

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Phytopathologie
Présenté par :

DJERBOUA Sabrina & LAIFA OUI Redouane

Thème

Etude de l'activité antifongique des extraits totaux de quelques plantes spontanées contre les maladies cryptogamiques rencontrées chez le blé à Bouira

Soutenu le : 26 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Grade

Nom et Prénom

Mme BACHOUCHE N.	MCB.	Univ. de Bouira	Président
Mme MEBDOUA S.	MCB.	Univ. de Bouira	Examineur
Mme MAHDI KH.	MCA.	Univ. de Bouira	Promotrice
Melle SAADA I.	Doctorante	Univ. de Bouira	Co-promotrice

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements :

J'adresse en premier lieu ma reconnaissance à notre DIEU tout puissant, de m'avoir permis d'en arriver là, car sans lui rien n'est possible.

Je remercie vivement, notre encadreur Mme MAHDI KHadidja, pour avoir accepté de nous encadrer et d'assurer la direction de ce travail, et pour nous avoir apporté la rigueur scientifique nécessaire à son bon déroulement, qu'il soit rassuré de ma profonde gratitude.

Un plus grand merci pour Mlle SAADA Ilham notre Co-promotrice qui nous a aidés beaucoup, grâce à leur professionnalisme et les précieux conseils nous lui souhaitons beaucoup de succès dans sa vie professionnelle et privée

Je remercie également Mme MEBDOUA l'examinatrice et Mme RAHMOUNI le président de jury.

Nos remerciements s'adressent à tous les enseignants du département d'agronomie de l'université d'AMO de Bouira pour leurs aides et encouragements au cours de nos études qui ont contribué à notre formation chacun son nom.

Un grand merci pour les deux spécialités Protection Des Végétaux et Phytopathologie à noter Souvenir qui on a passés ensembles.

Je tiens à remercier toute personne qui nous a aidés de loin ou de près afin de réaliser ce travail.

Le plus grand merci à nos parents, sœurs et frères, la famille, les amis.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père,

Ma mère,

Ma sœur,

Mes frères,

Toute ma famille,

Mes amis,

Je vous dédie mon travail en témoignage
de votre affection et

Vos encouragements.

Redouane...

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à Ma très chère mère, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

Mon très cher père Mon cher père qui est toujours disponible pour nous et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.

Mes chers frères Abd el hafide, Aymene, Younes et chères sœurs Houda, Bouchra

A mon binôme Redouane et Ma chérie Saada Ilham A toute ma famille, Djerboua et Messaoudi

Toute mes amies de ma promotion et à tous ceux que j'ai connus durant mon cycle d'étude.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Sabrina...

ملخص:

تعتبر زراعة الحبوب من أقدم الزراعات التي عرفها الانسان منذ القدم، كما يعتبر القمح من أكثر المزروعات استهلاكاً في العالم. يتأثر إنتاج القمح بعدة عوامل حيوية وغير حيوية مسببة عدة أمراض تؤدي لانخفاض المنتج ومن أبرز هذه المسببات: الفطريات ومن أهم الامراض التي تسببها: تبقع الأوراق (سبتوريا)، ذبول الفيوزاريوم للقمح، صدأ الحبوب، صدأ الحبوب للتقليل من مخاطر هذه الآفات يجب المزج بين عدة طرق وقائية أبرزها الطريقة الكيميائية

في هذا العمل سنتطرق الى دراسة واحدة من الطرق الوقائية الواعدة باستعمال المستخلصات النباتية واهم المركبات الثانوية المستعملة في محاربة بعض هذه الآفات بالإضافة الى طرق استخلاصها

كلمات مفتاحية: الحبوب، الفطريات، المستخلصات النباتية

Résumé :

L'homme a reconnu la culture des céréales depuis l'antiquité, et parmi eux le blé, l'une des cultures les plus consommées au monde. La production de blé est affectée par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, parmi lesquelles : les champignons qui provoquent plusieurs maladies comme : la fusariose, les rouilles, septeriose et l'oïdium. Pour réduire le risque de ces champignons et minimiser les effets néfastes des produits phytosanitaires chimiques, une combinaison de plusieurs méthodes de lutte est prise en considération. Elle s'agit de la lutte intégrée.

Dans ce travail, on a étudiés l'une des méthodes de lutte les plus prometteuses, par l'utilisation d'extraits des végétaux les plus importants utilisés dans la lutte biologique contre certains champignons phytopatogènes.

Mots clés : les Céréales, les champignons, les extraits des végétaux

Abstract :

Man has recognized the cultivation of cereals since ancient times, and among them wheat, one of the most widely consumed crops in the world. The production of wheat is affected by several biotic and abiotic factors, among which : fungi which cause several diseases such as : Fusarium, Rusts, septerios and oïdium. To reduce the risk of these fungi, a combination of several control methods, including the chemical method.

In this work, one of the most promising control methods has been studied, through the use of extracts from plants and the most important secondary metabolites used in the control of some of these fungi, in addition to methods of their extraction.

Keywords : Cereals, Fungi, plant extracts

Table des matières

Liste des tableaux
Liste des figures
Liste des abréviations

Introduction générale.....01

Partie bibliographique

Chapitre I : la culture de blé

I.1.Importance de blé.....	03
I.1.1.Importance l'échelle mondial.....	03
I.1.2.En Algérie.....	03
I.2.Historique	03
I.3.Cycle biologique du blé.....	03
I.3.1.Période végétative.....	04
I.3.1.1.Phase germination – levée.....	04
I.3.1.2.Phase de tallage.....	04
I.3.2.Période reproductrice.....	04
I.3.3.Période de maturation.....	05
I.4.Exigences de la culture du blé dur	05
I.4.1.Besoins en températures.....	05
I.4.2.Besoins en eau	06
I.4.3.Besoins en fertilisation azotée	06

Chapitre II : Maladies cryptogamiques du blé :

II.1.Généralités sur les maladies.....	07
II.2. Agents pathogènes du blé.....	07
II.2.1. Champignons.....	07
II.2.2. Bactérie	08
II.2.3.Virus.....	08
II.3.Principales maladies cryptogamiques du blé	09
II.3.1.Fusariose	09
II.3.1.1. Symptômes.....	09
II.3.1.2.Caractéristiques du pathogène.....	10
II.3.1.3. Cycle biologique.....	10
II.3.2.Septoriose	11
II.3.2.1.Description du pathogène.....	12
II.3.2.2.Symptômes.....	12
II.3.2.3. Cycle de développement de la Septoriose.....	13

II.3.3. Les rouille	13
II.3.3.1. Rouille jaune.....	14
II.3.3.2.1. Agent pathogène.....	14
II.3.3.3.2. Symptômes.....	14
II.3.3.4.3. Cycle de développement de la rouille jaune.....	15
II.3.3.2. Rouille brune.....	16
II.3.3.2.1. Description du pathogène.....	16
II.3.3.2.2. Symptômes.....	17
II.3.3.2.3. Cycle biologique.....	17
II.3.4. Tache bronzée du blé	18
II.3.4.1. Agent pathogène.....	19
II.3.4.2. Symptômes.....	19
II.3.4.3. Cycle de développements de la Tache bronzée.....	20
II.3.5. Oïdium	21
II.3.5.1. Agent pathogène.....	21
II.3.5.2. Symptômes.....	22
II.3.5.3. Cycle de développement.....	23
II.3.6. Charbon nu	24
II.3.6.1. Symptômes.....	24
II.3.6.2. Cycle de développement.....	24
II.3.7. Carie.....	25
II.3.7.1. Agent pathogène.....	25
II.3.7.2. Symptômes.....	25
II.3.7.3. Cycle de développement.....	26

Chapitre III : méthode de lutte contre les champignons phytopathogènes

III. Lutte intégrée.....	27
III.1. Méthodes préventives.....	27
III.2. Lutte chimique.....	27
III.2.1. Avantage	28
III.2.2. Inconvénients des produits chimiques	28
III.2.2.1. Sur l'environnement.....	28
III.2.2.2. Santé.....	28
III.3. Lutte biologique	28
III.3.1. lutte biologique par macroorganismes	29
III.3.2. lutte biologique par microorganismes	29
III.3.3. Biopesticides à base d'extrait végétaux	30

Chapitre V : Métabolite secondaire

V.1. Métabolisme	31
V.1.1. Métabolites primaires des plantes	31
V. 1.2. Métabolites secondaires des plantes	31
V. 1. 2.1. Différents groupes de métabolites secondaires	31
a. Alcaloïdes.....	32
b. Composés phénoliques.....	32
b.1. Flavonoïdes.....	32
b.1.1. Activité antioxydante	33

b.1.2. Effet anticancéreux.....	33
b.1.3. Activité antimicrobienne.....	33
b.1.4. Activité antifongique.....	33
b.2. Tanins	34
b.3. Saponines	34
c. Coumarines	34
V. 2. Méthodes d'extraction	34
V.2.1. Extraction Par macéra.....	34
V.2.2. Extraction Par décoction	34
V.2.3. Extraction Par Soxhlet.....	35
V.2.4. Extraction Par ultrason	35

Chapitre VI : activité antifongique des extraits végétaux.

VI.1. Plantes fongicides.....	36
-------------------------------	----

Conclusion générale.....	38
---------------------------------	-----------

Référence

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Modes de conservation des principaux agents pathogènes responsables des maladies cryptogamiques du blé	07
Tableau 2	Principaux virus décrits sur céréales	09
Tableau 3	l'évaluation des secrets des plantes médicinales	36

Table des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Les différents stades de développement du blé (Source : blé hybride	05
Figure 2	Exemple de Bactéries dans le grain de blé observées au microscope optique (x100)	08
Figure 3	(A) Conidies de <i>Fusarium graminearum</i> (G : 10x40) ; (B) Ascospores de <i>Gibberella zeae</i> (G: 10x40)	10
Figure 4	Cycle de vie de <i>Fusarium graminearum</i> principal agent responsable de la fusariose des épis de blé	11
Figure 5	(A) Conidies de <i>Z. tritici</i> (G:10x40) , (B)Pseudothéce de <i>M. graminicola</i>	12
Figure 6	Symptômes typiques de la tache septorienne provoquées par <i>Z. tritici</i> sur blé dur	12
Figure 7	Cycle biologique de <i>Mycosphaerella graminicola</i> (anamorhe : <i>Zymoseptoria tritici</i>) (T : forme sexuée ; A : forme asexuée) selon	13
Figure 8	Urédospores de <i>P. striiformis</i> (G : 10x40)	14
Figure 9	Urédosspores de <i>P. striiformis</i> sur feuille de blé	15
Figure 10	(A) Urédospores de <i>P. recondita</i> (G:10x10) ; (B) Téléutospores de <i>P. recondita</i> (G:10x40)	17
Figure 11	Urédosores de <i>P. recondita</i> sur feuille de blé	17
Figure 12	Cycle de développement de la rouille brune	18
Figure 13	Conidies de <i>P. tritici-repentis</i> (G : 10x40)	19

Figure 14	Symptômes de la l'Helminthosporiose	20
Figure 15	Cycle de développement de l'helminthosporiose du blé	21
Figure 16	Conidies d'<i>Erysiphe graminis</i> (G : 10x40)	22
Figure 17	Oïdium sur blé provoqué par <i>Erysiphe graminis</i>	22
Figure 18	Cycle de développement de l'agent pathogène <i>Erysiphe graminis</i>	23
Figure 19	Charbon nu du blé <i>Ustilago tritici</i>	24
Figure 20	Epi du blé carié	26

Abréviations

% : Pour cent

BD : blé dur

C° : degré Celsius

Cm : centimètre

CMF : Concentration Minimale Fongicide

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

FAO : Food and Agricultural Organisation

G : gramme

H : heure

Ha : hectare.

HE : Huile essentielle

INAPG : institut national agronomique paris-grignon

INPV : Institut National de Protection des Végétaux.

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

Kg : kilo gramme

Km : Kilo mètre

Km² : Kilo mètre carrée

m² : mètre carrée

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ONFAA : Observation national des filières Agricoles et Agroalimentaires.

ONFAA : observatoire national des filières agricoles et agroalimentaires

PH : potentiel hydrogène

Qx : quintal.

UAMO : Université Akli Mohand Olhadj

Introduction

Introduction

Les céréales, cette base d'alimentation humaine et animale après un développement de l'utilisation industrielle l'amidon issu des grains de certaines espèces sert de matière première renouvelable destinée à la fabrication de différents composés non-alimentaires (plastiques biodégradables, papeterie, industrie pharmaceutique...)(**INAPG, 2003**).

Plusieurs contraintes, biotiques ou abiotiques réagissent négativement sur la production agricole, les insectes ravageurs, les microorganismes phytopathogènes (champignons, virus, bactéries) et autres ravageurs considérés comme un facteur limitant de rendement, s'attaquent aux plantes selon leur stade de développement (**Lablalta, 2018**).

L'utilisation des produits chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les champignons phytopathogènes nuisibles grâce à son efficacité et de son application facile et pratique (**Magan et Olsen, 2004**).

La recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité, est devenue indispensable. La lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antioxydantes et antifongiques pouvant constituer une alternative aux produits chimiques. (**Maihebiau, 1994**)

L'usage de ces produits chimiques, engendre des impacts néfastes pour la santé des humains et des animaux, l'environnement et s'avère inefficace contre les insectes avec le temps. En effet, pour diminuer les dépendances du secteur agricole aux pesticides chimiques, l'utilisation des biopesticides s'avère de plus en plus efficace et recommandée (**Lindquist et Sondheimer, 2000 ; Yezza, 2005**)

Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces produits a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cibles telles que la faune auxiliaire et l'apparition des microorganismes résistants (**Khelil, 1977**).

Introduction

Cette étude bibliographique s'articule sur cinq chapitres dont le premier a traité la généralité sur la céréaliculture. Le deuxième chapitre est consacré pour détailler les différentes maladies phytopathogènes de blé. Le troisième chapitre concerne la lutte intégrée. Le quatrième chapitre a présenté les métabolites secondaires des plantes ainsi leurs méthodes d'extraction. Le dernier chapitre est réservé pour mentionner certains travaux des chercheurs sur les activités fongicides des extraits végétaux. Ce document est clôturé par une conclusion générale et des références bibliographiques.

De ce fait, notre synthèse bibliographique invite à une réflexion globale sur les avancées scientifiques sur l'épidémiologie des maladies cryptogamiques ainsi sur le sujet des biopesticides à base des extraits végétaux et leurs méthodes d'extraction.

Chapitre I

La culture du blé

I.1.Importance de blé

I.1.1.A l'échelle mondial

Le marché mondial du blé est divisé en plusieurs groupes de pays avec des capacités de production et de consommation différentes, ce qui occasionne la volatilité des prix au niveau de ces marchés. En 2015 le classement des principaux premiers producteurs du blé indique que l'Union européenne reste en première position puis la Chine en deuxième position, l'Inde en troisième et les États-Unis se situent en quatrième position (**Charvet, 2012 ; FAO, 2015**).

En 2015/2016 ; la production mondiale de blé tendre était de 731,8 millions de tonnes, soit une augmentation de 5% par rapport à la production marquée en 2014/2015. Quant à la consommation et aux échanges, ils ont augmenté respectivement en 2015/2016 (**ONFAA, 2016**).

I.1.2.En Algérie

Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie dont chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur et 600 000 hectares de blé tendre. Cette culture de blé représente la production alimentaire la plus importante pour une grande partie de la population algérienne (**Morsli, 2010 ; Abis, 2012**).

I.2.Historique

Les céréales regroupent botaniquement un certain nombre de plantes appartenant à la famille des graminées dont les grains sont destinés à l'alimentation humaine et animale. (**Fredot, 2005**). Le blé est d'origine asiatique, précisément de Chine il a été cultivé en extension considérable il y a 4000 ans avant Jésus-Christ comme il a été la culture principale dans l'ancienne Égypte et la Palestine (**FAO, 2006**).

I.3.Le cycle annuel biologique du blé

Durant le cycle annuel, la plante passe par une série d'étapes séparées par des stades

repères(Ouanzar, 2012). Ces derniers sont divisés comme les suivants :

I.3.1. La période végétative

I. 3.1.1. La phase germination – levée

Le blé passe par plusieurs étapes afin d'atteindre la phase de tallage(Gate, 1995) :

- **Semis-levée** : c'est une phase intermédiaire entre la date de semis et la date de levée. Elle comprend la germination, L'élongation de la coléoptile, et la croissance de la première feuille.
- **La levée** : L'apparition de la 1ère feuille qui traverse la coléoptile, enveloppée par une gaine rigide et protectrice.
- **Stade 2 à 3 feuilles** : Après la levée, un nombre de feuilles définie entassées en position alternée de la base jusqu'au tiers médian de l'apex croissent et émergent les unes après les autres selon un rythme régulier.

I.3.1.2. La phase de tallage

Lorsquela plante possède 3 à 4 feuilles suite à l'apparition d'une nouvelle tige apparaissent sur le maitre-brin à l'aisselle des premières feuilles. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage. Le tallage peut s'arrêter lorsque la plante a seulement 3 jusqu'à 7 talles (Gate, 1995 ;Ouanzar, 2012).

I.3.2. La période reproductrice

Le début de la phase reproductrice est détecté par la différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex, le stade A marqué la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral puis le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet. La différenciation des pièces florales commence dès le début de la montaison : glumelles, organes sexuel et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Au stade gonflement, l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence l'épi sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison.

La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison (**Boufenar et Zaghouane, 2006**).

I.3.3. La période de maturation

C'est la dernière phase du cycle végétatif (**Fig.1**) qui correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains, par la suite les grains perdent leur humidité. (**Belaid, 1996**).

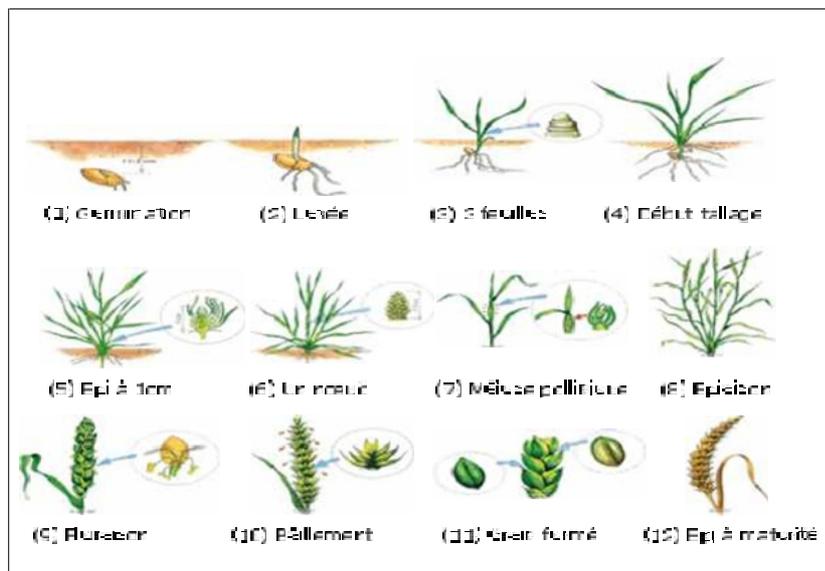


Figure 1 : Les différents stades de développement du blé (Source : blé hybride HYNO, 2002)

I.4. Les exigences de la culture du blé dur

I.4.1. Les besoins en températures

Les exigences globales en température de blé sont assez importantes. Les températures permettant une croissance optimale et un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20°C (**DuPont et Altenbach, 2003**). En conditions méditerranéenne, les fortes températures au-dessous de 30°C sont stressantes. Elles provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine mais elles affectent aussi le poids final des grains en réduisant la durée de remplissage. Au-delà de 32°C, l'observation des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante. Quant aux basses températures et la tolérance au froid, le blé dur a la capacité de supporter les températures inférieure à 4°C considérée comme la température minimale pour la croissance. Cependant, une seule journée à une température minimale de l'ordre de -4°C entre le stade épi 1 cm et un nœud, pénalise le

nombre de grains par épi (Gate,1995).

I.4.2. Les besoins en eau

Environ de 10 à 80% des pertes de rendement du blé dans, suite à la sécheresse enregistrée dans la région méditerranéenne vu que les besoins en eau de cette culture varient de 450 à 650 mm. Au début du cycle, ces besoins sont relativement faibles mais à partir de la phase épi 1 cm jusqu'à la floraison, ils sont les plus importants. En effet, la période critique en eau se situe de 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (Loué, 1982).

C'est cependant le stade juste avant épiaison qui demeure le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% (Ben Naceur *et al.*,1997).

I.4.3. besoins en fertilisation azotée

Afin d'atteindre un niveau de protéines satisfaisant pour les fabricants de pâtes et de semoules les apports d'Azote doivent être fractionnés suivant les stades du cycle végétatifs. Le manque d'Azote pourrait aussi se traduire par une moindre fertilité des épis. Durant cette période, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg d'Azote/Ha/jour avec un maximum pendant la phase floraison. Au stade épiaison, les besoins deviennent très importants et la demande en Azote s'accroît en liaison avec l'activité de croissance. (Bahloul, 1989).

Chapitre II

Les maladies cryptogamiques du blé

II.1. Généralités sur les maladies fongiques

Les maladies du blé sont assez nombreuses et peuvent se montrer redoutables à différents stades de son développement, leur concept se rapporte aux anomalies observées par rapport au phénotype attendu. Lorsqu'un agent pathogène entre en contact à la présence des conditions environnementales favorables à l'infection le dialogue moléculaire débute entre l'hôte et le parasite (Lepoivre, 2003).

II.2. Agents pathogènes du blé

Les micro-organismes (champignons, bactérie et virus) attaquent les espèces cultivées causant des dommages qualitatifs et quantitatifs. Selon les facteurs climatiques l'importance des pertes de rendement varie d'une année à l'autre. (Zahour, 1992).

II.2.1. Champignons

Les maladies cryptogamiques se traduisent par des symptômes résultants de l'action parasitaire du champignon et de la réaction de l'hôte. En absence cette dernière, ces champignons se conservent dans différents supports comme la semence, les débris et le sol (Tab.1) (Bailly, 1980 ; Ezzahiri, 2001).

Tableau 1 : Modes de conservation des principaux agents pathogènes responsables des maladies cryptogamiques du blé (Ezzahiri, 2001).

Mode de conservation	Agents pathogènes	Maladies
Sol	<i>Fusariumculmorum</i>	Pourritures racinaires
	<i>Fusariumgraminearum</i>	
	<i>Cochliobolussativus</i>	Charbon foliaire
Semence	<i>Ustilagonuda</i>	Charbon nu
	<i>Tilletia caries</i>	Carie
	<i>Septorianodorum</i>	Septoriose des épis
Chaumes	<i>Erysiphegraminis f. sp. tritici</i>	Oïdium des feuilles
	<i>Septorianodorum</i>	Septoriose des épis
	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Tache bronzée
Chaumes+hôtesalternatifs	<i>Puccinia triticina</i>	Rouille brune
Repousses des plantes hôtes	<i>Puccinia graminis f. sp. tritici</i>	Rouille noire
	<i>Puccinia striiformis</i>	Rouille jaune

II.2.2. Bactérie

Les bactéries phytopathogènes proviennent essentiellement du sol, et elles sont identifiées suivant les critères de la classification et se rangent principalement dans les familles suivantes : Pseudomonadaceae, Xanthomonadaceae, Enterobacteriaceae, Lactobacillaceae, Bacillaceae, etc... (Fig.2). À la récolte, les produits céréaliers sont toujours faiblement contaminés par les Streptomycetaceae, dont les principaux représentants sur grains semblent être : *Streptomyces albus* et *Streptomyces griseus*(Cahagnier, 1996, Richard-Molard, 1998).

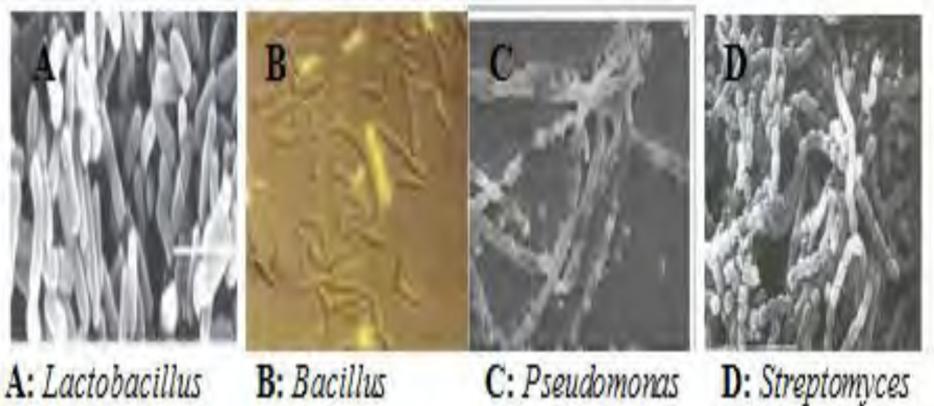


Figure 2 : Exemple de Bactéries dans le grain de blé observées au microscope optique (x100)
(Prescott *etal*2003 ; Podila et Varma, 2005 ; Prescott *etal.*,2010)

II.2.3.Virus

L'incidence économique des maladies virales a pris de l'importance, surtout pour celles qui se transmettent par des pucerons tels : le BYDV, ou bien par la Cicadelle telle : le virus de la mosaïque striée du blé(Tab.2)(Cornuet, 1987).

Plusieurs virus sont susceptibles d'affecter les récoltes des blés, notamment ; le virus du nanisme du blé (WDV), le streak mosaic virus du blé (WSMV), le virus de la mosaïque du blé, virus transmis par le sol (VMB)(Rochow, 1969 ; Conti *etal.*,1990 ; Makkouk *et al.*,1990 ; Mc-Kirdy *et Jones*, 1997 ; Mc- Kirdy *etal.*,2002).

