



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Microbiologie générale قسم الميكروبيولوجيا العامة

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologique

Spécialité : Microbiologie. Mycologie et Biotechnologie Fongique

Intitulé :

Les champignons Entomopathogènes contre les ravageurs de blé

Présenté et soutenu par : ➤ BOUBA Imen Le :
➤ BOUMEZBEUR Chahinez

Jury d'évaluation :

- Rapporteur : ABDELAZIZ Ouided M.C.B UFMC
- Présidente : BENKAHOUL Malika M.C.B UFMC
- Examinatrice : MEZIANI Meriem M.A.A UFMC

*Année universitaire
2019 - 2020*

Remerciements

Nous remercions, avant tout "ALLAH" tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail .

*J'exprimons mon plus vifs remerciements à mon encadreur :**madame Abdelaziz wided** docteur de la faculté des sciences biologique à l'université des frères MENTOURI qui a proposé le sujet et accepté de le diriger avec beaucoup de patience et qui fut pour moi une directrice de thèse attentive et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa clairvoyance, sa détermination, ses conseils pertinents.*

*Je voudrais bien remercier du plus profond du cœur : **Dr Benkahoulle** qui ma fait l'honneur de présider ce jury et d'avoir eu l'amabilité de lire et de juger ce travail. Je lui exprime mes reconnaissances pour sa bienveillance, sa gentillesse et sa qualité humaine.*

*Notre profonde reconnaissance s'adresse également à Madame **Maziani** pour son soutien, sa gentillesse mais surtout pour sa précieuse et conséquente aide apportée durant la réalisation de ce travail. Qu'elle en soit ici profondément remerciée.*

Un grand merci pour tout ceux qui ont participé de près ou de loin de la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de toute notre gratitude.

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut ...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance....

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce modeste travail.

*A ma chère mère **Kouira djamila***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et
ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour moi*

instruction et mon bien être.

*Et celle qui a fait l'impossible pour me permettre de poursuivre mes études
jusqu'à ce jour.....*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis
mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en
sorte que jamais je ne vous déçoive.*

A ma précieuse perle, celui qui m'a guidé vers la voie de la réussite, pour ses

Conseils et ses encouragements....

*A mon père **Raoufe***

A mes chers sœurs et frères

Abir, mohamed lamine, mohamed salah

A tout ma grande famille

A mes collègues

A mes superbes amies

A tous ceux qui j'ai connu et n'ai pu citer.

Bouba imen

Dédicaces

*Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur, je dédie ce mémoire : A l'âme
de mon chère père, j'espère que j'ai répondu à l'espérance
qu'il a fondée en moi, Qu'Allah lui fasse miséricorde j'espère que dieux l'accueil
dans son vaste paradis*

*A ma chère mère, Tous les mots du monde ne sauraient
t'exprimer l'immense amour que je la porte qui m'a aidé à suivre le chemin de
la science, qui m'a encouragé durant toute ma vie à m'abreuver à la source des
connaissances et qui n'a pas cessé de sacrifier leur bien être pour ma réussite et
mon bonheur*

*A mon mari **HICHEM**, mes frères et sœurs qui m'ont soutenu tout le temps,*

*A mes deux chères enfants **ANES** et **MOHAMED***

A ma belle mère et ma belle sœur

*A tous ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus
difficiles. Je dédie ce modeste travail.*

Boumazbeur Chahinez

Sommaire

Sommaire

Liste des figures	
Liste des Tableaux	
Liste des Abréviation	
Introduction	2
Chapitre 01 : le blé	
1.Généralité sur les céréales	5
2.Importance du blé	5
2.2. Dans le monde	5
2.3. En Algérie	6
➤ Dans la région de Constantine	7
3.Systématique de blé	7
3.1. Nom communs	7
3.2. Nom scientifique	7
3.3.Taxonomie de blé	8
4.Caractéristique morphologique de blé	8
4.1. L'appareil végétatif	8
4.1.1.Les racines	8
4.1.2.La tige	8
4.1.3.Les feuilles	9
4.2.L'appareil reproducteur	9
4.2.1.L'épi du blé	9
4.2.2.Le grain de blé	9
5.Cycle de développement	9
5.1.Période végétative	10
➤ La phase semis-levée	10
➤ La phase levée-début tallage	10
➤ Phase début tallage-début montée	10
5.2.Période reproductrice ou de la «Montée »	10
➤ La phase de formation des ébauches (primordiale) d'épillets	10
➤ La phase de spécialisation florale	10

➤ La phase de maturité complète	10
---------------------------------	----

Chapitre 02 : les ravageurs de blé

1. Les ravageurs de blé	13
1.1. Les nématodes	13
1.2. Les oiseaux	14
1.3. Les rongeurs	14
➤ Les Murides	14
➤ Les Microtidés	14
1.4. Les insectes	14
1.4.1. Les pucerons	15
1.4.2. Les punaises	15
1.4.3. Le ver blanc	16
1.4.4. Les criocères des céréales	16
1.4.5. La mouche de hesse	17
1.5. Autre insectes ravageurs de blé	18
2. La lutte biologique	18
2.1. Les oiseaux	18
2.2. Les rongeurs	18
2.3. Les nématodes	19
2.4. Les punaises	19
2.5. Les vers blanc	19
2.6. Les criocères des céréales	19
2.7. La mouche de hesse	19

Chapitre 03 : les champignons Entomopathogènes

1. Introduction	21
2. Définition	22
2.1. Position systématique des champignons entomopathogènes	22
3. Interactions insectes- champignons	23
4. Cycle biologique des champignons entomopathogènes	24
5. Reproduction des champignons entomopathogènes	25
5.1. Mode de reproduction asexuée (anamorphe)	26

5.2.Mode de reproduction sexuée (téléomorphes)	26
6. Mode d'action	26
6.1. Pénétration par cavité buccale et système digestif	26
6.2. Pénétration par invasion cuticulaire	27
7.Exemples des champignons entomopathogènes	27
7.1. <i>Metarhizium anisopliae</i>	27
7.1.1.Classification	27
7.1.2.Morphologie de <i>Metarhizium anisopliae</i>	28
7.2. <i>Beauveria bassiana</i>	29
7.2.1. Taxonomie	30
7.2.2.Morphologie	30
7.2.3. Mode d'action	30
7.2.4. Les toxines fongiques	31
➤ Activité insecticide du Beauvericine	31
8. Facteurs liés aux pathogènes	32
8.1. Facteurs dépendant de l'hôte	32
8.1.1.Facteurs de l'environnement	33
8.1.2.La lumière ultraviolette	33
8.1.3.La lumière du soleil	33
8.1.4.Température	33
8.1.5.Humidité	33
8.2.Effet du sol	34
Conclusion	36
Références bibliographiques	38



**Liste des
Abréviations**

Liste des Abréviations

DSA : direction service agricole

FAO : Food and Agriculture Organization

ONFAA : Observation National des filières Agricoles et Agroalimentaires

J.N.O : Jaunisse Naissante de l'Orge



Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 : Nématodes (Media.gerdeaud.net)	13
Figure 2 : les pucerons (https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/ravageurs_du_ble/)	15
Figure 3 : les punaises (Aelia germari)	16
Figure 4 : le ver blanc (Géotrogus deserticola)	16
Figure 5 : les criocères des céréales (Oulema melanopus)	17
Figure 6 : la mouche de Hesse (Mayetiola destructor)	17
Figure 7 : Aspect macroscopique de Metarhiziumanisopliae var. acridum (original)	28
Figure 8 : Aspect microscopique de Metarhiziumanisopliae var. acriduma.Gr*100 b.Gr*100 avec zoom (original)	29
Figure 09 : Symptôme de Muscardine blanche sur insecte causé par <i>B.bassiana</i> (Michael , 2002).	29



Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 1 : production du blé dans le monde (FAO, 2017)	6
Tableau 2 : classification de blé (Anonyme)	8
Tableau 3 : durée des différents stades de la croissance du blé (Louness et. Guerfi, 2011)	11
Tableau 4 : les insectes ravageurs de blé dur (Balachwosky et Mesni, 1936 in Doumandji et Mitiche, 1994)	18
Tableau (5) : champignons entomopathogènes appartenant à différents Phylums (Saiah, 2014)	23

Introduction

Introduction

Les céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et animaux domestiques. La connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de la population mondiale qui enregistre des taux d'accroissement à peine concevables faisant passer l'humanité de 1,5 milliards d'individus vers 1850 à plus de 7 milliards aujourd'hui (**Mason et al., 2017**).

