région.

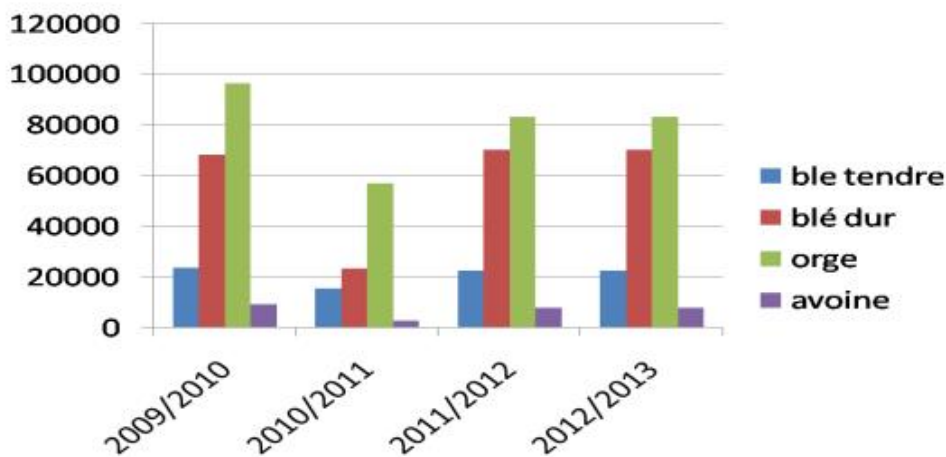


Figure 32: Évolution La superficie en (ha) des différents types de céréales cultivés dans la zone de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2013) (DSA, 2015).

1.5.1.3. Production :

Les niveaux de production des céréales sont faibles par rapport aux potentialités réelles des différentes zones agro-écologiques de la région de Sidi Bel-Abbes avec une superficie agricole totale de 305.021 hectares soit 80% de la surface totale (DSA, 2009).

1.5.1. Rendement :

L'analyse des données relatives au rendement de céréales durant la période 2003-2013 illustre une production d'orge peu variable mais avec des taux toujours supérieurs aux autres céréales. Les rendements à l'hectare sont très bas avec des variations interannuelles très importantes (ils n'ont guère dépassé les 14 Qx /ha pour l'orge et le blé tendre.

La faiblesse des rendements des céréales enregistrés n'est pas seulement due aux aléas climatiques mais elle reste liée aux contraintes techniques qui constituent les raisons les plus marquantes.

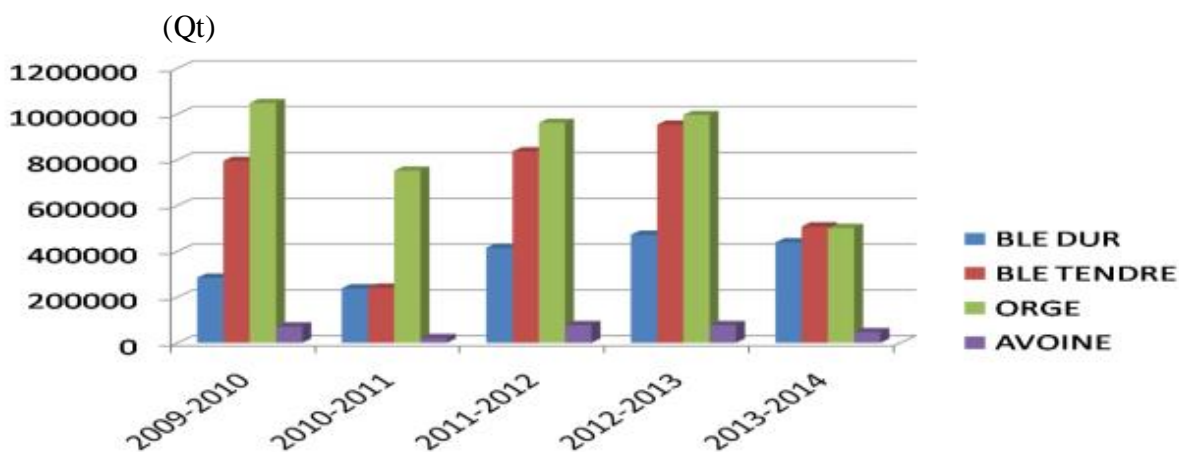
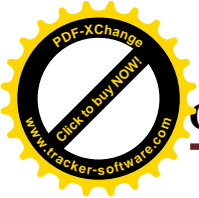


Figure 33: Évolution de la production en quintaux des différents espèces de céréales cultivés dans la wilaya de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2014) (DSA, 2014)

2. Méthodes d'analyses :

2. 1. Prélèvement des échantillons :

Des feuilles d'orge malades présentant des symptômes de taches foliaires sont prélevées entièrement et d'une manière aléatoire au niveau des bords et du centre des parcelles des champs dans les différentes zones prospectées. Les échantillons de feuilles malades prélevés sont ensuite introduits dans des sachets de papier kraft portant des indications relatives à leurs origines (site, date de prélèvement, cultivar. etc.).