Tableau.2. Principaux virus décrits sur céréales(Cornuet,1987)

Maladie	Nom du Virus	Plantes Hôtes	Réservoir du virus	Vecteurs
Mosaïque nanisante ou jaunisse nanisante de l'orge	BYDV/VJNO	Orge, Blé, Avoine, Seigle, Mais	Graminées fourragères, et sauvages, resemis des céréales	<i>R.padi, S.avenae, M.dirhodum</i> (Pucerons)
Mosaïque jaune de l'orge	BYMV	Orge	<i>Polymyxa graminis</i>	<i>Polymyxa graminis</i> (Champignon)
Mosaïque jaune du blé	WYMV	Blé	<i>Polymyxa graminis</i>	<i>Polymyxa graminis</i> (Champignon)
Mosaïque de l'avoine	OMV	Avoine	<i>Polymyxa graminis</i>	<i>Polymyxa graminis</i> (Champignon)
Mosaïque (commune) du blé	WSBMV	Blé	<i>Polymyxa graminis</i>	<i>Polymyxa graminis</i> (Champignon)
Stries de l'avoine	OBBSV	Avoine	<i>Polymyxa graminis</i>	<i>Polymyxa graminis</i> (Champignon)
Mosaïque nanisante du Mais	MDMV	Mais	Sorgho (d'Alep)	<i>R.padi, R.maidis</i> (Pucerons)
Mosaïque striée du blé	WSMV	Blé	Resemis des céréales	<i>Eryophies tulipae</i> (Acarien)
Stries chlorotiques du blé	WCSV	Blé	Blé, Agropyrum	<i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle)
Maize Rough Dwarf	MRDV	Mais	Digitaire, Echinoctoa	<i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle)
Mosaïque striée de l'orge	BSMV	Orge, Blé	Graine	Pollen, Ovule
Mosaïque du Mais	MMV	Mais	Digitaire, Cynodon dactylon	<i>Pérégrinus maidis</i> (Cicadelle)
Marbrure chlorotique des céréales	CCMV	Céréales	Avoine, (graminis spontan)	<i>Cicadulina bipunctella</i> (Cicadelle)
Mosaïque jaune striée de l'orge	BYSMV	Orge, Blé	Resemis des céréales	<i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle)
JNO+ Mosaïque du Brome	BYDV+WYMV	Céréales	Resemis des céréales	Pucerons

II.3. Principales maladies cryptogamiques du blé

II.3.1. Fusariose

La fusariose est une maladie fongique qu'on trouve sur toute une gamme d'hôtes dont le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le seigle et les herbages graminées (Richard, 2004 ; Wegulo et al.,2008 ; Mathieu et al.,2012).

L'importance économique de la fusariose est attribuée aux pertes de rendements considérables telles que l'avortement des fleurs, la diminution du nombre et du poids des grains et l'altération de la qualité (Prescott et al., 1987 ; Pirgozliev et al.,2003 In Ballois, 2012).

II.3.1.1. Symptômes

Les symptômes de la fusariose sont très visibles sur champ car ils se présentent par un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi. Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas (Zillinsky, 1983 ; Wegulo et al.,2008).

Une coloration allant de rose à orange saumoné peut apparaître sur les épillets infectés, surtout lors de périodes d'humidité prolongées (Mascher et al.,2005).

De petits organes de fructification noirs produits par le champignon peuvent apparaître tard dans la saison. Les grains mûrs peuvent être ratatinés, légers, blancs crayeux ou parfois roses, on parle alors de grains momifiés ou endommagés par le *Fusarium*. Les grains momifiés sont souvent plus lourdement contaminés par les mycotoxines (Richard, 2004 ; Wegulo *et al.*, 2008 ; Mathieu *et al.*, 2012).

II.3.1.2. Caractéristiques du pathogène

Les conidies des espèces de *Fusarium* sont généralement pluricellulaires et arquées en forme de croissant (Fig.3(A)). Lorsque les téléomorphes existent, ils sont des espèces du genre *Gibberella* ou *Nectria* et appartiennent au phylum des Ascomycota (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Pyrénomycètes (champignons dont les ascques sont enveloppés dans des périthèces) (Bouزيد, 2008) (Fig.3(B)).

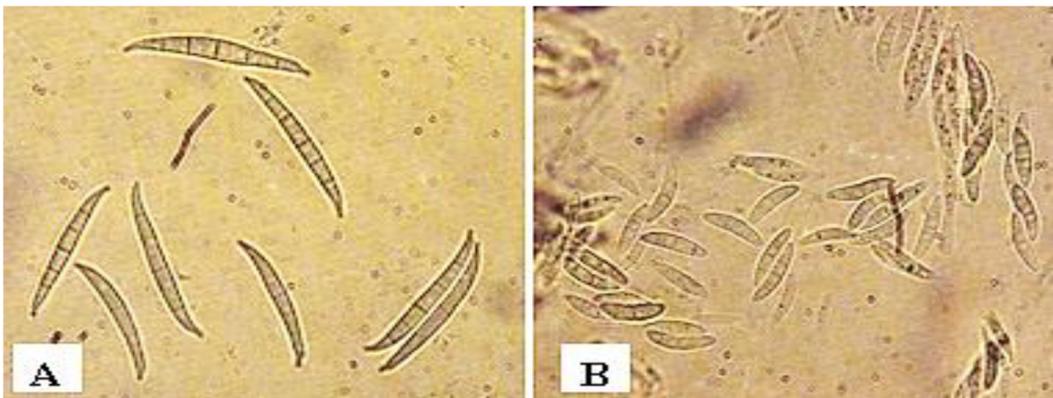


Figure 3. (A) Conidies de *Fusarium graminearum* (G : 10x40) ; (B) Ascospores de *Gibberella zeae* (G: 10x40) (Zillinsky, 1983)

II.3.1.3. Cycle biologique

Le champignon qui cause la maladie persiste et se multiplie sur les résidus végétaux infectés, qu'il s'agisse de céréales, de graminées ou d'autres plantes, cultivées ou non, qui se trouvent dans le champ et dans les environs.

Les petites céréales sont sensibles à l'infection à partir de la floraison jusqu'au stade mi-pâteux, voire plus tard selon les caprices du climat.

Les conditions les plus propices à l'infection sont des périodes de 48 à 72 heures de forte humidité et des températures de 24 à 30 °C. Des périodes plus longues d'humidité élevée combinées à des températures fraîches peuvent aussi provoquer l'infection.

Les infections qui se produisent tôt dans la saison produisent parfois des spores qui, transportées par le vent, peuvent propager la maladie (Zillinsky, 1983 ; Mascher *et al.*, 2005 ; Martin *et al.*, 2007 ; Wegulo *et al.*, 2008) (Fig. 04).

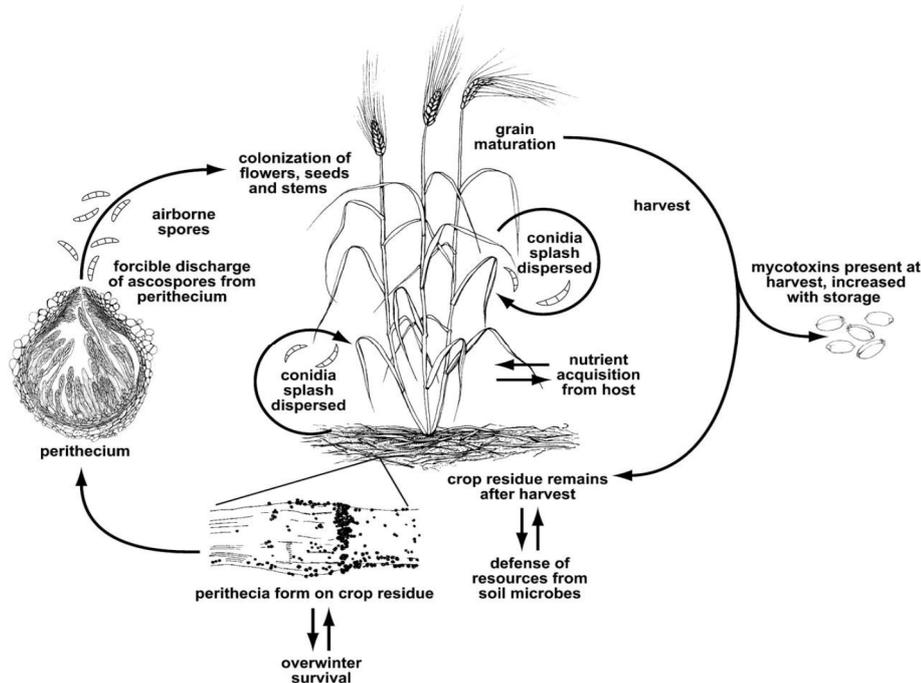


Figure 4. Cycle de vie de *Fusarium graminearum* principal agent responsable de la fusariose des épis de blé (Trail, 2009)

II.3.2. Septoriose

C'est l'une des principales maladies cryptogamiques du blé à travers le monde (Shipton *et al.*, 1971 ; Eyal *et al.*, 1987). La maladie est causée par l'attaque d'un champignon qui peut être présent sous deux formes au champ : la forme sexuée « *Mycosphaerella graminicola* » et la forme asexuée « *Zymoseptoria tritici* » (Brunner *et al.*, 2013). Sous un climat favorable au développement de la maladie (zones humides), le rendement en grains des variétés de blé sensibles peut être réduit de 30 à 50% (Eyal, 1981).

II.3.2.1. Description du pathogène

Les conidies de *Z. tritici* sont filiformes, droites ou en lignes flexibles, plus effilées du côté de l'apex et formées souvent de 1 à 4 cellules séparées par des cloisons. Leurs dimensions sont 28-70 x 1-1,5 µm (Bouzig, 2008). Le téléomorphe *M. graminicola* appartient au phylum des Ascomycota (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignon « dont les ascques sont contenus dans des pseudothèces) (Bouzig, 2008). Le téléomorphe a été identifié en Algérie pour la première fois par (Harrat *et al.*,2017) (fig.5).

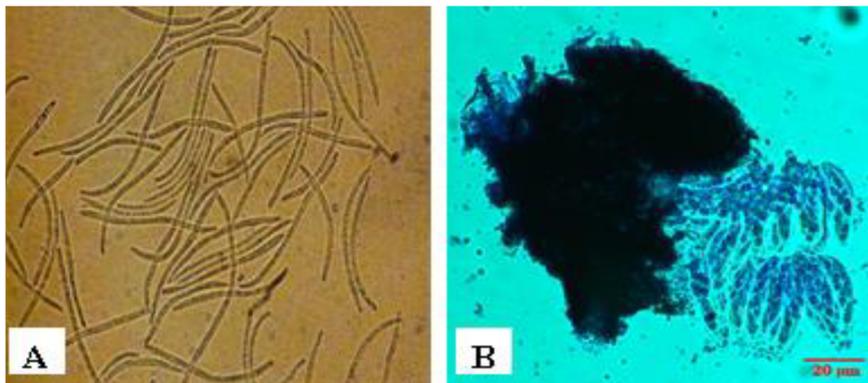


Figure 5. (A) Conidies de *Z. tritici* (G : 10x40) (Zillinsky, 1983) ; (B) Pseudothèque de *M. graminicola* (Harrat *et al.*,2017).

II.3.2.2.Symptômes

Les symptômes commencent par des petites taches de couleur brune rougeâtre irrégulière sur les feuilles inférieures(Fig 6) et en particulier sur celles en contact du sol. Les taches sont d'abord délimitées par les nervures (Sayoud *et al.*,1999).



Figure 6. Symptômes typiques de la tache septorienne provoquées par *Z. tritici* sur blé dur(Zillinsky, 1983).

II.3.2.3. Cycle de développement de la Septoriose

A l'automne, le champignon contamine les jeunes pousses de blé. En hiver, sa progression est ralentie par les conditions climatiques défavorables. Au printemps, les températures plus clémentes vont réactiver l'épidémie. Les symptômes apparaissent et les pycnides vont assurer la propagation de la maladie par effet de projection des spores par les gouttes de pluie. Des étages foliaires inférieurs vers les étages supérieurs, mais aussi aux plantes voisines. La période de risque de contamination se situe du stade deux noeuds jusqu'au stade floraison (Huber *et al.*, 2006) (Fig.7).

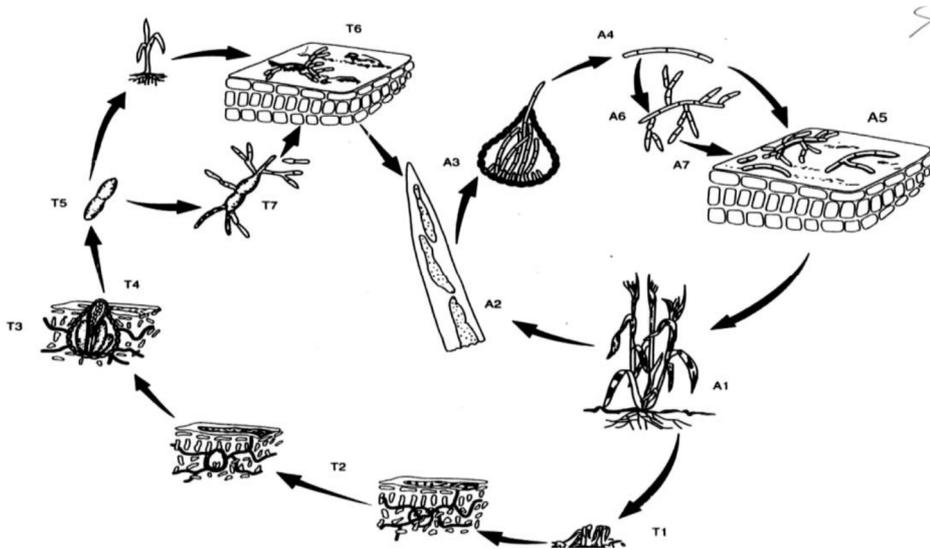


Figure 7. Cycle biologique de *Mycosphaerella graminicola* (anamorhe : *Zymoseptoria tritici*) (T : forme sexuée ; A : forme asexuée) (Madariaga, 1993 ; Verreet *et al.*, 2002)

II.3.3. Les rouille

Les rouilles sont parmi les maladies les plus dévastatrices du blé. Les trois espèces de rouilles s'attaquent aussi bien au blé tendre qu'au blé dur. Concernant l'importance relative des trois rouilles, la rouille brune est la plus répandue au Maghreb (Sayoud *et al.*, 1999).