Trois céréales : blé, riz, et maïs constituent la base alimentaire des populations du glob. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (**Henry et De Buyser, 2001**).

De nos jours, les céréales en générale, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (**Ammar, 2014**).

En l'Algérie, les importations des trois premiers mois de l'année 2017 ont atteint 0,49 millions de tonne (168 millions USD) contre 0,51 millions de tonnes (173 millions USD) en 2016, soit une diminution de -3,4% en quantité et -2,6% en valeur (**OFNAA, 2016**).

Cette dernière est due essentiellement aux conditions édaphoclimatiques, d'une mauvaise maîtrise de la technique culturale et des divers stress biotiques qui touche la culture (**Djaouti, 2010**).

Les céréales attirent de nombreux ravageurs qui peuvent endommager les cultures et réduire leur rendement. Les dégâts les plus importants sont dus aux insectes, mais d'autres ravageurs peuvent nuire à la bonne santé des plantes (nématodes, limaces,...). (**Anonyme 2018**). La production agricole subit annuellement des baisses de rendement estimé à 30% de la production globale, dues aux maladies et aux ravageurs des cultures (**INPV, 2015**).

Bien que les dégâts dus à l'entomofaune sont très importants, les études portant sur la connaissance de la bio-écologie de ce cortège en Algérie restent insuffisantes et peu nombreuses. C'est notamment le cas des études de l'entomofaune des céréales qui sont peu nombreuses.

L'utilisation des produits phytosanitaires a considérablement diminué la pénibilité du travail au champ tout en permettant une production suffisante et à moindre coût pour satisfaire aussi bien le marché que le consommateur (Deravel *et al*, 2014). Cependant l'application massive de ces produits continue à apporter des effets néfastes sur la santé humaine, animale et sur les écosystèmes. De plus, l'exposition aux pesticides chimiques favorise l'expression de mécanismes de résistance chez les insectes ravageurs agricoles et causent des effets létaux ou sublétaux sur les espèces d'insectes non cibles (**Boudjelida, 2010**)

Pour minimiser les répercussions négatives des pesticides chimiques, de nouvelles orientations sont considérées. La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organisme entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante (**Arkam, 2019**).

L'un des plus intéressants champignons *entomopathogènes* qui appartient à la classe des *Ascomycètes*. *Metarhizium anisopliae*. Ce dernier a attiré l'attention de plusieurs chercheurs pour sa compétence dans l'infection d'une large gamme d'insectes (**Nourrison et al., 2017 ; Mannino et al., 2019**). Lors de l'invasion de l'hôte par les hyphes du champignon, des métabolites/toxines, principalement les destruxines sont émis. Ces derniers accélèrent la mycose et la mort de l'insecte (**Kilic et al., 2019**).

Notre travail s'articule sur trois parties

1. Partie 1 : généralités sur les céréales
2. Partie 2 : les ravageurs de blé
3. Partie 3 : les champignons Entomopathogènes



**Revue
bibliographique**

CHAPITRE 1 : LE BLE

1. Généralités sur les céréales

Les céréales constituent 45% des apports énergétique dans l'alimentation humaine .il existe trois groupes de céréales majeures qui correspondent à 75% de de la consommation céréalière mondiale. Un premier grand groupe de céréale est formé par le blé, l'orge, le seigle et l'avoine. Il émerge dans le triangle fertile, berceau des civilisations occidentales qui ont donc leur point de départ au moyen Orient et au proche Orient. Un deuxième grand groupe est formé par le maïs et un troisième grand groupe est ordonné autour du riz (**Clerget, 2011**).

Le blé est l'une des premières plantes introduites en cultures, en raison de nombreux caractères favorables : facilité de stockage et de transport, large zone de culture (**Yves & De buyser, 2001**).

L'utilisation du blé ne se limite pas à la farine, au son et au germe. Le grain de blé peut être consommé sous diverses formes : entier, concassé, en semoule. Le germe peut servir à la production d'une huile (**Fortin, 1996**).

2.Importance du blé

2.2.Dans le monde

Le blé est l'une des trois céréales les plus cultivées dans le monde, les deux autres étant le maïs et le riz (**Shewry et al, 2009**). Selon les estimations de la FAO (tab.01), la production mondiale de blé en 2017 a été estimée à 2,8 millions de tonnes (tableau (1) (**FAO, 2017**).

Tableau (1) : production du blé dans le monde (FAO, 2017)

Marché mondiale du blé						
	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017 /18 Prévision	
					précédente (01fév.2018)	précédente (01fév.2018)
(.....Millions de tonnes.....)						
Position 01	731,1	731,8	734,2	759,8	757,6	757
Disonibilité 02	890,3	922,1	942,1	986,3	1005,7	1006,7
Utilisation	691,8	714,2	710,3	731,8	733,9	733,6
Commerce 03	158,4	156,8	167,2	177,4	174,5	173,5
stocks cloture 04	190,3	208,3	226,5	249,7	269,8	272,7
rapport stocks mondiaux Utilisation	26,6	29,3	31	34	36,1	36,5
rapport stocks des principaux exportateurs Utilisation totale	14,9	16,7	16,3	19,1	20,3	20,2

2.2. En Algérie

Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays Nord africains sont les plus grand consommateurs de cette denrée au mondenotamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour (**Abis S , 2012**) .

En Algérie, le blé dur est consommé sous plusieurs formes, essentiellement le couscous, les pâtes alimentaires, le pain et le fric ... etc. (**Anonyme2, 2003**).

L'importance économique est appréciée trois principaux paramètres : la production, la consommation et les importations (**Anonyme1, 1999**).

L'écart important entre le niveau actuel de la consommation et celui de la production nationale conduit l'Algérie à importer de grosses quantités de céréales notamment le blé avec 68% du total des importations. Sur ce total, les importations du blé tendre sont régulièrement

plus importantes que ceux du blé dur du fait de l'évolution de la consommation et de la production locale (**Rastion et Benabderrazik, 2014**).

Le total des importations du blé dur, en 2016 a atteint 1,79 millions de tonnes, soit 549,2 millions USD, avec une augmentation de 1,8% en quantité et une diminution de 29,8% en valeur par rapport à 2015. Le principal fournisseur de l'Algérie ces deux dernières années est le Canada avec 1 082 687 tonnes en 2016 contre 770 230 t en 2015. Suivi par le Mexique soit 556 538 t en 2016 contre 598 443 t en 2015, soit une diminution de 7% (**OFNAA, 2016**).