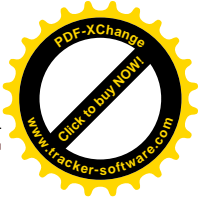
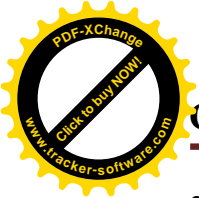
Confusions possibles :

Avec le type réseau : Les formations en stries qui finissent par se déchirer sont caractéristiques pour la maladie striée de l'orge. Une atteinte par *Drechslera graminea* provoque des taches rondes à elliptiques, parfois irrégulières, à centre jaune verdâtre et à bord brun foncé. Ces taches sont entourées d'une zone jaune. Il manque les stries brunâtres horizontales et longitudinales qui sont caractéristiques pour *P. teres*. Dans les conditions normales de culture, et en employant des semences désinfectées, il y aura cependant peu de risques de rencontrer la maladie striée de l'orge.

Avec le type taches brunes : Des taches brunes peuvent être provoquées par une réaction de défense de certaines variétés d'orge face à une attaque d'oïdium.

Certaines maladies de carence (**déficit en magnésium ou en manganèse**), de même que certaines modifications physiologiques qui résultent des variétés employées ou des conditions climatiques, peuvent également donner l'apparence d'une atteinte par *P. teres*.

Pour cette raison, les échantillons sont analysés dans le laboratoire pour la confirmation sans équivoque les espèces pathogènes responsable de la maladie d'helminthosporiose.



2.2. Évaluation des maladies au champ :

La notation des maladies est basée sur l'incidence et la sévérité.

2.2.1. incidence :

Elle est représentée par le pourcentage d'attaque et l'infestation des champs prospectés. Pour déterminer l'incidence d'une maladie dans un champ on prend des placettes d'un mètre carré au hasard (3 ou 4 répétitions), dans chaque placette on compte le nombre des plantes infectées par rapport au nombre total (Yahyaoui et al ; 2003).

Incidence d'attaque (%) : (Nombre de plantes malades x 100) / Nombre total de plantes

2.2.2. La sévérité :

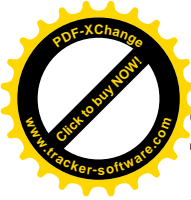
Elle est représentée par l'importance des symptômes sur les différentes parties de la plante ou se développe le pathogène. Elle montre en quelques sortes le pouvoir du pathogène à se développer et causer des effets, ou la capacité de la plante à lutter contre ce pathogène. La lecture de la plupart des maladies foliaires se fait selon une échelle de 1 à 9 (Saari et Prescott (1975) in Zitouni, 2006).

La note de 1 étant donnée à la plante très peu ou non atteinte par la maladie et 9 pour la plante totalement touchée jusqu'à l'épi. Les maladies atteignant les épis (charbon, carie), les racines (pourriture racinaire piétins) ainsi que la strie foliaire et les maladies virales sont notées en pourcentage de plantes atteintes par rapport au nombre total de plantes.

La sensibilité des plants est évaluée par estimation visuelle du pourcentage de surface foliaire attaquée d'après l'échelle de sensibilité définie par Barrault (1989)

Tableau 04 : Échelle de notation et de sensibilité des maladies a feuilles (Saari et prescott., 1975)

Table with 3 columns: Note, Pourcentage de surface foliaire attaquée, Sensibilité. Rows show scales from 0 (Résistant) to 9 (Très sensible).



2.3. Méthodologie au laboratoire :

2.3.1. Milieux de culture :

Deux (02) milieux de culture : **PDA** et le milieu **V8** sont utilisés pour l'isolement et la purification. Leur composition est indiquée en **annexe 1**.

2.3.1.1. Le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) :

Ce milieu a été utilisé pour l'isolement et la purification des espèces fongiques responsables de l'helminthosporiose de l'orge (*P.teres*, *P. graminea* et *Bipolaris sorokiniana*), pour la caractérisation morphologique et l'évaluation de la croissance mycélienne des différents isolats de *P.teres*, il favorise une croissance rapide de l'agent pathogène.