II.3.3.1. Les rouille jaune

La Rouille jaune est causée par l'agent pathogène *Puccinia striiformis f.sp. Tritici*. Elle provoque des dégâts très importants sur blé selon les conditions climatiques particulières. Cette Rouille apparaît en cours de montaison, généralement de premier nœud à dernière feuille. Au niveau de la parcelle les premières attaques sont localisées sur les feuilles du bas de quelques plantes et la contamination se fait essentiellement à l'intérieur du champ et peu depuis l'extérieur (Moreau, 2011 ; Masson, 2012 ; Amrani, 2013).

II.3.3.1.1. L'agent pathogène

Le champignon *Puccinia striiformis* appartient au phylum des Basidiomycota et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores de *P. striiformis* sont monocellulaires, globuleuses à ovales, rarement ellipsoïdes, avec une paroi épaisse finement rugueuse.

Leurs dimensions sont 20-30 x 10-18 μm . Les téliospores sont bicellulaires, allongées, avec une cellule apicale à extrémité pointue, arrondie ou totalement aplatie et une cellule de base souvent plus allongées, se prolongeant par un court pédicelle. Ces téliospores sont brun clair et ont une paroi épaisse et lisse ; leurs dimensions sont 25-65 x 15-25 μm (Bouzi, 2008) (Fig. 8).

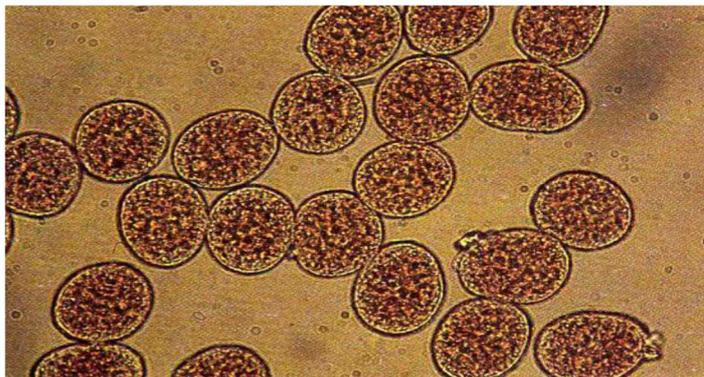


Figure 8. Urédospores de *P. striiformis* (G : 10x40) (Zillinsky, 1983)

II.3.3.1.2. Symptômes

Des pustules orangées apparaissent sur les feuilles et les tiges disposées en stries le long de nervures des feuilles. Elles sont souvent de petite taille (0,5 mm) (Masson, 2012). Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles et sur les épis et les

grains. Ces pustules sont constituées de spores (urédospores). À la fin de la saison de croissance, ces pustules deviennent noires étant donné la formation de spores connues sous le nom de téléospores. Ces pustules correspondent à la déchirure de l'épiderme qui laisse apparaître ainsi une poudre dont la couleur varie de l'orange, rouge brique, marron au jaune, selon l'espèce pathogène. Les rouilles ne sont pas transmises par semence (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2013) (Fig.9).



Figure 9. Urédospores de *P. striiformis* sur feuille de blé (Zillinsky, 1983)

II.3.3.1.3.Cycle de développement de la rouille jaune

Les cycles des rouilles sont complexes et impliquent souvent un hôte principal et un hôte alternatif. Seule la Rouille jaune ne connaît pas d'hôte alternatif. Le champignon passe l'hiver sous forme d'urédospores sur les repousses de céréales ou les cultures à semis automnal précoce ou de mycélium en dormance. Sous cette dernière forme, moins exposée aux conditions hivernales hostiles, le champignon peut survivre à de très faibles températures (jusqu'à -10°C). Au printemps, lorsque le climat devient frais et humide, le champignon reprend son développement pour initier les contaminations secondaires via la production de nouvelles urédospores. Ces urédospores présentent la caractéristique d'être regroupées en amas appelés « unités de dissémination ». On distingue deux sources d'inoculum primaire : endogène et exogène.

L'inoculum endogène provient d'une source de conservation locale (hôte alternatif ou

repousses de blé). Les infections qui en résultent apparaissent précocement au stade tallage, et constituent par la suite des foyers d'infection caractérisés par la présence de pustules sur les feuilles basales, l'inoculum exogène, provient d'autres parcelles infestées et dont les spores sont transportées par le vent à travers de longues distances. Les pustules de cet inoculum apparaissent sur les feuilles supérieures. Dans ce cas précis la maladie ne peut être menaçante que lorsque les périodes humides sont fréquentes en mars-avril. Le cycle complet de la maladie, de l'infection à la production de nouvelles spores, peut être achevé en sept jours dans des conditions idéales et se répéter de nombreuses fois en une saison (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2013).

II.3.3.2. Rouille brune

La rouille brune est celle qui provoque le moins de dégâts en Algérie. Les variétés italiennes y sont sensibles. L'hôte alternatif, *Anchusa azurea* anciennement appelé *Anchusa italica* ou Buglosse d'Italie ou fausse bourrache (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2009).

II.3.3.2.1. Description du pathogène

Le champignon *Puccinia recondita* appartient au phylum des Basidiomycota (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomyètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores de *P. recondita* sont monocellulaires, de forme globuleuse à ovale, rarement ellipsoïde et ont une paroi épaisse très finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-30 x 18-25 µm (Fig.11(A)). Les téliospores de cette espèce sont bicellulaires, allongées, avec une cellule apicale à extrémité arrondie, plate ou légèrement pointue et une cellule de base, généralement plus allongée, prolongée par un court pédicelle. Ces téliospores brun clair, à paroi épaisse et lisse ont des dimensions de 30-48 x 10-20 µm (Bouzi, 2008) [Fig.10B].

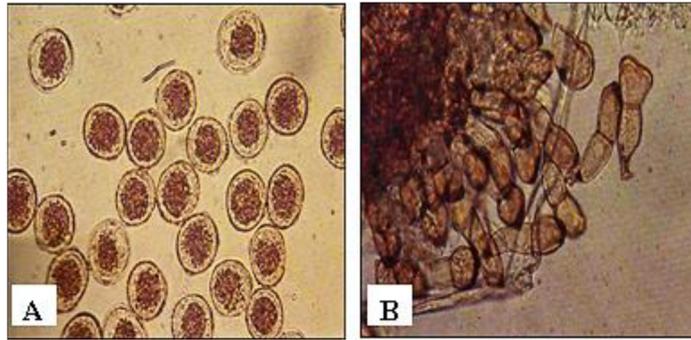


Figure 10. (A) Urédospores de *P. recondita* (G : 10x10) ; (B) Téléutospores de *P. recondita* (G : 10x40) (Zillinsky, 1983).

II.3.3.2.2.Symptômes

Petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brunes ces pustules sont (poudreuses) remplies de spores (urédospores), apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison ces pustules prennent une couleur noir (téléutospores) (Aouali *et* Douici-Khalfi, 2013) (Fig.11). Sur le plan diagnostique, et pour éviter la confusion avec les pustules de la rouille jaune, les pustules de la rouille brune lorsqu'on les frotte légèrement, une poudre de la même couleur adhère au doigt (Sayoud, 2008).



Figure 11. Urédosores de *P. recondita* sur feuille de blé (Zillinsky, 1983).

II.3.3.2.3.Cycle biologique

Bien que la rouille brune du blé puisse infecter une plante hôte secondaire, principalement *Thalictrum* mais aussi *Anchusa*, *Anemonella*, *Clematis* et *Isopyrum*, qui transmet la maladie au blé par l'intermédiaire des écidiospores, il semble que le

cycle biologique de *P.recondita* soit plutôt limité uniquement au blé comme hôte principal.

Ainsi, il est possible que les régions méditerranéennes à hiver doux permettent la conservation du champignon sous forme d'urédospores ou de mycélium dans les chaumes infectés du blé d'une année à l'autre.

Pendant la végétation du blé sous des conditions météorologiques favorables, les urédospores de l'année précédente ou celles produites de nouveau par le mycélium actif dans les chaumes infectés seraient disséminées par le vent et seraient à l'origine de l'infection primaire du blé pendant fin hiver début-printemps.

Les infections secondaires au printemps sont assurées par les urédospores produites en cours de végétation du blé et propagées essentiellement par le vent.

Les téliospores produites par le champignon à la fin du printemps pour se conserver jusqu'à la fin de l'hiver suivant, ne semblent pas jouer un rôle lors de l'infection primaire lorsque la plante hôte secondaire n'existe pas.

Les humidités élevées et les températures comprises entre 15 et 25 °C sont favorables à la maladie qui n'est pas transmise par les semences (Bouzi, 2008) (Fig.12).

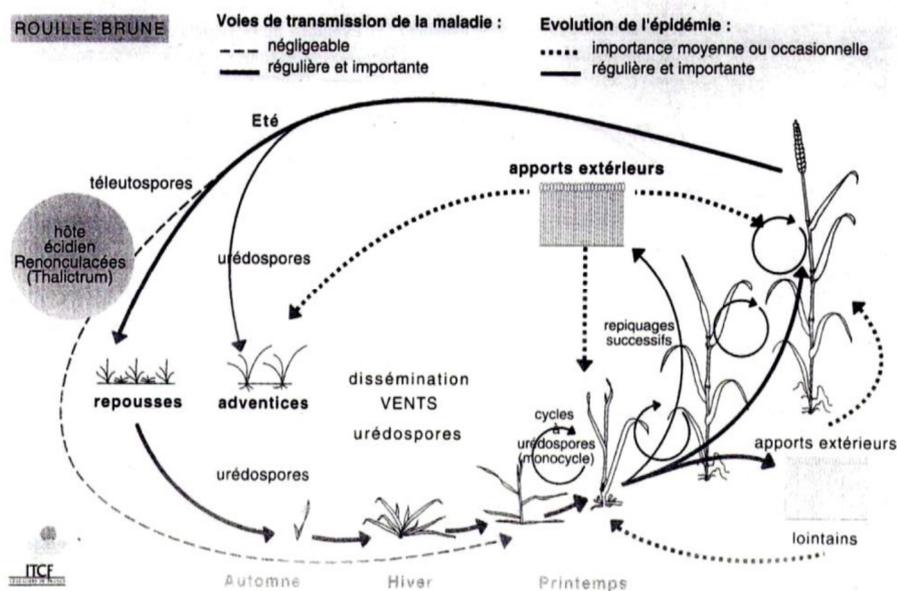


Figure 12. Cycle de développement de la rouille brune (Caron, 1993).

II.3.4. Tache bronzée du blé

La Tache bronzée du blé, causée par *Pyrenophora tritici-repentis* ou bien *Drechslera tritici-repentis*, est une maladie qui est présente à travers les zones céréalières de

l'Algérie. Selon les résultats des travaux de **Benslimane (2006)**, elle est présente aussi sur le blé dur que sur le blé tendre.

Ce sont des taches brunes de formes ovales entourées d'une auréole jaune. Avec le développement de la maladie, elles coalescentes pour former des étendues nécrotiques sur les feuilles. Cette maladie est causée par *Pyrenophora tritici-repentis* (**Anonyme, 2006**).

II.3.4.1. Agentpathogène

Au stade asexué :*Pyrenophoraitritici-repentis* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies sont pluricellulaires, allongées, droites ou légèrement courbées, arrondies à l'extrémité apicale et pointues à l'extrémité basale. La paroi est épaisse et les cellules sont séparées par 1 à 10 pseudos cloisons au niveau desquelles apparaissent des constriction lorsque la conidie vieillit. Leurs dimensions sont 100-240 x 10-16 µm (**Bouزيد, 2008**).

Au stade sexué :*Drechsleraitritici-repentis* appartient au phylum des Ascomycota (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des pseudothèces)(**Bouزيد, 2008**)(Fig.13)

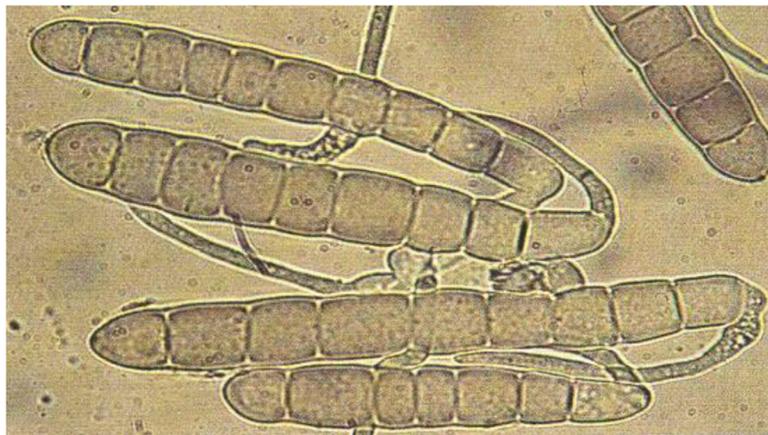


Figure 13. Conidies de *P. tritici-repentis* (G : 10x40) (Zillinsky, 1983)

II.3.4.2. Symptômes

La tache bronzée se progresse du bas vers le haut de la plante, elle se présente au niveau

des feuilles sous forme des taches ocellées, ovoïde, souvent entourées d'un halo chlorotique jaune avec un point noir au centre (**Fig.14**). Il est remplacé progressivement par un point foncé puis un cercle brun et absence de pycnide (**Masson, 2012**)



Figure 14 : Symptômes de la l'Helminthosporiose(Zillinsky, 1983)

II.3.4.3. Cycle de développements de la Tache bronzée

Les symptômes apparaissent durant la montaison jusqu'à la maturité. L'agent pathogène se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus du blé(**Yahyaoui, 2003**), en présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. Au cours de la saison l'infection secondaire est assurée par les conidies qui sont facilement disséminées par le vent. La germination des spores et l'infection des tissus sont favorisées par des conditions humides et des températures optimales entre 18 et 28°C et aussi par une durée d'humectation du feuillage de 24 à 48 heures (**Aouali etDouici-Khalfi, 2009**) (**Fig.15**).