➤ **Dans la région de Constantine**

La surface agricole réservée aux céréales dans la wilaya de Constantine a connu cette année une hausse sensible passant de 69.900 hectares au titre de la campagne agricole précédente à 80.000 hectares recensés pour la saison 2016-2017. Auprès de la direction des services agricoles. (**DSA.2017**). Faisant savoir que 74.700 hectares parmi la surface globale ont été jusqu'à présent emblavés. Consacre la part du lion pour la culture du blé dur avec une superficie de 51.000 hectares, ont fait observer les services de la direction des services agricoles. Le blé tendre est ciblé à travers 22.490 hectares, alors que des superficies de 5.565 et 945 hectares ont été réservées respectivement pour les cultures de l'orge et de l'avoine (**Lakhdar, 2017**). La production céréalière réalisée dans cette wilaya au terme de la saison agricole 2011-2012 a atteint 1,4 million de quintaux de céréales, avec des pics de rendement de 22 quintaux à l'hectare (**Amine, 2012**).

3. Systématique du blé

3.1. Noms communs

blé, épeautre, engrain, amidonnier, blé dur, blé commun, blé tendre, blé club, blé des Pharaons et blé d'Egypte.

3.2. Noms spécifiques

Triticumaestivum, *T.durum*, *T.compactum*, *T.spelta*, *T.turgidum* et *T.monococcum*. En Algérie, deux espèces sont essentiellement cultivées : le blé dur (***Triticumturgidumvar.durum***) possède $4n=28$ chromosomes, dont l'aire d'extension est surtout constituée de zones arides et semi-arides. Le blé tendre (***Triticumaestivum var aestivum***) possédant $2n=42$ chromosomes dont l'adaptation agro technique est très large (**Bonjea et Picard, 1990**).

3.3. Taxonomie de blé

Le tableau ci-dessous (2) présente la classification de blé

Tableau (2) : classification de blé (Anonyme)

Nom scientifique: <i>Triticum turgidum</i>	(Synonyme: <i>Triticum durum</i>)
Régne	végétale
Embranchement	Stomatifières
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumales
Famille	Graminées :(graminacées),(Poacées)
Genre	<i>Triticum</i>
Espèces	<i>Triticum durum</i> Desf.
	<i>Triticum aestivum</i> L.

4. Caractéristiques morphologiques du blé

4.1. L'appareil végétatif

4.1.1. Les racines

On deux sortes de racine ; les racines primaires ou séminales issues de la semence qui se développent au moment de la germination. Un système racinaire fasciculé ; assez développé, (racines adventifs ou coronaires) : qui sont produites par le développement de nouvelles talles (Soltner, 1990). Elles peuvent atteindre jusqu'à 1m 50.

4.1.2. La tige

Sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale mais chez le blé dur est pleine. Ils se présentent comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille.

4.1.3. Les feuille

Engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles lancéolé, issues chaque une d'un nœud ; compte à la gain est un cylindre qui permet d'attacher le limbe au nœud, le plus bas son rôle est chlorophyllien et conservation d'eau et d'air et avant l'allongement des talles, les graines protégeant l'apex qui se trouve en cercle concentrique au plateau de tallage. (Prats et al, 1971).

4.2. L'appareil reproducteur

4.2.1. L'épi de blé

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre nœuds. Chaque épillet comporte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Un épillet regroupe de deux à cinq fleurs, et souvent trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et est entourée de deux glumelles (pièces écailleuses non colorés). Elle contient trois étamines qui ont la forme en x (pièces males), un ovaire surmonté de deux styles plumeux dichotomique (les pièces femelles). La flore du blé est dite cléustogame (Prats, 1966). C'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la flore. Il s'attache alors au stigma, ou' peut se produire la fécondation. A cause du caractère cléustogame de la flore, l'autofécondation est le monde de reproduction le plus fréquent chez les blés : ce sont les anthérozoïdes (ou spermatozoïdes) issus du pollen d'une fleur qui fécondent l'oosphère et les cellules centrale de sac embryonnaire de l'ovaire de cette même fleur (les cellules sexuelles femelles sont protégées dans un sac embryonnaire fermé au sein d'un ovule).

4.2.2. le grain de blé

Le grain de blé est un fruit particulier, le caryopse. L'enveloppe externe est adhérente à la matière végétale du grain et la protège des influences extérieures.

5.Cycle de développement

On peut diviser en deux la période de la vie des céréales : la période végétative durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines. La période reproductrice, dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain .

5.1.Période végétative

Celle-ci comprend elle-même trois phases :

- **La phase semis-levée** : la germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, la coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille, qui sera fonctionnelle et percera le sommet de la coléoptile du peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol.
- **La phase levée-début tallage** : dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celui-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche. Cette première feuille fonctionnelle s'allonge, puis apparaît une deuxième, puis une troisième, puis une quatrième feuille.
- **La phase début tallage-début montée** : 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 (**Moule, 1971**).

5.2.Période reproductrice ou de la « Montée »

Celle-ci comporte 3 phases principales :

- **La phase de formation des ébauches (primordiale) d'épillets** : l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement).
- **La phase de spécialisation florale** : la sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis la formation du grain se fait quand les grains du tiers moyen de l'épi parviennent à la moitié de leur développement.
- **La phase de maturité complète** : la teneur en humidité atteint environ 20%, le grain est mur et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons (**Moule, 1971**).

Tableau (3) : durée des différents stades de la croissance du blé (Louness et. Guerfi, 2011).

Différents stades	Germination levée	Tallage	Montaison	épiaison	Floraison	formation du grain	
Durée approximative en jour	20	60	30	30	15	45	

Chapitre 02 :
Les ravageurs
de blé

Chapitre 02 : les ravageurs de blé

1. Les ravageurs de blé

Les ravageurs des céréales sont nombreux et appartiennent majoritairement à la classe des insectes. Outre les dommages directs qu'ils causent aux cultures de céréales, ils sont aussi dans certains cas les vecteurs de viroses et d'autres maladies. Beaucoup d'entre eux sont polyphages, mais certains insectes peuvent être plus spécialisés dans les *Poaceae* et attaquer aussi d'autres plantes cultivées (graminées fourragères, gazons).

1.1. Les nématodes

Les nématodes phytophages inféodés aux céréales sont considérés parmi les principales contraintes qu'affecte la production de blé et de l'orge à l'échelle mondiale. Les pertes de rendements causées par ces parasites sont de l'ordre de 7% pour le blé et 6,3% pour l'orge, ce qui correspond à une perte annuelle d'environ 5,8 milliards de dollars pour le blé et 1,1 milliards de dollars pour l'orge (**Mokabli, 2002**).

Les symptômes non spécifiques des nématodes sur les parties aériennes rappellent ceux d'une carence en azote et en phosphore. Le système racinaire attaqué par les larves a une conformation noueuse et réduite. Presque toutes les céréales sont des plantes-hôtes, mais surtout l'avoine. L'orge et le blé sont moins sensibles. A la montaison, on peut voir de petites boules blanches sur les racines. Ce sont des femelles. Le seuil de nuisibilité est donné pour 15 larves/ gramme de racine ou 5 larves/ gramme de sol (**Giban, 2001**).

Parmi les plus dangereux, ***Heterodera avenae*** est le nématode causant le plus de dégât aux cultures céréales, de par sa répartition géographique et sa gamme d'hôtes (**Smaha, 1998**).

La régulation des populations des nématodes dans le sol, peut être envisagée par l'utilisation d'antagonistes biologiques constituant de très sérieux auxiliaires, parmi les champignons parasite d'œuf, le plus fréquent est le ***Verticillium chlamyosporium***, qui semble avoir une large répartition géographique (**Kerry, 1988 et Smaha, 1998**).