2.3.1.2. Le milieu V8 :

Il est utilisé pour favoriser *in vitro* la sporulation de *P.teres* car sur d'autres milieux la sporulation de ce champignon est ralentie. Les spores produites sur le milieu V8 sont d'ailleurs semblables à celles observées sur la plante hôte naturelle ce qui facilite l'identification de l'espèce.

La concentration de **17.7 %** est celle appliquée par Steffenson et Webster (1992) elle permet l'obtention d'une meilleure sporulation de l'agent pathogène.

2.3.2. Méthodes d'isolement de purification et d'identification :

2.3.2.1. Isolement des agents pathogènes :

L'isolement des agents pathogènes est effectué à partir des feuilles de plantes malades présentant des symptômes caractéristiques des maladies (**taches brunes**).

1. Les feuilles montrant des lésions sont découpées en petits fragments de **5 à 10 mm** de longueur,
2. Désinfectées par trempage dans l'hypochlorite de sodium à 2% pendant deux minutes,
3. Rincées **2 fois** avec l'eau distillée stérile
4. Séchées entre deux feuilles de papier filtre stérile
5. Transférés aseptiquement en chambre humide pour induire la sporulation du champignon. Ils sont ensuite incubés à **20°C**, à une photopériode de **12 h** (Tekauz, 1990).

Après **2 à 3 jours** d'incubation, les fragments de feuilles sont observés sous la loupe binoculaire pour détecter une éventuelle sporulation dans les sections des tissus infectés. A partir des fragments où la sporulation est abondante, les conidies de *P.teres* sont identifiées puis transférées sur le milieu **V8 à 17.7%**. (**Annexe 1**), et incubées à **20°C** pendant **10 à 14 jours** (Steffenson et Webster. 1992).

2.3.2.2. Préparation de chambre humide :

Des échantillons présentant des symptômes sont coupés en fragments qui peuvent entrer dans une boîte de Pétri. L'identité de l'échantillon est inscrite sur un papier filtre sec qui a été auparavant déposé sur le fond de la boîte.

Juste assez d'eau est versée sur le papier pour l'humecter complètement, mais sans qu'il y ait de surplus non absorbé. Les boîtes sont ensuite enfermées pour empêcher le dessèchement durant la période d'incubation. Les échantillons devront être incubés pendant 24 à 48 heures à la température ambiante (Zillinsky, 1983).

2.3.2.3. Détermination des morphotypes, de la pigmentation et de la croissance mycélienne :

L'étude des caractères cultureux des isolats de *P. teres* (couleur des colonies, aspect du mycélium, formation des corémies et présence ou l'absence des sclérotes) est effectuée sur le milieu PDA en boîte de Pétri. Le milieu est ensemencé avec un implant fongique circulaire de 5mm de diamètre, prélevé aseptiquement à l'aide d'un emporte-pièce à partir d'une culture âgée de 7 jours. Les cultures sont incubées à 22°C pendant 7 jours.