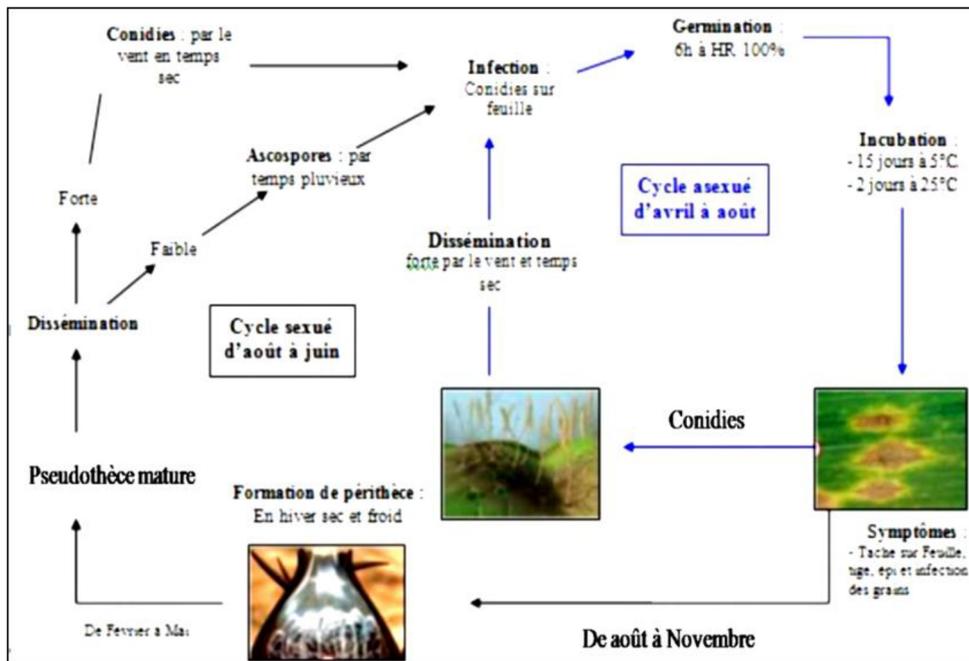


Figure 15. Cycle de développement de l'helminthosporiose du blé (Devalé *et al.*, 2000 ; Verreet et Klink, 2002)

II.3.5. Oïdium

Toutes les céréales peuvent être attaquées par l'oïdium. Plusieurs formes de la maladie sont cependant spécifiques à des cultures précises, et ne provoquent pas d'infections croisées (Anonyme, 2014).

Cette maladie du blé hiverne essentiellement sous forme de mycélium sur les repousses de céréales et les cultures à semis automnal. Les cléistothèces produits en fin d'été résistent aux faibles températures et à la sécheresse (Anonyme, 2014).

Les parcelles de blé d'hiver à semis tardif sont souvent particulièrement sensibles aux attaques de l'oïdium, notamment lorsque les cultures se développent rapidement au printemps (Anonyme, 2014).

II.3.5.1. Agent pathogène

L'agent responsable d'Oïdium « *Blumeria graminis* » appartient au groupe des Hyphomycètes, ses conidies sont monocellulaires, généralement ellipsoïdes, allongées ou légèrement gonflées. Avant maturité, elles sont disposées en longues chaînes. Leurs dimensions sont 22-35 x 10-14 µm. Le téléomorphe *B. graminis* appartient au phylum des Ascomycota (champignons produisant des ascospores) et à la classe des Erysiphomycètes (champignons dont les ascus sont contenus dans des cléistothèces qui

mûrissent par déhiscence). *B. graminis* forme des cléistothèces qui apparaissent au microscope photonique globuleux, fermés, de couleur brun foncé à noire (Bouzi, 2008) (Fig.16).

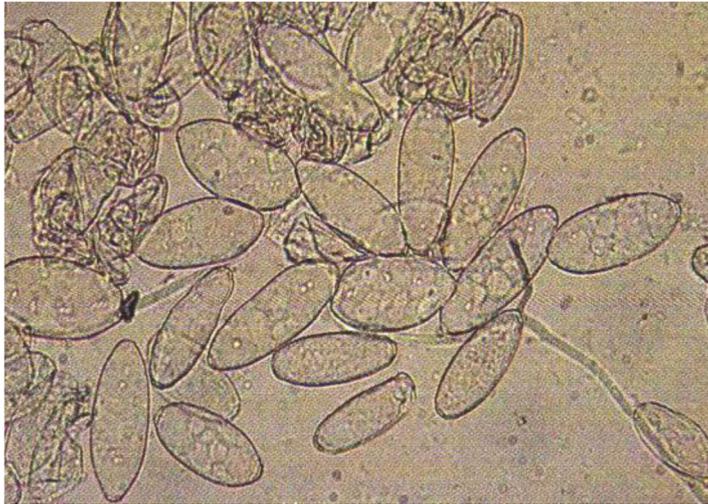


Figure 16. Conidies d'*Erysiphe graminis* (G : 10x40) (Zillensky, 1983)

II.3.5.2.Symptômes

Les premiers symptômes d'*Erysiphe graminis f. sp. tritici* apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs. En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis (Ezzahiri, 2001 ; Anonyme, 2008 ; Aouali et Douici-Khalfi, 2009) [Fig. 17].



Figure 17. Oïdium sur blé provoqué par *Erysiphe graminis* (Zillinsky, 1983)

II.3.5.3. Cycle de développement

L'oidium infecte la plante hôte par des conidies. Après être véhiculées par l'air, les conidies se déposent sur l'organe de la plante hôte, germent et développent un mycélium superficiel. En même temps, une courte hyphes fine se développe directement dans les cellules épidermiques et forme une haustorie avec laquelle le champignon absorbe les substances nutritives. À partir du mycélium, les conidiospores se développent et libèrent de nouvelles conidies capables d'induire de nouvelles infections. Plus tard, la reproduction sexuée du champignon aboutit à la production des cléistothèces contenant des ascospores à l'intérieur des asques (**Fig.18**). L'induction de l'infection primaire pendant la saison de végétation suivante est due au développement du mycélium en conservation ou à la germination des ascospores libérées à partir des asques qui sont déchargés à partir des cléistothèces (**Nasraoui, 2006**).

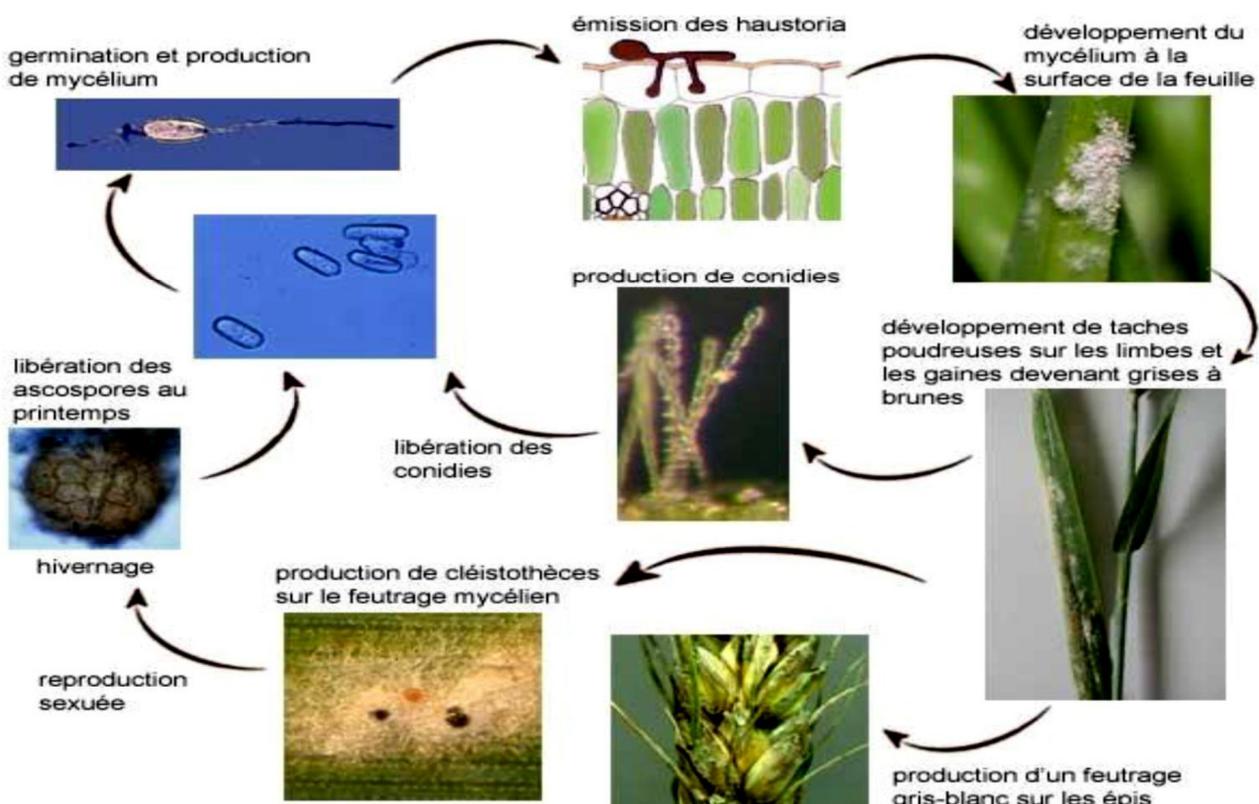


Figure 18. Cycle de développement de l'agent pathogène *Erysiphe graminis* (Chamant, 2013)

II.3.6. Charbon nu

Le charbon nu se développe aussi bien sur blé tendre que sur blé dur. Des attaques sporadiques du blé par ce champignon sont observées de temps en temps (**Ezzahiri, 2001**).

II.3.6.1. Les symptômes

Les symptômes du charbon sont visibles entre la floraison et la maturité. Au début, les épis infectés sont noircis, et apparaissent un peu plutôt que les épis sains, les enveloppes de la graine, ainsi que leur contenu est détruit et remplacés par une masse noirâtre, constituée de spores du champignon (**Ezzahiri, 2001**). La semence infectée peut être réduite en taille et plus légère que la semence saine. (**Warharm, Butler, Sutton 1997**)



Fig. 19 : Charbon nu du blé *Ustilago tritici*(Zillinsky, 1983)

II.3.6.2. Cycle de développement

La contamination des semences est issue d'épis charbonnés présents dans la culture. Un épi charbonné est une masse pulvérulente noire, formée d'un nombre considérable de spores, installées à la place des grains. Les enveloppes des grains complétement détruits laissant s'envoler au moindre choc. A ce stade ne reste plus sur l'épi que le rachis. Les spores appelés encore chlamidospores, sont globuleuses ou ovoïdes et mesurent 5 à 9 μ leur membrane est brun clair et couverte de fines ponctuations, transportées à courte distance par le vent, elles se

déposent sur les stigmates des fleurs au niveau de l'ovaire en voie de croissance. Les spores d'*U tritici* sont capables de germer en quelques heures Les conditions favorables à l'infection correspondent à un temps doux (16 à 22°C) (**Champion, 1997 ;Ezzahiri, 2001**)

II.3.7. Carie de blé

La carie est traditionnellement présente dans les zones de production extensive (**Ezzahiri, 2001**), elle infecte plus de 70% de la récolte si les blés ne sont pas protégés ou sont cultivées dans des conditions climatiques favorables pour la maladie où les niveaux de l'inoculum sont élevés (**Wilcoxson et Saari, 1996**).