Figure.1 : Nématodes (Media.gerdeaud.net)

1.2. Les oiseaux

Les plus redoutables en Algérie sont les moineaux qui sont des oiseaux de petite taille, affectant d'une manière sévère les céréales, un moineau cause une perte réelle sur la récolte de céréales estimée à 300 g de graines ce qui correspond à 150.00 quintaux sur une population de 50 millions de moineaux (**Bellatreche, 1985**). Estime que les pertes sur le blé dur dans la plaine de la Mitidja à 3,4 quintaux / ha. Parmi les oiseaux nuisibles, il existe également les Corneilles, tel que le Corbeau Freux (*Covrus frugilegus*) qui fait des dégâts sur les jeunes plantes. Un destructeur occasionnel de blé, non négligeable peut être l'Alouette qui s'attaque au blé à la levée.

1.3. Les rongeurs

Parmi les mammifères, les rongeurs sont connus pour leurs consommations des céréales. La plupart des espèces de rongeurs granivores s'attaquent aux plantes cultivées à divers stades végétatifs, et même après la récolte aux formes stockées (**Appert et Deuse, 1982**).

Ils appartiennent à deux groupes bien distincts :

- **Les Muridés** : qui regroupent les rats noirs (*Rattus rattus*), les Surmulots (*Rattus novogicus*), les Mulots (*Apodemus sylvaticus*) et les Mériones de Shaw (*Meriones shawi*)
- **Les Microtidés** : ce sont les campagnols des Mulots qui n'occasionnent des dégâts sur les céréales que si leur densité est importante. (**Clement-Grandcourt et prat, 1970**).

1.4. Les insectes

Les insectes sont la forme de vie animale la plus diversifiée des écosystèmes terrestres. La plupart d'entre eux sont inoffensifs et font partie intégrantes des écosystèmes naturels, tant par le nombre d'espèces que leur rôle écologique. (**Regnière, 2009**).

Dans les écosystèmes naturels, les plantes et les insectes sont quelques-uns des organismes vivants qui interagissent en permanence d'une manière complexe. Ces deux groupes d'organismes sont étroitement associés à travers des relations mutualistes ou antagonistes. Ainsi les plantes fournissent un abri, un site de ponte et de la nourriture aux insectes, ces derniers participent à la pollinisation ou à la défense des plantes.

D'autres insectes se nourrissent directement des organes sensibles des plantes, réduisant leur capacité à se reproduire et leurs chances de survie (**Anonyme, 2016**).

Les Cicadelles, cécidomyies, pucerons, mouches mineuse et les tordeuses sont des ravageurs du blé présent tout au long du cycle de la culture. Ils peuvent provoquer jusqu'à 30 q/ha de pertes de rendement. Pour les contrôles sans préjudice pour la faune auxiliaire et l'environnement, il est indispensable de raisonner les interventions au cas par cas (Anonyme, 2015).

1.4.1. Les pucerons

Deux espèces sont importantes *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi*. *S. Avenae* est l'espèce la plus dangereuse à l'épiaison (Capisano, 1997). Il est de forme allongée atteignant 2,5 mm de long pour l'adulte et a une couleur variable du jaune, vert, rouge à noirâtre (Anonyme 3, 2004).

R. padi petit pulluler a la montaison mais il est surtout à craindre en automne, car il peut Transmettre le virus de la jaunisse naissante de l'orge (J N.O.). (Capisano, 1997) Il est Globuleux, a une couleur vert - sombre et possède le plus souvent une tache rouge à l'arrière du corps (Anonyme, 2004).



Figure.2 : les pucerons

(https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/ravageurs_du_ble/)

1.4.2. Les punaises

Les hétéroptères sont responsables de graves dégâts notamment à travers l'espèce la plus courante et la plus déprédatrice qui est *Aelia germari*. Les punaises hivernent dans les zones d'altitude entre 500 m et 600 m dans les touffes d'alfa, ainsi qu'au niveau des chaumes. C'est vers la mi-mars jusqu'au début d'avril que les vols sont nombreux et les punaises commencent à infester les mauvaises herbes et les champs des céréales.

Les dégâts sont souvent constatés au tallage, à l'épiaison et sur les grains (Oufroukh et Hamadi, 1993) La salive injectée par les punaises modifie le gluten des grains. De ce fait,

lapanification se fait mal et la farine donne une pâte de mauvaise qualité (**Pastre et Roa , 1993**).



Figure 3 : les punaises *Aelia germari*
(www.vertdeterre.com)

1.4.3. Le ver blanc

L'espèce la plus couramment observée sur le blé est *Geotrogus deserticola*. La nuisibilité de ces ravageurs est due aux larves et débute en automne après la levée de la culture. Leur activité se poursuit et s'intensifie durant l'hiver et le printemps (**Oufroukh et Hamadi , 1993**).



Figure 4 :le ver blanc (*Géotrogus deserticola*)
(www.bestioles.ca)

1.4.4. Les criocères des céréales

L'espèce la plus dangereuse est *Lema melanopa*. Elle englobe tout le bassin méditerranéen et l'Afrique du Nord (**Balachowsky et al , 1994**).

Elles ont une seule génération par an. (L'hibernation se fait au stade adulte) (**Pastre et Roa, 1993**). Leur accouplement a lieu dès le mois de mai. La ponte se produit peu après, elle s'échelonne jusqu'au début juin. Les œufs éclosent au bout de 7 à 8 jours. Les larves évoluent rapidement et au bout d'une quinzaine de jours leur croissance est achevée.

Les larves de ces petits coléoptères consomment les feuilles de céréales et de graminées. Leurs dégâts ont la forme de petites stries parallèles aux nervures, ne traversant pas complètement le limbe (**Balachawosky et al , 1994**).



Figure 5 : les criocères des céréales (*Oulema melanopus*)
(Bugguide.net)

1.4.5. La Mouche de Hesse

Elle est appelée également la Cécidomyie destructrice (*Mayetiola destructor*) Elle est signalée en Afrique du Nord. Les larves attaquent les graines basales du blé, de l'orge et du seigle, ou elles forment un renflement bulbeux, provoquant le jaunissement et la mort des feuilles (**Matile 1993**). La Mouche de Hesse peut avoir six générations par an Les adultes de la première génération font leur apparition dans le courant du mois d'avril. Ils pondent sur les jeunes blés et leurs larvesse développent assez rapidement (**Balachowsky et Mesnil, 1936**).



Figure 6: la mouche de Hesse (*Mayetiola destructor*)
(www.bestioles.ca)

1.5. Autres insectes ravageurs de blé

Les insectes pouvant aussi commettre des dégâts sur le blé sont indiqués dans le tableau (08)

Tableau (04) : les insectes ravageurs de blé dur (Balachwosky et Mesni, 1936 in Doumandji et Mitiche, 1994).

Ordre	Nom commun	Nom scientifique	Partie attaquée
Orthoptères	Criquet pèlerin	Schistocerea gregaria	Toute les plantes
	Criquet migrateur	Locusta migratoria	Feuilles et tiges
Coléoptères	Ver blanc	Zabrus tenebriodes	Feuilles et tiges
Hémiptères	Punaise	Eurygaster sp.	Epis
Lépidoptères	Noctuelle des céréales	Spodoptera sp.	Epis
	Noctuelle terricole	Agrotis segetum	Tige et feuilles
	Noctuelle	Sesamia nanagroides	Epis
Thysanoptères	Thrips	Angullulina tritici	Epis

2. La lutte biologique

2.1. Les oiseaux

On lutte contre les dégâts des oiseaux en enrobant les grains d'un produit répulsif (anthraquinone) (Clement-Grandcourt et Prat, 1970). Parmi les prédateurs des moineaux, (Chinery, 1983) cite le Hibou et l'Epervier d'Europe, (Doumandji et Doumanji-Mitiche, 1994) notent la Chouette hulotte et (Bortelli, 1969) mentionne la Genette, le Chat sauvage et la Mangouste.