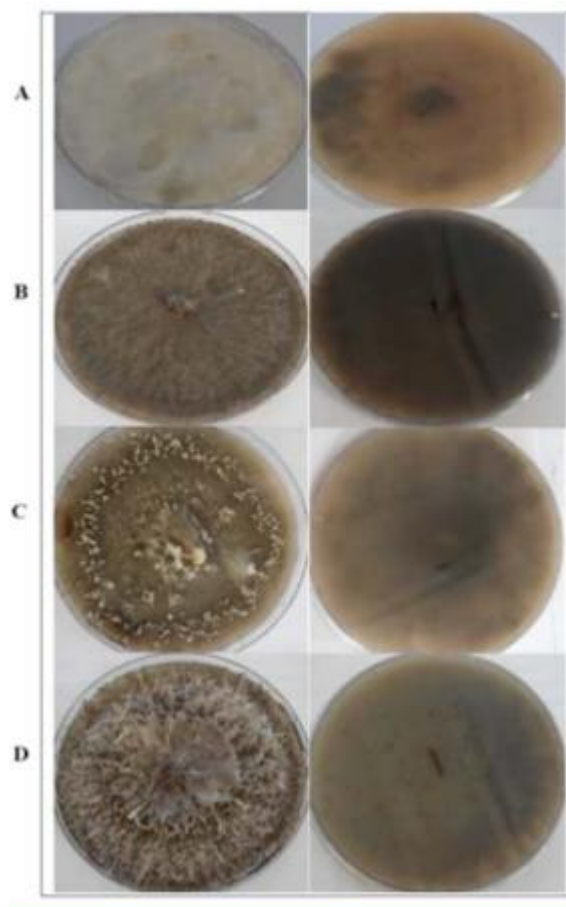


Figure 34 : Caractéristiques macroscopiques des colonies de *Pyrenophorateres* poussant sur différents supports de croissance. A: PDA moyen / colonie blanchâtre / mycélium cotonneux / absence de corémie, B: BL moyen / colonie vert foncé / mycélium cotonneux / absence de corémie, C: BL moyen / colonie vert clair / mycélium cotonneux / moyen production de corémie, D: milieu V8 / colonie verte / mycélium plat (face supérieure à gauche, en bas à droite) (Mougou-Hamdane, *et al.*, 2018)

2.3.3. Étude du pouvoir pathogène :

2.3.3.1. Matériel biologique :

Pour confirmer la pathogénicité les isolats de *Pyrenophora.teres*, isolés à partir du limbe foliaire d'orge, il faut les tester sur une variété d'orge sensible à la maladie (**Exemple : Saïda 183**).

Les maladies qui présentent des taches foliaires avec des formes et des couleurs voisines, nécessitent l'identification au laboratoire. L'identification se fait par les étapes suivantes.

2.3.3.2. Inoculation des plantules et notation des symptômes :

- L'inoculation est réalisée par pulvérisation d'une suspension de conidies sur des plantules d'orge âgées de **15 jours (stade trois feuilles)**.
- Les plantules témoins sont pulvérisées avec de l'eau distillée stérile additionnée **0,05%** de Tween **20**.
- Après leur inoculation, les plantules sont recouvertes par un film en plastique pour maintenir une humidité suffisante à l'infection et incubées à l'obscurité pendant 48 heures à une température de **20°C (Tekauz ,1990)**.
- Elles sont ensuite remises en conditions favorables pour le développement des symptômes. Les essais sont conduits en répétitions.
- **9** jours après la contamination, l'intensité de la maladie est évaluée par estimation visuelle du pourcentage de surface foliaire atteinte par le champignon.
- Pour vérifier l'imputation de *Pyrenophora.teres* dans l'infection des plants inoculés, nous avons réisolé le champignon à partir des limbes foliaires présentant les symptômes de la maladie (**vérification du postulat de Koch**).
- La technique d'isolement est identique à celle décrite précédemment.
- Les cultures fongiques obtenues, sur milieu **V8** sont comparées à leurs cultures mère.

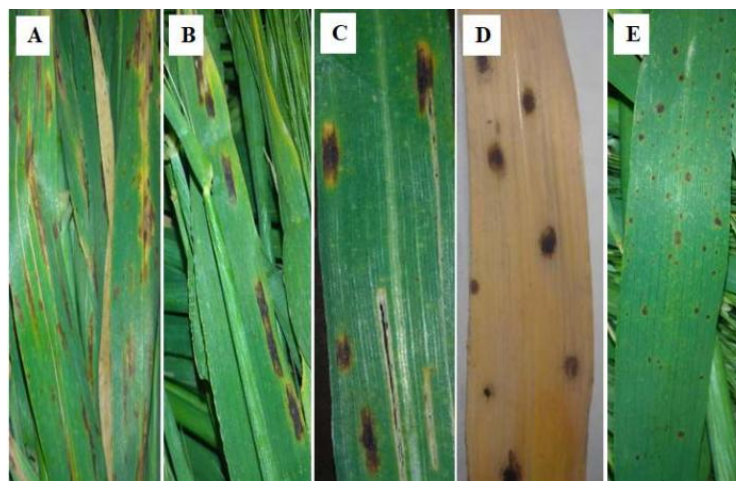


Figure 35 : Symptômes de *Pyrenophora teres* sur les feuilles d'orge. Type de réseau Ptt: A (réseau) et type spot de Ptm: B (linéaire), C (rectangulaire), D (ovale) et E (punctiforme). (Mougou-Hamdane, et al., 2018)

2.3.4. Identification microscopique :

- Prélèvement des spores ou les appareils qui les engendrent de la surface du végétal.
- Dispersion des spores dans une goutte d'eau sur une lame porte-objet.
- Dépôts d'une lamelle couvre objet sur la goutte d'eau en évitant la formation de bulles d'air.
- Observation microscopique à différents Grossissements (10X ou 40 X) (Zillinsky, 1983).