II.3.7.1. L'agent pathogène

La carie du blé, provoquée par des champignons basidiomycètes de la famille des *Tillétiacées* (Bruyere, 2011) : (*Tilletia tritici* (syn. *T. caries*) et/ou *T. laevis* (syn. *T. foetida*). Les deux espèces diffèrent dans les caractéristiques microscopiques (Nielsen *et al*, 1984) Le cycle de développement de la maladie, les symptômes, et la lutte contre les deux pathogènes sont presque identiques (**Nielsen *et al.*,1984**)

II.3.7.2. Symptômes

Les symptômes n'apparaissent qu'au moment du remplissage des grains. Seul le contenu de grain est transformé en une masse poudreuse noirâtre alors que les glumes et les glumelles sont épargnées. Les épis cariés sont difficiles à détecter avant le battage. Parmi les signes indiquant la présence des épis cariés dans un champ au moment du remplissage des grains, on peut citer la couleur vert foncée des glumes et des glumelles et les épillets qui s'écartent du rachis (**Ezzahiri, 2001**)



Fig. 20 : Epi du blé carié (Plantix, 2020)

II.3.7.3. Cycle de développement

Les spores peuvent survivre une dizaine d'années dans le sol qui présente donc un danger potentiel de longue haleine. Toutefois les conditions sont réunies pour que les spores germent et que le stock finisse par s'épuiser. Les spores de carie ou probasides germent entre 2 et 29°C avec un optimum à 11°C lorsqu'elles ont déjà accumulé une certaine somme de température. La baside qui en résulte procède à la réduction chromatique et produit des spores haploïdes. Ces sporidies vont ensuite fusionner par deux, germer et pénétrer les coléoptiles de blé. Le mycélium s'installe dans la plantule en direction de l'ébauche de l'épi. Il y restera pendant la montaison et poursuivra son développement à l'épiaison en se transformant en spores que l'on retrouve à l'intérieur des grains cariés (**Caron, 1993**).

Chapitre III

Méthode de lutte contre les champignons phytopathogènes

III. Lutte intégrée

La lutte contre les maladies cryptogamiques du blé vise à minimiser et retarder le développement des maladies. Les méthodes de lutte peuvent être chimiques, culturales ou génétiques, mais il est préférable d'intégrer ces différentes méthodes dans un seul programme, ce qui reviendra moins cher pour l'agriculteur (Eyal, 1999 ;Lacroix,2002).

III.1. Méthodes préventives

Des labours profonds est l'une des techniques culturelles qui enfouissent le champignon à une profondeur où il lui est impossible d'infecter les feuilles. L'utilisation des semences saines et certifiées et l'usage de variétés résistantes restent les bonnes décisions afin d'éviter les contaminations. La pratique des rotations culturales est indispensable pour diminuer la quantité de l'inoculum dans le sol et minimiser les risques (El Yousfi, 2015).

III.2. Lutte chimique

La lutte chimique sert soit à la prévention afin d'éviter la maladie ou traitement curatif afin de la stopper, mais elle doit être raisonnée en tenant compte de la période de traitement, du produit utilisé, de la dose à appliquer, du spectre d'action de la matière active et de la période de couverture (rémanence). (Anonyme, 2007)

Les fongicides sont des substances actives susceptibles d'entraîner plus ou moins rapidement l'inhibition de la croissance ou de la mort des champignons et d'être utilisées pour la lutte contre les maladies cryptogamiques des cultures et des produits récoltés (Clément, 1981). Les molécules et les préparations fongicides utilisées dans la pratique agricole sont nombreuses et appartiennent à des familles chimiques variées (Bermond, 2002).

III.2.1. Avantage

Les pesticides présentent plusieurs avantages tels que : **(Mariau Dominique et Philippe René, 1983)**

- Protéger les cultures contre les organismes nuisibles. Dans la nature, de nombreuses agressions peuvent faire obstacle au bon développement des plantes : insectes ravageurs, maladies (champignons, bactéries, virus), mauvaises herbes...
- Assurer des récoltes régulières.
- Maintenir la qualité des aliments et permettent de récolter des produits sains, bons et appétissants, qui évitent certaines allergies ou intoxications à l'homme.
- Excellente efficacité et permet de traiter rapidement des surfaces importantes

III.2.2. Inconvénients des produits chimiques

III.2.2.1. Sur l'environnement

L'impact sur l'environnement est pris en compte avant la mise sur le marché du pesticide.

- Risque de pollution de l'eau. Il faut limiter au maximum la probabilité de retrouver des traces de pesticides dans les nappes phréatiques ou les eaux superficielles.
- Risque de pollution de l'air. Lorsqu'un pesticide est pulvérisé pour protéger une culture, une part du produit peut se volatiliser dans l'air.
- Danger vis-à-vis la faune de sol.

III.2.2.2. Santé

Les pesticides sont présents dans nos aliments sous forme des résidus : ils finissent finalement dans nos organismes apportés par l'eau et les aliments consommés. Nos organismes hébergent ainsi des centaines de molécules toxiques dont de très nombreux pesticides. **(Mariau Dominique et Philippe René, 1983)**

III.3. Lutte biologique

La lutte biologique est une méthode de lutte contre les nuisibles des cultures, au moyen d'organismes vivants antagonistes. Elle se base sur l'utilisation de prédateur,

parasitoïdes, agents pathogènes et herbivores, sans faire appel à des pesticides. Elle a pour but de maintenir les populations d'organismes bioagresseurs en dessous d'un seuil de nuisibilité (Johan, 2014)

III.3.1. Lutte biologique par macroorganismes

Elle correspond à l'utilisation d'organismes macroscopiques (des invertébrés, insectes, acariens ou nématodes) d'une façon raisonnée pour protéger les cultures contre les attaques des champignons.

La lutte biologique classique utilisant des auxiliaires macroscopiques comprend plusieurs modalités :

- **Lâcher introductif** qui correspond à l'introduction durable d'auxiliaires exotiques pour lutter contre un ravageur exotique, généralement introduit accidentellement,
- **Redistribution de prédateurs** qui correspond à l'introduction durable d'auxiliaires indigènes contre un ravageur indigène,
- **Lâcher inondatif** qui correspond à un lâcher massif d'auxiliaires pour maîtriser à court terme un bio-agresseur.

III.3.2. lutte biologique par microorganismes

La lutte biologique, précisément par utilisation des micro-organismes mycophage assure une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. (Ignoffo, 1970). Les champignons appartenant à *Trichoderma* spp. ont été utilisés auparavant comme agents de lutte biologique pour protéger les plants de blé contre les maladies des taches foliaires en Argentine. Une collection de *Bacillus megaterium* provenant de la rhizosphère et des feuilles de blé, de l'orge, de la paille de l'avoine et du grain a été criblée pour sa capacité à inhiber la tache septariose de blé

(STB). Cette bactérie a régulièrement retardé le développement de STB jusqu'à 80% dans des essais sur le terrain à petite échelle. (Ponomarenko et al., 2011).

III.3.3. Biopesticides

Un pesticide bio se définit étymologiquement comme tout pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire, organismes vivants ou de substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers. Le terme de biopesticide doit être réservé aux agents biologiques de lutte ou de contrôle des champignons phytopathogènes et des bactéries. Il est cependant fondé étymologiquement d'appeler les molécules phytochimiques à caractère phytosanitaire des « biopesticides d'origine végétale » (Vincent et Coderre, 1992 ; Van Driesche, 1996 ; Vincent, 1998)

Les bio fongicides à la base de la Prêle des champs au pouvoir préventif et curatif est un excellent remède contre certaines maladies comme par exemple : l'oïdium, la tavelure, le mildiou (Gwenaëlle André, 2017)

Chapitre V

Métabolite secondaire

V.1. Métabolite

Les métabolites sont les produits intermédiaires du métabolisme. Ils ont diverses fonctions, y compris l'énergie, la structure, la signalisation, un stimulant et des effets inhibiteurs sur les enzymes (**Admiraal *etal.*, 2001**).

Chez les plantes, il existe deux grandes classes des métabolites :

V.1.1.Métabolites primaires des plantes

Cesont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie. Ils sont classés en quatre grandes catégories : les glucides, les lipides, les acides aminés et les acides nucléiques (**Staunton et Weissman., 2001**)

V.1.2.Métabolites secondaires des plantes

Ces produits, à structure chimique souvent complexe sont très dispersés et très différents selon les espèces. Ils pourraient jouer un rôle dans la défense contre les herbivores, et dans les relations entre les plantes et leur environnement (**Koch *etal.*, 2005 ; Filippou *etal.*, 2007**)

V.1.2.1. Les différents groupes de métabolites secondaires

On distingue classiquement quatre grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux : (**Lautru et Challis, 2004 ; Koch *etal.*, 2005**)

- ✓ Les composés phénoliques
- ✓ Les saponines
- ✓ Les alcaloïdes et composés azotes
- ✓ Les composés terpéniques.

a. Les alcaloïdes

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale, à caractère alcalin et présentant une structure complexe(Torres *et al.*,2020 ; Falcone Ferreyra *etal.*, 2012)

Leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique ; les alcaloïdes possèdent une activité pharmacologique significative (Luther *etal.*,2019 ; Imai *etal.*, 2019).

Actuellement, plus de 8 000 composés naturels ont été identifiés comme alcaloïdes. Afin de pouvoir mieux maîtriser cette grande liste, trois types de classification des alcaloïdes ont été proposées suivant(Huguenin-Dezot *et al.*, 2018)

- ✓ leurs activités biologiques et écologiques.
- ✓ leurs structures chimiques,
- ✓ leurs voies de biosynthèse.

b. Les composés phénoliques

Les composants phénoliques sont des métabolismes secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyyles libres ou engagés avec des glucides(Shen, 2003)

Les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes simples et proanthocyanidins) forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes ; sont des molécules biologiquement actives (Gao *etal.*,2010 ; Vogt,2010)

Ils sont largement utilisée en thérapeutique comme vasoconstricteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants et anti-radicalaires, antimicrobiens (Chan *et al.*, 2010 ; Chan& Thomas., 2009).

b.1. Les flavonoïdes

Ils sont très présents dans les feuilles, les graines, l'écorce et les fleurs de plante, cette présence est en grande partie influencée par des facteurs génériques et des conditions environnementales (Kang *et al.*,2012).

Les flavonoïdes ont des activités biologiques et thérapeutiques(Floss et *al.*,2011) parmi elles on cite :

b.1.1. Activité antioxydante

Ils possèdent une forte activité antioxydante qu'est le principe de plusieurs activités biologiques douées par ces molécules .L'activité du piégeage des radicaux libres est l'un des mécanismes importants de l'activité antioxydante(Fisch, 2013)

b.1.2. Effet anticancéreux

Certains flavonoides possèdent une activité antitumorale et anticancérogénique significative. Par blocage de la production de la tumeur de la peau, la quercétine peut être considérée effective dans la prévention du cancer de la peau(Fisch, 2013)

b.1.3. Activité antimicrobienne

Ils sont capables d'agir au niveau de la synthèse des protéines virales. Ont également montré une corrélation entre l'effet inhibiteur de certains flavonoides sur divers virus d'herpès et leur capacité à augmenter les taux intracellulaires en AMPC dans les cellules infectées(Fisch K, 2013)

b.1.4.L'activité antifongique

L'activité antifongique est aussi établie, une étude faite sur *Dianthus caryophyllus* a montré l'efficacité de flavonoides sur des souches fongiques par des mécanismes :

- L'inhibition des enzymes extracellulaires microbiennes.
- Séquestration de substrat nécessaire à la croissance microbienne ou la chélation de métaux tels que le fer.
- L'inhibition du métabolisme microbien (Brakhage, 2013).

b.2. Les tanins

Ils sont d'origine végétale et non azotée, ce sont des composés *polyphénoliques* de

structures variées ayant en commun la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines (Dias *et al.*,2012).

b.3. Les saponines

Les saponines sont des métabolites secondaires hétérosidiques présents dans de nombreuses plantes et quelques organismes marins où ils auraient un rôle de défense contre des agents pathogènes extérieurs comme les champignons, bactéries et autres insectes(Reimer *et al.*,2016 ; Falcone Ferreyra *et al.*, 2012).

Les saponines possèdent de nombreuses activités biologiques plus ou moins marquées. On citera les activités antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires, anti-hémorroïdaires et anti-appétantes (Ling *et al.*,2015).

c. Les coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques végétaux, portant un noyau benzopyrone dans leur structure, ils sont des 2H-1-benzopyran-2-ones que l'on peut considérer, en première approximation, comme étant les lactones des acides 2-hydroxy-Zcinnamiques (Bruneton, 2013)

V. 2. Méthodes d'extraction des métabolites

V.2.1. Extraction par macération

C'est une infusion dans un solvant à froid. L'opération bien que généralement longue et à rendement souvent médiocre, est la seule méthode utilisable dans le cas de l'extraction d'un ensemble de molécules fragiles. Ces phénomènes peuvent entraîner une dégradation rapide des molécules actives pour cela elle peut être opérée dans un récipient couvert, le tout à l'abri de la lumière (Groubert *etal.*, 1984).

V.2.2. Extraction par décoction

Elle convient pour l'extraction de matières végétales dur ou très dur : bois, écorce, racines, ou des plantes. Elle consiste à faire bouillir les plantes fraîches ou séchées dans de l'eau pendant 10 à 30 min, pour bien extraire les principes médicinales (Baba-Aïssa, 2000 ; Kraft et Hobbs, 2004).

V.2.3. Extraction par Soxhlet

L'extraction par Soxhlet est une technique standard et la référence principale pour évaluer la performance d'autres méthodes d'extraction solide-liquide. Elle dépasse en performance les autres techniques conventionnelles d'extraction, excepté dans le cas de l'extraction des composés thermolabiles (**Luque de Castro et Garcia-Ayuso, 1998**).