2.2. Les rongeurs

La lutte contre les Surmulots, les Rats et les Souris est réalisée : par des appâts empoisonnés au Racumin (Coumatetralyl) déposé pendant la période hivernale (Anonyme, 2002). Les Campagnols ont de nombreux ennemis tels que les serpents, les oiseaux (le Hibou moyen duc, la Chouette hulotte, le Faucon, ...), le Renard, la Belette (Clement-Grandcourt et prat, 1970).

2.3. Les nématodes

Parmi les moyens de lutte \ Les pratiques culturales, notons le désherbage, le labour, la fertilisation et les amendements, tendent à détruire les populations de nématodes en éliminant les sources de nourriture et en contrariant leur reproduction (**Anonyme , 1995**). \ Concernant les traitements chimiques, la Chloropicrine, le Lannate, le Méthyl et le Bromide restent les produits les plus utilisés et les plus demandés par les agriculteurs \ Dans le cadre de la lutte biologique, la toxine de *Bacillus thuringiensis* offre de grands espoirs pour l'avenir (**Abad et Mugniery, 2000**).

2.4. Les punaises

Pour la lutte, les produits conseillés par les auteurs ci-dessus cités sont la Deltaméthrine, le Dicrotophos et le Chlorpyrifos. Les traitements sont préconisés quand les insectes s'installent sur les épis. Parmi les méthodes culturales, (**Ourkhoul et Hamadi ,1993**) citent la destruction des gîtes d'hiver

2.5. Les vers blancs

En ce qui concerne la lutte, il ne faut pas traiter avant que le nombre de larves soit supérieur au seuil de tolérance de la culture il est de 15 à 20 larves / m² sur céréales. Les traitements se font en automne. Parmi les insecticides les plus utilisés citons le Lindane, le Parathion et le Chlordane ; parmi les moyens culturaux, le déchaumage et les oiseaux peuvent rendre d'appréciables services (**Clement-Grandcourt et Prat , 1970**).

2.6. Les criocères des céréales

Pour la lutte contre ces ravageurs, deux produits chimiques, la Deltaméthrine et le Parathion sont mentionnés par (**Pastre et Roa, 1993**).

2.7. La Mouche de Hesse

Parmi les moyens de lutte donnés par les auteurs précités l'utilisation de variétés de blé résistantes, la destruction des larves et des pupes en utilisant des insecticides ainsi que la rupture du cycle évolutif de l'insecte en pratiquant un assolement judicieux.

Chapitre 03 :

Les champignons

Entomopathogènes

Chapitre 03 : les champignons Entomopathogènes

1. Introduction

Les champignons pathogènes d'insectes occupent une place particulière en pathologie des invertébrés et dans la recherche d'organismes capables de réguler les pullulations des espèces nuisibles, en santé végétale, humaine ou animale. Néanmoins, ces champignons bien qu'efficaces ont souvent une activité très dépendante des conditions environnementales notamment climatiques (**Ferron et al, 1991 ; Lacey et al, 1996**). Selon Ahmed et Leather. (1994), l'utilisation des bio-insecticides augmente de 10 à 25 % par année. Les micro-organismes entomopathogènes infectent généralement leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices (**Ramoska, 1984**).

Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate (**Burges, 1981**). Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique, plus de 700 espèces de champignons sont entomopathogènes (**Starnes et al, 1993**) et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (**Ferron, 1978 ; Wraight et Roberts, 1987**).

Les espèces des genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga*, sont les plus utilisées en lutte biologique, elles infectent les insectes par pénétration directe à travers la cuticule (**Goettel, 1992**). Les conidies adhèrent à l'insecte, germent et pénètrent à travers la cuticule. Le champignon croît rapidement et les insectes meurent dans un délai de 3 à 10 jours, en fonction de la température.

Quand l'insecte meurt, le champignon colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte (**Silvy et Riba, 1999**). De nombreux facteurs affectent l'efficacité des champignons entomopathogènes. Leur potentiel comme agents de protection biologique, résulte des propriétés des populations de l'hôte, du pathogène et des conditions du milieu.

Leur sensibilité vis-à-vis les conditions environnementales (rayonnement solaire, température, humidité) reste leur principal inconvénient (**Silvy et Riba, 1999**). Un certain nombre de mycoses se manifestent par des envahissements superficiels, n'entraînant pas de troubles sérieux. Mais la majorité des champignons entomopathogènes infectent leurs hôtes en pénétrant par la cuticule grâce à diverses enzymes libérées lors de la germination des spores (**Ainsworth, 1983 ; Nicolai et Jorgen, 2007**).

2. Définition

Les champignons entomopathogène sont des agents pathogènes eucaryotes qui provoquent des maladies chez les insectes, ce type de champignons possèdent des noyaux, des organites bien définis et une paroi chitineuse. Se présentent parfois sous forme de cellules individuelles, mais le plus souvent sous forme de filament constituant le mycélium et dans lesquels sont rangées les cellules. Leur reproduction se fait par formation de spores sexuées ou asexuées. Ces champignons présentent un intérêt pour la lutte biologique surtout en raison du caractère épidémique de leur attaque (**Starnes et al, 1993**).

2.1. Position systématique des champignons entomopathogènes

La taxonomie des champignons entomopathogènes a connu un grand intérêt à partir des années 70 (**Feng et al.,1994**). Selon la classification d'Ainsworth et Bisby (1971) in Hawksworth et al., (1983), ces entomopathogènes appartiennent à quatre groupes : les champignons imparfaits, les Entomophtorales, les Coelomomyces et les Ascomycètes.

A présent, la systématique ou l'étude de la diversité biologique en vue de sa classification, se concentre, à la lumière des découvertes récentes, sur une classification phylogénétique remplaçant la classification classique (**Saiah, 2014**). La classification classique établit des groupes ou taxons en fonction d'un simple critère de ressemblance globale. Une classification phylogénétique suppose que l'on regroupe les êtres vivants en fonction de leurs liens de parenté (**Vega et al, 2012**).

A la suite de l'avènement de la biologie moléculaire, de nombreux concepts taxonomiques ont changé. Cela va conduire à l'abandon des termes de Deutéromycètes, hyphomycètes et FungiImperfecti (**Blackwell et al. 2006**), dans lequel de nombreux champignons entomopathogènes ont été habituellement classés, et leur reclassement dans le phylumAscomycota (**Humber, 2012**). Actuellement, les champignons entomopathogènes appartiennent à quatre divisions différentes : Chytridiomycota, Zygomycota, Basidiomycota et Ascomycota. Le **tableau (05)** : regroupe plusieurs espèces de champignons appartenant à différents phylum et reconnu comme étant entomopathogènes

Tableau (5) : champignons entomopathogènes appartenant à différents Phylums
(Saiah, 2014)