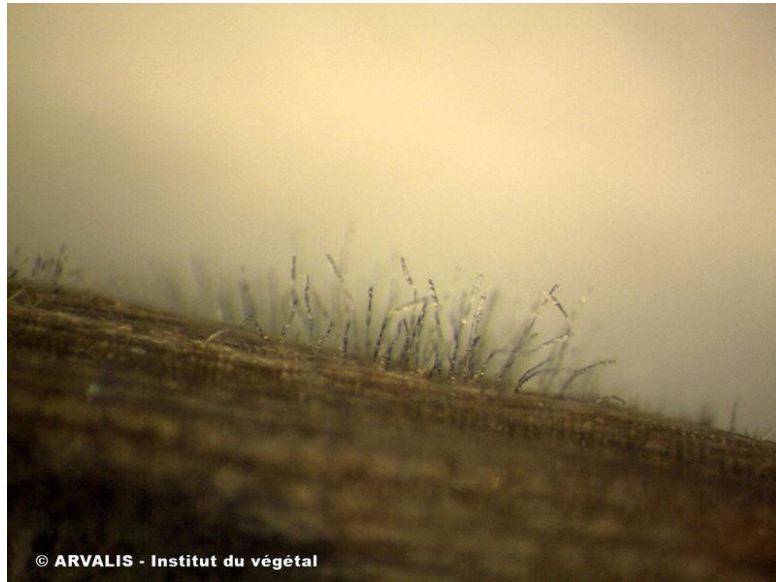


Figure 36 : Après incubation en chambre humide, l'utilisation de la loupe binoculaire permet d'observer des petits filaments correspondant aux conidiophores portant les spores (conidies) (Corémie) .

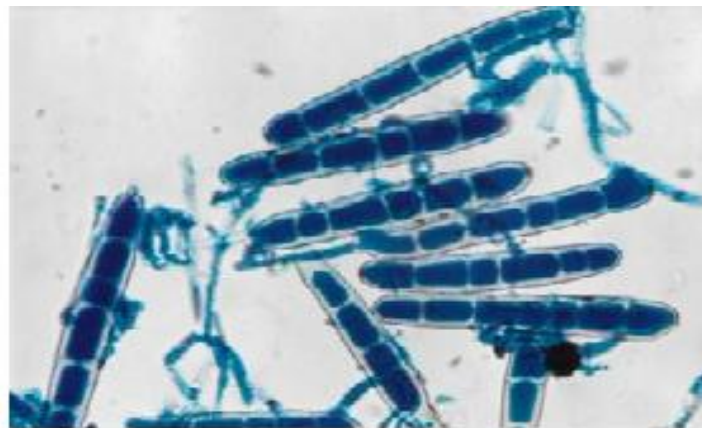


Figure 37 : Traits morphologiques des conidies de *Pyrenophora teres*. (Mougou-Hamdane, *et al.*, 2018)



Conclusion générale



Conclusion générale



A l'instar des autres wilayas du pays, les superficies céréalières au niveau de la wilaya de Sidi Bel-Abbés sont très importantes, et sont dominées par les orges.

Cette culture est confrontée à de nombreuses contraintes climatiques techniques et surtout à des maladies cryptogamiques de feuillage en particulier l'helminthosporiose provoquant des symptômes typiques sur les feuilles : la rayure réticulée et les stries, qui affectent fortement les rendements et limite l'extension des superficies cultivées.

Au préalable, l'objectif principal de notre étude était de localiser les foyers et d'estimer l'incidence et la sévérité de cette maladie fongique dans quelques régions emblavées en orge dans la wilaya de Sidi Bel Abbés afin d'obtenir et de caractériser quelques isolats de la région. Malheureusement, la propagation rapide du Covid 19 à travers le monde demeure jusqu'à présent une véritable menace à l'humanité. Ce virus est devenu en peu de temps une pandémie planétaire ce qui a engendré une série de mesures sans précédent de confinement et de distanciation sociale. Ceci a influé voire même bouleverser les pratiques de recherches dans tous les laboratoires du monde. Pour cette raison nous avons ôtés complètement le plan expérimental de cette étude pour le substituer en synthèse bibliographique.

Le présent travail est basé sur une synthèse bibliographique de la maladie de l'helminthosporiose de l'orge comportant des généralités sur la plante hôte, les caractéristiques taxonomiques et biologiques de l'agent causal, les paramètres épidémiologiques, et les techniques d'études, sur champ et au laboratoire. Ces techniques sont utilisées pour évaluer l'incidence et la sévérité de *Pyrenophora teres* d'une part et la caractérisation de cette espèce via l'observation microscopique et les tests biochimiques d'autre part.