La matière végétale est placée dans une cartouche, et remplie de solvant frais dans un ballon à distiller. Quand le liquide atteint le niveau de débordement, un siphon aspire la solution de la cartouche et la recharge de nouveau dans le ballon, portant les corps dissous extraits dans le liquide en bloc. Dans le ballon, le soluté est séparé du solvant par distillation. Le soluté reste dans le flacon et le solvant frais passe de nouveau dans le lit de solide (**Luque-Garcia et Luque de Castro, 2004**).

V.2.4. Extraction par ultrason

Les ondes sonores peuvent propager dans une matière et impliquent des cycles d'expansion et de compression lors de la propagation dans le milieu. L'expansion peut créer des bulles qui se forment, se développent et s'effondrent dans un liquide. Près d'une surface solide, l'effondrement de cavité est asymétrique et produit un jet de liquide à grande vitesse. Le jet liquide a un fort impact sur la surface solide (**Luque-Garcia et Luque de Castro, 2003**).

Les effets mécaniques des ultrasons induisent une plus grande pénétration du solvant dans les matériaux cellulaires et améliorent le transfert de masse. Les ultrasons dans l'extraction peuvent également perturber les parois cellulaires, facilitant la libération de leur contenu (**Mason, Paniwnyk *et al*, 1996**).

Chapitre VI

Activité antifongique des extraits végétaux

VI.1. Plante fongicide

Dans le cadre d'une contribution à la valorisation des ressources naturelles, des tests de l'action antifongique des extraits végétaux ont été engagés. L'utilisation des plantes médicinales est aujourd'hui la forme la plus répandue à travers le monde. Le recours au traitement par les plantes ainsi que la recherche de nouvelles substances à activité biologique constituent une des plus grandes préoccupations scientifiques. Ces extraits ont un spectre d'action très large puisqu'ils inhibent aussi bien les bactéries que les champignons (**Saravanan et Valluvaridasan, 2001, Klingauf, 2005**). De ce fait, plusieurs travaux ont été réalisés pour l'évaluation des secrets des plantes médicinales contre les champignons phytopathogènes (**Tab.3**)

Tableau 3 : Quelques plantes utilisées pour lutter contre les champignons phytopathogènes

Plante	Famille	Extrait	Organe	Champignons	Auteurs
<i>Satureja calamintha</i>	Lamiaceae	Méthanolique	Les parties aériennes	<i>Candida albicans</i> <i>Fusarium sp</i> <i>Aspergillus sp</i>	(Labioud, 2016)
<i>Mantha rotundifolia</i>	Lamiaceae	Extraits-aqueux éthanoïque	Feuilles et tiges	<i>Fusarium sp</i> <i>Aspergillus niger</i>	(Boumellah, 2019)
<i>Thymelaea sp</i>	Thymelaeaceae	Extrait-aqueux	Feuilles	<i>Pyrenophora teres</i> <i>Drechs. f. teres.</i>	Taibik et al., 2014
<i>Punica Granatum</i>	Punicaceae	L'extrait Ethanolique	Ecorce	<i>Fusarium oxysporum.</i> <i>Radici –ycopersici</i> <i>Ascocyhta rabiei.</i>	Kanoun et al., 2014
<i>Citrus paradisi</i>	Rutaceae	Extrait-aqueux	pépins	<i>Fusarium tricinctum</i>	Alem et Djaouida, 2016
<i>Chénopodium quinoa</i>	Amaranthaceae	aqueux	graines	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> et <i>Rhynchosporium secalis.</i>	Zouaoui, 2018
<i>Capsicum sp</i>	Solanacées	extrait éthanolique	piment	<i>Alternaria sp,</i> <i>Penicillium sp,</i> <i>Fusarium sp,</i> <i>Apergillus flavus.</i>	Koffi et al., 2014
<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiacées	extraits aqueux et éthanolique	Feuilles	<i>Penicillium sp,</i> <i>Aspergillus niger,</i> <i>Aspergillus flavus.</i> <i>Fusarium verticillioides</i>	Gouizi et Ghellab, 2019

Chapitre VI Activité antifongique des extraits végétaux

				<i>et Fusarium graminearum,</i>	
<i>Terminalia ivorensis</i>	Combretaceae	Extrait-éthanolique	Ecorce Feuille-s	Fusarium oxysporum.	Ruffin <i>etal.</i>, 2018
<i>Chromolaena odorata</i>	Astéracées		Feuille-s	Fusarium. oxysporum	Kra <i>etal.</i>, 2009

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion générale

A partir de la recherche bibliographique réalisée dans ce document, nous avons constaté que :

Les céréales occupent une place primordiale dans le système agricole et elles sont considérées comme les principales sources nutrition humaine et animale. En Algérie reste la spéculation prédominante de l'agriculture nationale.

Dans notre pays, une grande partie de la production céréalière est soumise aux pratiques de l'agriculture traditionnelle, incapable de faire face aux changements climatiques et aux maladies phytopatogènes

Pour une meilleure gestion des cultures, une connaissance nécessaire des spécificités des maladies est considérée comme un élément fondamental pour la mise au point des méthodes de lutttes raisonnées contre ces redoutables maladies afin de limiter ces risques.

Parmi les maladies cryptogamiques les plus dommageables sur la culture des céréales et qui apparaissent d'une façon régulière chaque campagne agricole nous avons : la fusariose, septoriose, l'oïdium et les rouilles.

L'environnement est menacé, par les effets indésirables des produits phytosanitaires conventionnels sur la microflore, la microfaune des sols, et sur les insectes auxiliaires. La situation s'aggrave de plus en plus, et la recherche des alternatifs aux produits chimiques devient primordiale.

L'importance des désordres écologiques observés au cours des dernières années suite à l'utilisation abusive des produits phytosanitaires organiques de synthèse met en évidence l'intérêt d'une réflexion sur des approches alternatives ou complémentaires pour le développement durable de l'agriculture.

Les scientifiques sont de plus en plus à la recherche d'alternatives moins dangereuses, comme l'exemple des pesticides d'origine végétale plus sécuritaires pour les humains en particulier les agriculteurs et pour l'environnement

Les métabolites secondaires des végétaux peuvent être extraites par plusieurs méthodes. Ces substances ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en dermatopharmacie. L'efficacité des molécules testées dans les recherches pourrait être le sujet d'une investigation et une exploitation dans la lutte intégrée contre les deux champignons phytopathogènes qui causent beaucoup de dégâts pour la culture de céréales.

Parmi les plantes considérées comme intéressantes, les espèces appartenant des familles Lamiacée, Rutaceae, présentes dans la plupart des pays du monde

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abis S ; 2012** Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM Paris : 241-247.
- **Admiraal et al; 2001.** "The loading module of rifamycin synthetase is an adenylation-thiolation didomain with substrate tolerance for substituted benzoates" *Biochemistry* 40, 6116-6123
- **Ahmed, S. I. et S. R. Leather. 1994.** Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management - some points for consideration. *Intern. J. Pest Management* 40: 287-292.
- **Alem K et Amrouche Dj 2016.** Etude de l'activité antifongique de l'extrait aqueux des pépins du pomélo *Citrus paradisi* (Rutaceae) vis-à-vis du *Fusarium tricinctum* du blé dur selon les modes *in vitro* et *in vivo* Mémoire de Master Mel le Université M'Hame d Bougera de Boumerdes Faculté Des Sciences Département d'agronomie.
- **Altenbach, S.B., Dupont, F.M., Kothari, K.M., Chan, R., Johnson, E.L.,** lieu, D. température, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in à us spring wheat. *Journal of cereal*. 2003. 37(1) p. 9-20.
- **Amrani B., 2013.** Maladie : Méthode et échelle de notation des maladies et accidents divers. *Bulletin des grandes cultures*. ITGC. P 2-5.
- **Anonyme, 2006.** Maladies transmises par les semences. Notice technique .N°04.
- **Anonyme, 2007.** Fiche technique sur les maladies du blé. Syngenta.
- **Anonyme, 2008.** Maladies et insectes des céréales en Algérie. Syngenta. Guide de champ.
- **Anonyme, 2014.** Récolte 2014. Vibrance Gold, la référence fongicide en protection de semence céréales. Syngenta. P 1. <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infoscultures/cereales/bles/Vibrance-gold/Pages/Fusarioses-rhizoctone-Vibrance-Goldconfirme-ses-performances.aspx>.
- **Aouali S. et Douici-Khalfi A., 2013.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC. P 8-36.
- **Baba-Aïssa F, 2000 .** Encyclopédie des Plantes Utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb, Substances Végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. EDAS Algérie.
- **Bahloul A., 1989 .** La fertilisation azotée raisonnée des céréales. (20) : 15-19.
- **Baily. R, 1980.** Guide pratique de défense des cultures. Reconnaissance des ennemis Notion de protection des cultures
- **Ballois N., 2012.** Caractérisation de la diversité des espèces de fusarium et de leur potentiel mycotoxinogène sur céréales françaises. Master Fage Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité. BIPE. P 36.
- **Belaid Dj., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publications Universitaires. 203p
- **Bennaceur M., Chorfi M., Rahmoune C., El Jaafri S. et Opaul R., 1997 .** Potentialités de production de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au Magreb. *Rev. Sci. Technol. Univ. Constantine* n°8, 69-74.,
- **Benslimane H., Bouznad Z., Aouali S., Khalfi A., Benbelkacem K., et Sayoud R., 2006.** Prévalence en Algérie de la tache bronze du blé causée par *Pyrenophora tritici* repentis. 6ème Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 20–21 juin 2006, El-Harrach, Alger, Algeria.
- **Bermond A., 2002.** Larousse agricole. Edi Mathilde Majorel. Edition Larousse. 767 pages.
- **Boufenar-Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006 .** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC d'Alger, 1ère Ed, 152p.
- **BOUMELLAH Souhila 2019 .** Activité antifongique des extraits végétaux de *Mentha Rotundifolia* Mémoire Master, Université de Bouira.

Références bibliographiques

- **Bouzi N., 2008.** Principales maladies fongiques des céréales et des légumineuses en tunisies, Centre de publication universitaire, P 65.
- **Brakhage ,2013.** "Regulation of fungal secondary metabolism" *Nat. Rev. Microbiol.* 11, 21-32
- **Brunner P.C., Torriani S.F.F., Croll D., Stukenbrock E.H., et McDonald B.A., 2013.** Coevolution and Life Cycle Specialization of Plant Cell Wall Degrading Enzymes in a Hemibiotrophic Pathogen. *Mol. Biol. Evol.* P 1.
- **Cahagnier B .,1996.** Céréales et produit dérivé In « microbiologie alimentaire » tome 1 «aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ». Edition Technique et Documentation Lavoisier., Paris : 392-414.
- **Caron D., 1993.** Maladies des blés et des orges. ITCF. Céréales de Franc
- **Champion.R., 1997.** identifier les champignons transmis par les semences
- **Chan &Thomas .,2010.** "Recognition of (2S)-aminomalonyl-acyl carrier protein (ACP) and (2R)-hydroxymalonyl-ACP by acyltransferases in Zwittermicin A biosynthesis" *Biochemistry* 49, 3667-3677
- **Chan et al., 2009.** "Biosynthesis of Polyketide Synthase Extender Units" *Nat. Prod. Rep.* 26, 90-114
- **Charvet JP ; 2012 .** Claire Levasseur. Atlas de l'agriculture : 14p.
- **Conti M., 1972.** Barley yellow striate mosaic virus isolated from plants in the field.*Phytopathol.Z.*73: 39-45
- **Cornuet P., 1987.** Eléments de virologie végétale .INRA ,145 rue de l'Université ,75007
- **Devale R., Bastard L. et Nussbaumer A., 2000.** Le blé a lui aussi son helminthosporiose *Phytoma.* 526, pp: 17-20.
- **Dias et al.,2012 .**"A Historical Overview of Natural Products in Drug Discovery" *Metabolites* 2, 303-336
- **Eyal Z., 1981.** Integrated control of Septoria diseases of wheat. *Plant Disease.* 65: 763-768
- **Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M., Van Ginkel M., 1987.** The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT
- **Eyal, Z., 1999.** Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A comparative perspective. - Proc. 15th Long Ashtou Int. Symp. - Understanding pathosystems. A Focus on Septoria, 15-17 Sept. 1997, Long Ashtou, UK, pp: 1-25.
- **Ezzahiri B., 2001.** Les maladies du blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA 77, P 4.
- **Falcone Ferreyra et al., 2012.**"Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications" *Front. Plant Sci.* 3, 222
- **FAO ; 2015.** Perspectives de récolte et situation alimentaire 1 : 7p.
- **FAO, 2006.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/01/0/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).
- **Filippos et al., 2007.** "Biotechnology of flavonoids and other phenylpropanoid-derived natural products. Part I: Chemical diversity, impacts on plant biology and human health". *Biotechnol. J.* 2, 1214-1234
- **Floss et al., 2011.** "The biosynthesis of 3-amino-5-hydroxybenzoic acid (AHBA), the precursor of mC7N units in ansamycin and mitomycin antibiotics: a review" *J. Antibiotics* 64, 35-44
- **Fredot E., 2005.** Connaissances des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Éditions TEC & DOC Lavoisier page 158 et159.
- **Gao et al.,2010.** "Engineered polyketide biosynthesis and biocatalysis in *Escherichia coli*" *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 88, 1233-1242
- **Gate P ; 1995.** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351p.
- **Gate P., 1995 .**Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. I.T.C.F., Ed. Lavoisier, 429p.