Phyllum	Genre	Espèce	Auteur
Zygomycota	Batkoa Humber	B.apiculata et B major	Balazy,1993
	Conidiobolus Brefeld	C.coronarus	Sopere et al, 1988
		C.obscurus et C. thromboides	Humber 2012
	Entomophage Batko	E. aulicae. E.maimaiga E.grvlli	Humber,1989
		E.calopteni	Keller,2002
	Entomophage Fresenius	E.culicis et E.maseae	Humber,2012
		E.planchoniana	Keller,1991
	Erynia Nowakowski	E.aquatica et E.rhizospora	Halazy,1993
		E.conica	Keller,1991
	Furia Batko	F.americana	Balazy,1993
		F.F.virescens	
	Massospora Peek	M.cicadina	Humber,2012
Neozygites Witlaczil	N.freseni. N.parvispora et		
	N.floridana		
Pandora Humber	P.bluncki et P.neoaphidis		
Zoophthora Batko	Z.phalloides et Z.phytonomi		
	Z.radicans		
Basidiomycota	Septobasidium	Septobasidium sp	Humber, 2012
	Auriculoseypha	Auriculoseypha sp	
	Uredinella	Uredinella sp	
	Coccidiodyctyon	Coccidiodyctyon	Sung et al, 2007
	Ordonia	Ordonia	

3. Interactions insectes- champignons

Les insectes et les champignons sont depuis longtemps intimement associés dans la majorité des écosystèmes. Plusieurs exemples de ces interactions sont apparus à plusieurs occasions entre divers types de ces organismes. D'une manière générale, les interactions peuvent se faire de manières différentes allant du parasitisme aux symbioses (**Blackwell& Jones, 1997**). Les interactions entre les champignons et les insectes vecteurs peuvent être mutuellement bénéfiques : Pour le champignon, le vecteur lui offre non seulement un moyen de transport dépassant les discontinuités spatiales entre les plantes mais aussi lui assure son inoculation dans les hôtes favorables pour un bon développement ; pour l'insecte bénéficiant d'un habitat approprié, le champignon lui assure une source alimentaire abondante issue de la

décomposition des tissus végétaux et le développement du mycélium fongique (**Jacobs et al., 2000 ; Henriques, 2007**). Néanmoins, des points faibles peuvent exister dans cette relation :

- 1) Des difficultés peuvent apparaître entre les insectes et les champignons associés pour le maintien de cette relation, particulièrement dans le cas des champignons pathogènes vasculaires qui, pendant le développement de la maladie se séparent du vecteur pour y revenir après compléter son cycle de vie.
- 2) Le champignon et son insecte vecteur peuvent entrer dans un conflit direct dans le cas d'une invasion très rapide ou précoce de l'hôte par un intervenant. Il peut se produire alors une concurrence entre les deux pour son établissement.
- 3) Le comportement de l'insecte influence son efficacité comme vecteur (**Webber & Gibbs, 1989**).

4. Cycle biologique des champignons entomopathogènes

D'après Paine, 1983 ; Le cycle biologique des champignons entomopathogène diffère légèrement selon les groupes taxonomiques, mais il comprend toujours une phase parasitaire (de l'infection de l'hôte jusqu'à la mort de ce dernier) et une phase saprophyte (après la mort de l'insecte-hôte). La survie de ces champignons, et leur reproduction, est dépendante de l'infection d'insectes-hôtes et entraîne invariablement la mort de ceux-ci.

Généralement, les champignons entomopathogènes tuent ou réduisent la vigueur des hôtes qu'ils infectent. Ces ennemis naturels sont plus efficaces lorsque l'insecte ciblé est préalablement affaibli par un autre facteur comme un stress nutritif. Compte tenu de leur mode de transmission et de leurs besoins abiotiques, ils sont généralement très efficaces lorsque la densité des populations d'insectes ciblés est très élevée, quoi qu'il en soit, le système immunitaire des insectes peut fortement influencer la pathogénicité de ces ennemis naturels (**Benserradj, 2014**). La cuticule de l'insecte est une barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration du champignon. Les champignons peuvent infecter les insectes par pénétration directe à travers la cuticule (**Clarkson et Charnley, 1996**), au contact de la cuticule de l'insecte, la spore, l'unité infectieuse du champignon, germe et pénètre au travers du tégument en combinant des pressions mécanique et enzymatiques (**St Leger, 1993**) Le champignon croit rapidement dans l'hémocœle. Les insectes susceptibles au champignon meurent généralement dans un délai de 3 à 10 jours. Quand l'insecte meurt, le champignon entre dans un stade hyphale, colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte. Le cycle infectieux est généralement le même

pour tous les champignons entomopathogènes le processus de pénétration est l'étape la plus importante de la pathogène. Le mode d'infection des champignons entomopathogènes se divise en quatre étapes distinctes : l'adhésion, la germination, la pénétration et la dissémination (Figure 08) (**Ferron et al, 1993**).

- **Phase d'adhésion** : Les principales protéines impliquées sont des andésines spécifiques. Une fois fixer, les spores produisent activement un mucilage hygroscopique qui permet la modification de l'épi cuticule de l'insecte facilitant la germination des spores et peut créer un environnement favorable aux enzymes exo- cellulaires libérées par ces dernières (**BrunnerMendoza et al, 2019**).
- **Phase de germination** : La germination des spores dépend de nombreux facteurs biotiques, tels que les hydrocarbures cuticulaires des insectes ainsi que des facteurs abiotiques (température, rayonnement solaire et humidité) (**Brunner-Mendoza et al, 2019**). Après la fixation, Les spores émettent un tube germinatif continue de s'allonger et forme un hyphe qui traverse les assises supérieures de l'insecte pour pénétrer à l'intérieur de celui-ci. Le champignon forme l'appressorium qui lui permet le prélèvement des substances nutritives nécessaires à son développement et à sa reproduction.
- **Phase de pénétration** : Les hyphes sortant pénètrent dans la cuticule de l'insecte à l'aide des enzymes (protéases et chitineuses) qui attaquent et dissolvent la cuticule permettant aux spores de pénétrer à travers la cuticule et de se développer dans le corps de l'insecte.
- **Phase de dissémination** : La colonisation de l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte et envahit l'hémolymphe, cela peut être facilitée par une rapide reproduction et formation de mycéliums par le champignon, ainsi qu'une forte production des métabolites secondaires ou des toxines tels que les destruxines qui paralysent et tuent l'hôte (**Zimmermann ,2007 ; Benserradj 2014 ; Brunner-Mendoza et al, 2019**). La mort de l'insecte survient en général après l'infiltration des différents tissus par les filaments mycéliens causant des dommages par destruction des tissus, entraînant la mort de l'hôte, si les conditions de l'environnement sont favorables, du mycélium commence à sortir des articulations.

5. Reproduction des champignons entomopathogènes

Les champignons entomopathogènes à l'instar d'autres champignons peuvent se reproduire d'une manière sexuée ou asexuée. Dans la littérature scientifique, différents termes ont été utilisés pour décrire ces deux types de reproduction : téléomorphique contre

anamorphique, et meiosporique contre mitosporique. La reproduction sexuée implique la fusion de deux noyaux suivie de la méiose, permettant ainsi une nouvelle combinaison de gènes, une possibilité qui habituellement ne se produit pas dans la reproduction asexuée. Cette dernière s'effectue par fragmentation du mycélium ou la production de spores appelées conidies qui sont le résultat de la division mitotique et sont formées directement sur des hyphes ou à partir des conidiophores situés souvent à l'extrémité des hyphes (**Alexopoulos et al, 1996 ; Read et al, 2010**).

5.1.Mode de reproduction asexuée (anamorphe)

Beauveria, Hirsutella, Lecanicillium, Metarhizium, Nomuraea (**Bidochka et Small, 2005**).

5.2.Mode de reproduction sexuée (téléomorphes)

Cordyceps, Nomuraea (**Botton et al., 1990**).