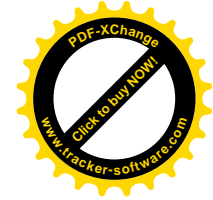
La mise en évidence du pouvoir pathogène (agressivité et virulence) des isolats de *Pyrenophora teres* qui pourraient être identifier(cette donnée peu étudiée en Algérie) est très importante pour les programmes d'amélioration et de sélection de l'orge résistant à la rayure réticulée causée par *P.teres*.

Ce travail aurait apporté de nombreuses connaissances sur la diversité et la complexité de la population locale de ce pathogène, ainsi que la distribution régionale de ses pathotypes. La grande variabilité du pathogène ouvre des perspectives de recherche, ainsi, les pathotypes identifiés pour !!! Aient être retenus comme des géniteurs potentiels pour l'amélioration des variétés locales d'orge.

Nous espérons revenir à réaliser cette étude l'année prochaine lorsque les conditions du travail seront redevenues normale afin d'arriver à des résultats utiles pour la mise en place d'une stratégie de lutte par l'utilisation des cultivars peu sensible à cette redoutable maladie d'orge en diminuant ainsi l'emploi des pesticides de synthèse.



Références bibliographiques



Références bibliographiques :

1/ **Avila Ospina L. A., 2014.** Autophagie, sénescence et remobilisation de l'azote chez l'orge. Université Paris sud. École doctorale 145 : sciences du végétal. Laboratoire : *Institut Jean-Pierre Bourguin*.

2/ **Arabi M. I., Barrault. G., Sarrafi A., Albertini L., .1992.** Variation in the resistance of barley cultivars and in the pathogenicity of *Drechslera teres f. sp. maculata* and *D. teres f. sp. teres* isolates from France. Plant pathology. [Volume 41, Issue 2](#), April 1992, Pages 180-186.

3/ **Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R., El-Rabey H., Effgen S., Ibrahim H. H., Pozzi C., Rohdi W., Salamani F., 2000.** On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol.* 17(4) : 499-510.

4/ **Baldy G., 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et de leurs influences sur la production des principales zones céréalières. Document projet céréale, 70p.

5/ **Barkat M., 1996 :** Etude de la variabilité des caractères morpho-physiologique de 6 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* .L) cultivées en Algérie. Thèse Magistère. Univ.Constantine 57p.

6/ **Belhadj B et Taibi F.Z. 2017.** Identification et caractérisation morphométrique des variétés d'orge au niveau des Wilayas de Tlemcen et Sidi Bel Abbès. Mémoire de Master. Université de Tlemcen. Algérie.

7/ **Benmohammed A., 2004.** La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie. *Céréaliculture*. 41, 34-38. ITGC, Alger.

8/ **Blattner F.R. 2018.** Taxonomy of the Genus *Hordeum* and Barley (*Hordeum vulgare*). In book: *The Barley Genome* (pp.11-23)

9/ **Bonjean A., 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Eds. Le Perche S., Guy P. et Fraval A. agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, β1, β9-37.

10/ **Boufenar Z., Zaghouane O., Zaghouane F., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. Ed. ITGC, ICARDA., Alger, 154 p



11/ Bouzerzour H., et benhamed A., 1994 : Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria Rachis 12 : 11-14

12/ Bouzerzour., 1990 : Caractéristique d'adaptation des orges destinées aux hauts plateaux sétifien. Céréaliculture : 23 11-18.

13/ Bailey K. L., Couture L., Gossen B. D., Gugel R. K. & Morral R. A. A. (Eds). 2004. Rayures réticulées de l'orge. Dans *Maladies des grandes cultures au Canada*. 1ère éd. La Société Canadienne de Phytopathologie, Saskatoon. p. 37.

14/ Barrault G. et Albertini L., 1993. L'Helminthosporiose : Symptomatologie de *Drechslera teres* (sacc.) sheom. (F. teres et F. maculata) et des autres représentants du complexephytopathogène foliaire de l'orge. Revue de Cytologie et de Biologie Végétale. Le Botaniste, 16 :3-46.

15/ Barrault G., 1982. Les symptômes et la biologie d'*Helminthosporiumteres*. Perspectives agricole, 28: 24-30.

16/ Barrault G., 1989. L'Helminthosporiose. Perspectives agricoles, 58 : 28-29.

17/ Bendahmane B.S., 1992. Contribution à la lutte chimique contre Drechslera teres (Sacc.) shoem., agent de l'helminthosporiose de l'orge. Thèse Doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, France, 111p.