Références bibliographiques

- **Gouizi H et Ghellab M, 2019** :Contribution à l'étude de l'activité fongicide des extraits de thym (*Thymus vulgaris*).Mémoire de master, Sciences Agronomiques, Phytopathologieuniversité akli mohand olhadj – bouira.
- **Groubert, A.,1984**. Techniques d'extraction végétale. Montpellier, pharmacie.
- **Harrat W., Meamiche Neddaf H., Keddad A. et Bouznad Z., 2017**. First report of the Zymoseptoria tritici teleomorph stage causing septoria leaf blotch of wheat in Algeria. New Disease Reports 35, 30.
- **Huber L., Madden L.V. et Fitt B.D.L., 2006**. Environmental biophysics applied to the dispersal of fungal spores by rain-splash. In Cooke B.M., Jones D.G. & Kaye B., éditeurs : The Epidemiology of Plant Diseases, P 417–444. Kluwer Academic Publishers.
- **Huguenin-Dezot et al. 2018**. "Trapping biosynthetic acyl-enzyme intermediates with encoded 2,3-diaminopropionic acid" Nature 565, 112 - 117
- **Ignoffo, C. M. 1970**. Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecology of Animal Contributions by Habitat Management, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station : 47-57.
- **Ignoffo, C. M. 1973**. Effects of Entomopathogens on Vertebrates. Ann. N. Y. Acad. Sci., 217: 141-165.
- **Ignoffo, C. M., 1973**. Vertebrates and entomopathogens, Ann. N.Y. Acad. Sci., 217, 165.
- **Imai et al. 2019**. "A new antibiotic selectively kills Gram-negative pathogens" Nature 576, 459 - 464
- **Johan Ekroos, Ola Olsson, Maj Rundlöf et Frank Wätzold 2014**. « Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? », Biological Conservation, vol. 172, p. 65–71
- **K.M. Fisch ,2013**. "Biosynthesis of natural products by microbial iterative hybrid PKS–NRPS "RSC Adv. 3, 18228-18247
- **Kang et al., 2012** ."Biosynthesis of 3,5-AHBA-derived natural products" Nat. Prod. Rep. 29, 243-263
- **Kanoun Kh, Abbouni B, Bénine M, Benmahdi F, Marouf B 2014** : Etude De L'efficacite De L'extraitEthanolique D'ecorces De *Punica Granatum* Linn Sur Deux Souche Phytopathogenes :*Ascochyta Rabiei* (Pass.) Labr. Et *Fusarium Oxysporum F.Sp.Radiciis – Lycopersici*, Laboratoire de Synthèse de l'Information Environnementale, Université Djillali Liabés de Sidi Bel –Abbés, Algérie European Scientific Journal April 2014, édition vol.10, No.12,ISSN 1857- 7431
- **Klingauf F., 2005**. General status of biological control. Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases. Seeheim/Darmstadt. Germany. 23-26
- **Koch et al.,2005**. "Charting biologically relevant chemical space: A structural classification of natural products (SCONP)" PNAS 102, 17272–17277
- **Koffi A.C. (1,2), Koffi-Nevry R. (1), Kouassi K.C. (3), Loukou Y. G. 2014**. Activité des extraits de six variétés de piment (Capsicum) utilisés en Cote d'Ivoire, Laboratoire de Biotechnologie et de Microbiologie Alimentaire de l'UFR des Sciences et Technologies des Aliments de l'Université NANGUI ABROGOUA.
- **Kra K.D, Diallo H.A. et Kouadio Y. J.2009** : Activités antifongiques de l'extrait de *Chromolaena odorata* (L.) King & Robins sur deux isolats de *Fusarium oxysporum* (E.F. Sm.) responsables du jaunissement mortel des feuilles des bananiers J. Appl. Biosci.Laboratoire de Biologie et Amelioration des Productions Vegetales (LBAPV)
- **Kraft K., Hobbs C, 2004**. Pocket Guide to Herbal Medicine. Thieme, Stuttgart, New York.

Références bibliographiques

p16.

- **Labiod R, 2016.** Valorisation des huiles essentielles et des extraits des satureja calaminthepeta a activité antibactérienne, activité antioxydant et activité anti fongique, Laboratoire de biochimie et de microbiologie appliquée, Département de biochimie, Faculté des sciences, Université d'Annaba, Algérie. p. 100 – 111.
- **Lablalta A, 2018.** Activité insecticide et fongicide des extraits et de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* (Liné, 1762). Thèse de Doctorat, Protection des végétaux, Université Ferhat Abbas Sétif, pp36-195p.
- **Lautru & Challis, 2004 .** "Substrate recognition by nonribosomal peptide synthetase multi-enzymes" Microbiol. 150, 1629-1636
- **Lepoivre, P., 2003 .** Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fonctionnements des stratégies de lutte. Edition : Les presses agronomiques de GEMBLOUX : 291-292.
- **Ling et al, 2015.** "A new antibiotic kills pathogens without detectable resistance" Nature 517, 455 - 459
- **Loue A. I, 1982 .** Le potassium et les céréales. Dossier K20, SCPA, N° 22, I-40
- **Luque de Castro ,2004.** "Ultrasound-assisted Soxhlet extraction : An expeditive approach for solid sample treatment-Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds." Journal of Chromatography A 1034: 237-242.
- **Luque de Castro, M. D. and L. E. Garcia-Ayuso ,1998.** "Soxhlet extraction of solid.
- **Luque-Garcia, J. L. and M. D. Luque de Castro ,2003.** "Ultrasound: A powerful tool for leaching." Trends in Analytical Chemistry 22 : 41-47
- **Luther et al., 2019.** "Chimeric peptidomimetic antibiotics against Gram-negative bacteria" Nature 576, 452 - 458
- **Madariaga R., 1993.** Epidemiologia de Mycosphaerella graminicola en Chile. Proceeding of Septoria Workshop. CIMMYT, Mexico. P 17-23.
- **Magan N and Olsen M. 2004-** Mycotoxines in food: Detection and control. F.Sc. Technol.p:190-203.
- **Makkouk K.M., Azzam OI., Shaf J S., El Yamani M., Chérif C., et Zouba A., 1990.**
- **Mariau Dominique, Philippe René. 1983.** Avantages et inconvénients des méthodes de lutte chimique contre *Coelaenomenodera minuta* (Coleoptera, Chrysomelidae), hispine mineur du palmier à huile. Oléagineux, 38 (6) : 365-370.
- **Martin L., Yves D., et Sylvie R., 2007.** Fusariose de l'épi chez le blé et l'orge. CÉROM Saint-Bruno-de-Montarville, bulletin technique : phytopathologie : 2. (1). P 5.
- **Mascher F., Michel V., et Browne RA., 2005.** Sélection de variétés de blé et de triticales résistantes à la fusariose sur épi. Revue suisse Agric. P 189-194.
- **Mason, T. J., L. Paniwnyk, et al., 1996.** "The uses of ultrasound in food technology." Ultrasonics Sonochemistry 3: 253-260.
- **Mathieu CB., Nathalie S., Denis Pageau M Sc. et Sylvie R., 2012.** Pour en savoir plus sur la Fusariose. P 7.
- **Moreau J.M., 2011.** Lutte contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » ULg Gembloux Agro-Bio Tech et CRA-W.
- **Morsli L ; 2010** Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises : thèse de doctorat page 69.
- **Nasraoui B., 2006.** Les Champignons Parasites Des Plantes Cultivées, Biologie, Systématique, Pathologie, Maladies. Chapitre 4 : Maladies. 363-427. Centre de Publication Universitaire, Tunis.
- **Nielsen J., et Thomas P. L., Gaudet, D.A, 1984.** Smut diseases of wheat, barley, oats, and rye : Recognizing them in the field. Agriculture Canada Publication 1766/E. 12p

Références bibliographiques

- **ONFAA ; 2016** . Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires, importance de blé à l'échelle mondiale.
- **Ouanzar S ; 2012** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour Paris.206p.
- **Pirgozliev SR., Edwards SG. Hare MC. et Jenkinson P., 2003.** Strategies For the control of Fusarium head blight in cereals / European Journal of Plant Pathology. 109. 731–742
- **Prescott L.M., Harley J.P., Klein D. A., 2003.**Microbiologie. 2ème édition. De Boeck. 1137P.
- **Prescott L.M., Harley J.P., Klein D. A., Wiley J.M., Sherwood L.M., Woolverton C.J., 2010.**Microbiologie. 3ème Edition. De boeck ; 1216 P.
- **Ponomarenko A., Goodwin S.B. and Kema G.H.J., 2011.** Septoria tritici blotch (STB) of wheat, Plant Health Instructor, 107 : 256 - 263.
- **Reimer et al., 2016.**"Synthetic cycle of the initiation module of a formylating nonribosomal peptide synthetase" Nature 529, 239–242
- **Richard M., 2004.** La Fusariose chez les céréales dans le Canada atlantique.1-3. <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/FieldCrops-GrandesCultures/FUSARI%20f3.pdf>
- **Richrad-Molard M. , 1998.** Microbiologie des céréales et des farines In « Les industries De première transformation des céréales. Edition Techniques et Documentation Lavoisier., Paris : 159 -173.
- **Ruffin K, Kouabenan A, Bernadine M, Djakalia O, Zirihi N ,2020** . Evaluation de l'activité antifongique *in vitro* et *in vivo* d'extraits de *Terminalia ivorensis* et *Terminalia superba* sur *Fusarium oxysporum* ,*Université Félix HOUPHOUET BOIGNY*
- **Saravanan T. et Valluvaparidasan V., 2001.** Fungitoxic Effect of Biocontrol Agents and Plant Extracts on Seed Borne Fungi of Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench). Pakistan Journal of Biological Sciences (6) : 676-678
- **Sayoud R., Ezzahiri B., et Bouznad Z., 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. Eds I.T.G.C., Alger. P 64.
- **Shen, 2003.** "Polyketide biosynthesis beyond the type I, II and III polyketide synthase paradigms" Curr. Opin. Chem. Biol. 7, 285-295
- **Shipton W.A., Boyd W.R.J., Rosielle A.A., Shearer B.L., 1971.** The common Septoria diseases of wheat. Botanical Review 37. P 231-262.
Situation review of Barley in West Asia and North Africa yellow virus; p.61-65.in P.A. Burnett, Ed. World perspectives on Barley yellow dwarf virus(Proceeding), CIMMYT, Mexico.D.F., Mexico.
- **Starnes, R. L., C. L. Liu et P. G. Marone. 1993.** History, use and future of microbial insecticides. Amer. Entomol. 39:83-91.
- **Staunton & Weissman, 2001.**"Polyketide biosynthesis: a millennium review" Nat. Prod. Rep. 18, 380-416
- **T. Vogt, 2010.** "Phenylpropanoid Biosynthesis" Mol. Plant 3, 2-20
- **Taibik, Bentata F , Labhililim, Bentourtouf, El Alaoui Farisf.E, Ibijbijenj, El Aissamia 2014** .Evaluation de l'effet antifongique de l'extrait aqueux de Thymelaea sp. sur Pyrenophora teresSciences Agronomiques ; Phytopathologie. Laboratoire de Botanique, Mycologie et Environnement. Faculté des Sciences, Université Mohammed VAgdal, Rabat, Maroc. Revue Marocaine de Protection des Plantes, N° 6: 21-28
- **Torres et al., 2020.** "Animal biosynthesis of complex polyketides in a photosynthetic partnership" Nat. Commun. 11, 2882
- **Trail F., 2009.** For blighted waves of grain : Fusarium graminearum in the postgenomics era. Plant Physiology, 149(1). P 103-110.

Références bibliographiques

- **Verreet J.A., et Klink H., 2002.** The biology of fungal pathogens: Fungal pathogens and diseases of cereals. Eds. APS Press, Minneapolis (USA). 5pages.
- **Vincent C. & Coderre D., 1992 .** La lutte biologique. Gaëtan Morin Editeur (Montréal) et Tec & Doc Lavoisier, Paris Vincent C., 1998. Les biopéticides. Antennae, 5 : 7- 29.
- **Vincent C., 1998 .** Les biopéticides. Antennae, (5) : 7-29.
- **Warharm, E.J. Butler, L.D. Sutton, B.C. 1997** Contrôle des Semences de Maïs et de Blé Guide de laboratoire, CIMMYT, IMI
- **Wegulo S., Jackson T.A., Baenziger S., Carlson M., et Hernandez J., 2008.** Fusarium Head Blight of Wheat. P 8.
- **Wilcoxson .R.D, saari, E. E., 1996.** Bunt and Smut diseases of wheat concepts and methods of diseases management. CIMMYT, Mexico
- **Yahyaoui, A. H., Ezzahiri.B.** Field guide for barley and wheat diseases management in Eritrea, ICARDA, 84p.
- **Zahour.A, 1992 .** éléments d'amélioration génétique des plantes, Editions Actes.161p
- **Zillinsky FJ., 1983.** Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification. Mexico, CIMMYT. P 63-141.
- **Zouaoui A, Megherbi-benali A, Toumi B et Ouair D 2018 .**Contribution à l'étude du pouvoir antifongique des graines du *Chénopodium quinoa Wild* vis-à-vis de deux champignons phytopathogènes de l'orge : *Pyrenophora tritici-repentis* et *Rhynchosporium secalis*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 87*, Laboratoire écodéveloppement des espaces, Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès. 22000, Algérie. p. 100 – 111.