6. Mode d'action

Les champignons entomopathogènes doivent coloniser leur hôte pour l'utiliser comme source nutritive. Les champignons ectoparasites se développent superficiellement sur le corps des insectes sous forme de thalles. Ils obtiennent leur nourriture à la surface de leur hôte ou en pénétrant légèrement dans le tégument (**Kuno, 1973**). Les champignons entomopathogènes possédant un mode d'action endoparasitique incluent toutes les espèces qui pénètrent dans le corps et tuent habituellement leur hôte, en envahissant et ou digérant les tissus. La sécrétion de toxine a généralement été identifiée comme activité complémentaire pour ces mycètes. Quelques espèces d'endoparasites, tel que *penicillium sp*, sont capable d'infecter leur hôte via une blessure au niveau de la cuticule (**Vey et Riba, 1989**). Les moyens par lesquels les champignons entomopathogènes pénètrent dans leur hôte sont les suivants :

6.1. Pénétration par cavité buccale et système digestif

L'infection via le système intestinal est peu courante. Parfois les mycètes vivants dans le tube digestif de l'insecte peuvent devenir pathogène quand l'insecte est en condition de stress suite à la famine, la chaleur excessive, l'humidité trop élevée, etc. D'autre part, les enzymes digestives ou les substances fongistatiques peuvent détruire les spores ou les hyphes de champignons qui ne font pas partie de la microflore habituelle du tube digestif. Dans

certains cas, l'ingestion de structure fongique peut causer la mort par toxicose plutôt que par mycose (Dillon et Charnley, 1991).

6.2. Pénétration par invasion cuticulaire

La cuticule des insectes est la première barrière contre l'attaque des micro-organismes (Kramer et al, 1988 ; st. Leger, 1993). La cuticule possède deux couches principales formées par les cellules épidermiques. La première couche est l'épicuticule, composée de protéine, lipoprotéines, phénols et de lipides. Elle comprend 4 couches différentes : la couche interne, la couche cuticuline, la couche de cire et la couche de ciment. Cette barrière empêche les micro-organismes d'entrer dans le corps de l'hôte, principalement les micro-organismes qui ne possèdent pas un mécanisme actif de pénétration de la cuticule (par exemple les bactéries et les virus). La deuxième couche de la cuticule est la procuticule, principalement composés de protéine, et de chitine, de lipides et de quinones incorporés dans trois couches : l'exocuticule, la mésocuticule et l'endocuticle. Les propriétés physiques et biochimiques de ces tissus offrent à la cuticule la rigidité et l'élasticité nécessaire pour résister aux dommages causés par certains mycopathogènes (Chamley et St. Leger, 1991).

7.Exemples des champignons entomopathogènes

7.1. *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae est un champignon entomopathogène largement utilisé comme agent de lutte biologique dans le monde entier pour réguler les populations d'insectes affectant les zones agricoles (Navarro-Barranco et al., 2019). Cette espèce comprend un grand nombre de souches différentes et d'isolats de diverses origines géographiques et de différents types d'hôtes. Le genre *Metarhizium* comprend les saprophytes du sol appartenant aux Hyphomycètes. Ce genre est parmi les moisissures les plus communément isolées à partir de sols cultivés ou naturels, ils se retrouvent dans régions tropicales et tempérées (Nourrisson et al, 2017).

7.1.1.Classification

La classification est basée sur les caractères morphologiques du mycélium et des conidies et comme ces caractéristiques sont assez limitées elles ont compliqué la taxonomie (Bidochka et al, 2015). La classification de *Metarhizium anisopliae* est la suivante :

Règne : Fungi

Embranchement : Dikarya

Sous-embranchement : Ascomycota

Classe : Pezizomycotina

Ordre : Hypocreales

Famille : Clavicipitaceae

Genre : *Metarhizium*

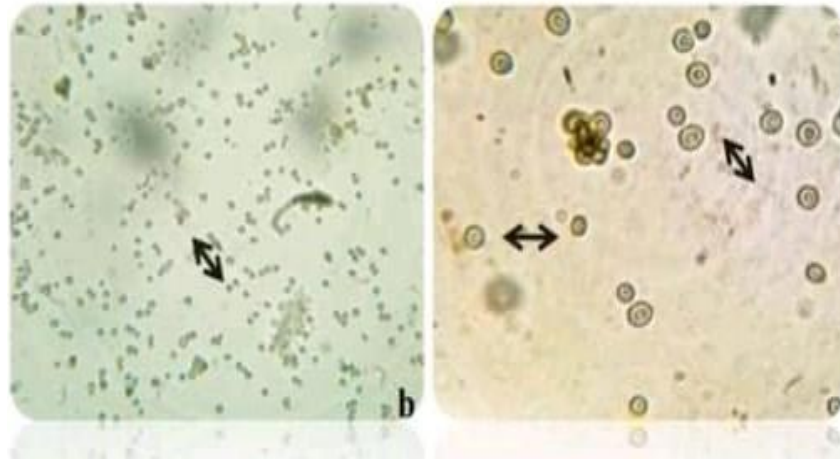
Espèce : *Metarhizium anisopliae*

7.1.2. Morphologie de *Metarhizium anisopliae*

D'après Zimmermann (1993 à 2007), *Metarhizium anisopliae* peut être aisément identifié par les spores ovoïdes vertes de longueur variant de 5 à 8 μm qui sont produites en chaînes et qui forment une couche compacte de spores. Les colonies vertes de ce champignon sont formées d'une agrégation des chaînes de conidies. *Metarhizium anisopliae* apparaît blanc avant la maturation des spores et il devient après vert foncé. Cette espèce est caractérisée par des conidiophores de longueur variable sont relativement courts, irrégulièrement ramifiés ou non et arrangés en groupes compacts formant une masse, les spores sont allongées avec des cotés parallèles (figure 7) (Bischoff et al., 2009).



Figure 7 : Aspect macroscopique de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (original).



**Figure 8 : Aspect microscopique de *Metarhiziumanisopliae* var. *acriduma*.Gr*100
b.Gr*100 avec zoom (original).**

7.2.*Beauveria bassiana*

Le champignon *Beauveria bassiana* est une espèce fréquemment retrouvée dans les sols du monde entier, très utilisé en lutte biologique, est l'agent responsable de la maladie appelée la muscardine blanche chez les insectes. L'individu infecté est recouvert d'une importante couche de mycélium blanc, évoquant la neige. Cette espèce à un large spectre d'action et une grande virulence peut infecter l'hôte par simple contact (**Meyling et al., 2009**). Des travaux effectués sur des espèces appartenant à l'ordre des coléoptères ont démontré que *B. bassiana* peut entraîner une mortalité élevée contre la coccinelle maculée, *Coleomegillamaculata* (Coccinellidae), le scarabée argentin, *Cyclocephalassignaticollis* (Scarabeidae) et le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsadecemlineata*) (Chrysomelidae) (**figure ...**) (**Todorova et al., 1994 ; Cornia et Beatriz, 2004**).



**Figure 09 : Symptôme de Muscardine blanche sur insecte causé par *B.bassiana*
(Michael , 2002).**

7.2.1. Taxonomie

D'après Rehner et Buckley (2005), la classification récente de *B. bassiana* est comme suit :

Règne :Fungi

Phylum :Ascomycota

Sous-phylum :Pezizomycotina

Classe :Sordariomycete

Sous-classe :Hypocreomycetidae

Ordre :Hypocreale

Famille :Cordycipitaceae

Genre :Beauveria

Espèce : *B. bassiana*

7.2.2.Morphologie

Ce champignon forme des hyphes transparents et septaux de 3,5 µm de diamètre. Cette espèce produit des colonies cotonneuses de couleur blanchâtre à jaunâtre. Le genre est caractérisé par un conidiophore à base renflée et à extrémité terminale en zigzag formant de façon sympodiale de petites spores unicellulaires (**Annexe 03**). Le conidiophore continue de croître après avoir donné naissance aux spores et chaque spore laisse une cicatrice en relief (aspect denticulé). Les bouquets de conidiospores donnent un aspect en "fausse tête" .