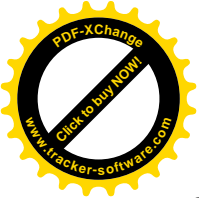
18/ Berdugo J. 1968. Morphologie, biologie et symptomatologie de *Pyrenophora teres*. Contribution à la connaissance des helminthosporioses de l'orge. Thèse docteurIngénieur, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 78p.

19/ Bellaredj, A.M., 2019. Caractérisation des principaux paramètres affectant les eaux souterraines de la plaine de Sidi Bel Abbès à l'aide du programme Visual Modflow (applications et perspectives). Thèse de Doctora en sciences. Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed. Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers P 15-16.

20/ Bennabi F., Hamel L., Bouiadjra S.E.B and Ghomari S. 2012. Ressources hydriques sous tension et enjeux de développement durable dans la wilaya de Sidi Bel Abbas (Algérie occidentale). *MéditerranéeThe Journal of Mediterraneangeography*



- 21/ Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M., Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des cereales d'automne (ble et orge) dans le Maghreb (Algerie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA. Algérie, 176 p.
- 22/ BOUNGAB karima ;2013.** La rayure réticulée de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans Le Nord-Ouest Algérien : importance, morphologie et pouvoir pathogène chez *Pyrenophora teres* f. *teres* et recherche de moyens de lutte. Thèse de Doctora en sciences. Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed. Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers, P14-15
- 23/ Bouacid Sofia ; 2011.** exploitation des potentialites benefiques des rhizobacteries (groupe *pseudomonas fluorescens*) dans la phytostimulation et la protection de l'orge. Mémoire de Magister en Amélioration des Productions Végétales et des Ressources Génétiques. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - El Harrach –Alger, P 13
- 24/ Ceccarelli, S., Grando, S., Bailey, E., Amri, A., El Felah, M., Nassif, F., Rezgui, S. & Yahyaoui, A. 2001.** Farmer participation in barley breeding in Syria, Morocco and Tunisia. *Euphytica*, 122: 521–536
- 25/ Clement-Grandcourt M. et Prats J., 1971.** Les céréales. Ed. Baillière et Co, Paris- France. 51p.
- 26/ Champion R. ,1997 :** Identification des champignons transmis par les semences. Ed. INRA. Paris.p 13, 21, 29, 201, 212, 214, 228. Contribution à la connaissance des helminthosporioses de l'orge. Thèse docteur Ingénieur, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 78p.
- 27/ Djermoun A., 2009.** La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*. 1 : 45 - 53.
- 28/ DSA (direction des services agricoles), 2014.** Bilan des Productions Annuelles, direction des services agricoles + site officiel (1999 - 2014)
- 29/ Faraoun F, Benabdeli K. 2010.** Cartographie et caractérisation physico-chimique des sols de laplaine de Sidi Bel Abbés (Algérie occidentale). *Afrique Science*. 06(3), 18 – 26.
- 30/ Faostat, 2008 :** <http://www.fao.org/faostat/fr/>
- 31/ Grillot G., 1959.** La classification des orges cultivées. *Annales de l'amélioration des plantes*, 4: 446-486



- 32/ Hariri A., 2003.** Etude et modélisation de la trempe en malterie. 2003. Thèse de doctorat. ENSIA, Institut national polytechnique de Lorraine, p. 218.
- 33/ Harlan J.R., Zohary D., 1966 .**Distribution of wild wheat and barley. Science, 153:1074-1080.
- 34/ Harlan J.R., 1976.** Barley. In: Evolution of crop plants; NW. Simmonds, Ed. Longman Inc., New York, pp; 93-98.
- 35/ Harrabi M. and A. Kamel, 1990.** Virulence spectrum to barley in some isolates of *Pyrenophora teres* from the Mediterranean region. Plant Disease 74, 230–232
- 36/ Lacroix M., 2002.** Les maladies des céréales et de la luzerne. Diagnostic. Dépistage. Prévention. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection, Québec. Canada. 66p
- 37/ Liu Z ., S.R. Ellwood , R.P. Oliver and T.L. Friesen, 2011.** *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen. Molecular Plant Pathology 12, 1–19.
- 38/ Liu Z.H. and T.L. Friesen , 2010.** Identification of *Pyrenophora teres* f. *maculata*, causal agent of spot type net blotch in North Dakota. Plant Disease 94, 480.
- 39/ Mekkaoui A., 1989 :** Etude de l'influence de la date et la densité de semis sur le rendement et ses composante d'une orge (*Hordeum vulgare* ,L) variétés Ascad 176 dans la région de Batna. Mémoire Ing. Univ. Batna. 69.
- 40/ Madr. 2011.** Bulletin statistiques de la campagne 2009-2010. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. P23 .
- 41/ Mougou-Hamdane, A., Touati, R., Faddaoui, S., Garbouj, R., BenAraar, A., Nasraoui, B. 2018.** Barley Net Blotch in Tunisia: Areal distribution, forms and molecular identification. Tunisian Journal of Plant Protection 13 (1): 57-68.
- 42/ Oudjani W., 2009 .** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse Magistère. Univ. Constantine.
- 43/ Parry M.L., Parry C.J., 1993.** Agricultural geography of barley. *In the agrometeorology of rainfed barley-based farming systems*. Proceedings of an



international symposium, (6 – 10 march 1989, Tunis). Ed. Jones M ., Marthys G., Rijks D. PP 15 –31.

44/ Rahal-Bouziane H., 2015. L'orge en Algérie: passé, présent, et l'importance pour la Sécurité alimentaire, face aux nouveaux défis. 7p.

45/ Souillah N., 2008 : Diversité de géotypes d'orge (*Hordeum .vulgare* L) et de 13 géotypes de blé tendre : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse Magister, université de Constantine, 165p.

46/ ShawM. W., 1986. Effectsof temperatureand leaf wetnesson *Pyrenophora teres*Growing on barley cv. Sonja. *Plant Pathology*. (1986) 35, 294-309

47/ Statista, 2020. <https://fr.statista.com/>.

48/ Saari, E.E. and j.M. Prescott. 1975. Ascale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Dis. Rep.* 59:377-380

49/ Sourisseau B. 1973. Etude géologique du bassin versant hydrogéologique de la plaine de SidiBel Abbès. Service hydrogéologie, Direction de l'hydraulique de la wilaya d'Oran.

50/ Steffenson B. J., et Webster R. K., 1992. Pathotype diversity of *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley. *Phytopathology*, 82:170-177

51/ Sayoud R. et Benbelkacem K., 1996. Situation des maladies des céréales en Algérie. *In .Proceeding du Symposium Régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires*, 11-14 Nov 1996, Rabat (Maroc), pp. 69-70

52/ Sayoud R., Ezzahiri B. et Bouznad Z., 1999. Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. ITGC, Alger, pp. 30-32.

53/ Tekauz A., 1990.Characterization and distribution of pathogenic variation in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata*from western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 12: 141-148.

54/ Ullrich S.E ., 2011. Significance adaptation, production and trade of barley. *Barley: Production, Improvement and Uses*. PP 3-13.

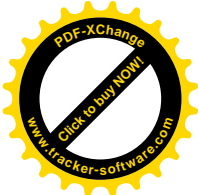


55/ Yahiaoui A., Ezzahiri B., Hovmoller M., and Jahoor A., 2003 .A Field Guide For Cereal Disease Management : diseases of barley and wheat in Eriteria. ICARDA, Aleppo, Syria, 76p.

56/ Yves Morvan., 2006. Les maladies fongiques de l'orge - Helminthosporiose de l'orge (*Drechslera teres* = *Helminthosporiumteres* = *Pyrenophorateres*) Responsable technique et affaires réglementaires

57/ Zohary D., 1999. Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. Genet. Res. Crop. Vol, 46:133-142.

58/ Zilinsky F.J., 1983. Maladies communes des céréales à paille. Guide d'identification. Centro International de Mejoramiento de Maiz y Trigo. Mexico, 140p



Annexe



Annexes :

Annexe 1 : Composition des milieux de culture et du colorant

Milieux de culture à base de pomme de terre (PDA) (**Rapilly, 1968**)

Pomme de terre.....200g.
Glucose20g.
Agar.....20g.
Eau distillée.....1000 ml.

Autoclavage à 104°C pendant 30 minutes.

Milieu V8 (Steffenson et Webster, 1992)

Mélange de huit légumes (Tomate, carotte, céleri, betterave, laitue, cresson et épinard)

V8 à 17.7% :177 ml du jus de légumes.

CaCO₃ :3 g
Agar.....16 g
Eau distillée.....1000 ml.

Autoclavage à 105°C pendant 20 minute

Bleu de lactophénol(**Champion, 1997**)

Acide phénique cristallisé chimiquement pur..... 1g.
Acide lactique :1g.
Glycérine :2g
Bleu de méthyl1g.
Eau distillée :20 ml