On distingue deux types de spores selon la présence ou l'absence d'oxygène: les conidiospores formées en présence d'air et les blastospores en condition d'anaérobie. Les conidiospores prennent une forme sphérique ou ovale tandis que les blastospores sont uniquement ovales. Les deux types de spores peuvent avoir le même effet pathogène sur les insectes infectés (**Weiser, 1972**).

7.2.3. Mode d'action

Le champignon *B. bassiana* infecte l'insecte par contact et n'a pas besoin d'être ingéré par son hôte pour causer l'infection. Certaines souches produisent des toxines non enzymatiques telles que la beauvericine, les beauverolides, les bassianolides, les isarolides qui accentuent et accélèrent le processus d'infection (**Robert, 1981**). À la mort de l'insecte, le champignon produit un antibiotique qui va lui permettre de surmonter la compétition des bactéries du tube intestinal de l'insecte. La phase saprophyte va être caractérisée par la

momification du cadavre transformé en sclérote. Les hyphes traversent le tégument préférentiellement au niveau inter-segmentaire puis le recouvre d'un feutrage blanc cotonneux (Weiser, 1972).

7.2.4. Les toxines fongiques

Les mycotoxines sont des composés naturels toxiques, élaborés par de nombreuses espèces de moisissures. Ce sont des métabolites secondaires produits par les champignons et n'ayant pas de rôle évident dans l'économie de la cellule vivante qui les synthétise. Ces mycotoxines présentent des origines chimiques très diverses correspondant à la différence de leurs voies de biosynthèse: il s'agit de composés dérivés des acides aminés. La beauvericine est une mycotoxine célèbre produite par de nombreux champignons, tels que *Beauveria bassiana* et *Fusarium* spp. (Logrieco et al., 1998). La beauvericine est un hexadepsipeptide cyclique (Figure 12) qui appartient à la famille des antibiotiques enniatins. Sa structure est semblable à celle des enniatines, qui sont également produites par plusieurs espèces de *Fusarium*, mais la beauvericine diffère par la nature de l'acide N-méthylamino. En raison de cette différence entre la beauvericine et les enniatines, leur bioactivité est évidemment différente (Shin et al., 2009).

➤ **Activité insecticide de la Beauvericine**

L'activité insecticide de la beauvericine a été découverte pour la première fois par Hamill et ses collaborateurs en 1969.

La Beauvericine a été confirmée en tant que composé actif de *B. bassiana* contre *Artimia salina*, considéré comme un organisme modèle pour étudier l'activité insecticide. Par la suite, l'effet insecticide de la beauvericine au niveau du microgramme a été étudié sur *Calliphora erythrocephala*, *Aedes aegypti*, *Lygus* spp., *Spodoptera frugiperda* et *Schizaphis graminum* (Jestoi, 2008).

Bien que la Beauvericine ait une forte activité insecticide contre un large spectre d'insectes nuisibles, elle a été appliquée comme agent insecticide du commerce pour deux raisons principales: Premièrement, en raison du mouvement des insectes, l'utilisation d'un champignon entomopathogène produit de la beauvericine comme agent insecticide a des avantages que l'utilisation directe du composé. Le champignon entomopathogène pourrait se propager dans les corps d'insectes et se propager largement par le mouvement des insectes.

Le champignon entomopathogène donnerait une bonne efficacité de contrôle des insectes même si une petite quantité des spores du champignon entomopathogène était utilisée. Deuxièmement, une évaluation minutieuse de la production de beauvericine devrait garantir que celle-ci ne n'augmente pas au-delà des seuils fixés par l'EPA (**Leland et al., 2005**).

Bien que la beauvericine ne soit pas appliquée directement en tant que agent insecticide du commerce, le mécanisme insecticide de la beauvericine mérite toujours d'être étudié. Il existe peu de rapports sur le mécanisme insecticide de la beauvericine. Malgré les similitudes entre les structures chimiques de la beauvericine et d'autres mycotoxines cycliques de l'hexadepsipeptide, la beauvericine est plus efficace contre *Aedes aegypti* (**Grove et Pople, 1980**) et peut avoir un mécanisme d'action unique.

La découverte du mécanisme actif de la beauvericine contre les insectes sera utile pour trouver de nouveaux insecticides, réduisent la menace des agents insecticides pour les cellules humaines et révèlent la mécanisme d'autres mycotoxines. Facteurs affectant l'efficacité de *B. bassiana* Le potentiel infectieux des champignons entomopathogènes comme agents de lutte biologique dépend de leurs propriétés physiologiques de la population de l'hôte et des conditions du milieu (**Ferron et al., 1991**).

8. Facteurs liés aux pathogènes

La virulence et la spécificité de l'hôte sont deux éléments essentiels dans le choix d'un bon candidat à la lutte biologique. Il a été démontré que les insectes d'une même population révèlent une sensibilité qui diffère selon les isolats de *B. bassiana* (**Todorova et al., 1994**). À une échelle industrielle, les épreuves biologiques standardisés de laboratoire sont essentielles afin de vérifier le potentiel insecticide des préparations produites et de suivre leur stabilité de conservation (**Ferron et al., 1991**).

8.1. Facteurs dépendant de l'hôte

Il est maintenant reconnu que tous les stades de développement de l'insecte, de l'œuf jusqu'à l'adulte, peuvent être sensibles à l'infection fongique. L'épizootie fongique survient généralement à de fortes densités de la population hôte favorisant ainsi la probabilité de contact entre le pathogène et l'hôte, de même qu'entre les insectes infectés et non infectés (**Ferron et al., 1991**).

8.1.1.Facteurs de l'environnement

L'efficacité du *B. bassiana* contre les insectes est souvent influencée par des conditions environnementales.

8.1.2.La lumière ultraviolette

Les radiations ultraviolettes sont le principal facteur abiotique limitant la viabilité de conidies sur le feuillage. L'exposition aux rayons ultraviolets peut influencer de manière significative la mortalité des larves d'*Ostriniana nubilalis* (ravageur de maïs) par des isolats de *B. bassiana* en interférant avec leurs propriétés physiologiques (**Cagani et Svercel, 2001**).

8.1.3.La lumière du soleil

La lumière du soleil, d'une longueur d'onde de 290 à 400 nm affecte la persistance des conidies sur le feuillage et peut directement affecter la composition génétique du champignon (**McCoy et al., 1990**). Malgré son effet nocif sur la persistance des conidies, la lumière peut stimuler certaines étapes du cycle évolutif des champignons entomopathogènes cultivés in vitro ou in vivo (**Silvy et Riba, 1999**).

8.1.4.Température

La température est un autre facteur important qui peut affecter le taux de germination, la croissance, la sporulation et la survie des entomopathogènes. Hastuti et al. (1999) ont démontré que 100 % des larves de *Paropsis charybdis* (Coleoptera:Chrysomelidae) sont tuées par *B. bassiana* après une incubation de 21 jours à 35°C, alors que 93 % des larves sont mortes à une température d'incubation de 15°C. Généralement, les températures au-dessus de 35°C empêchent la croissance et le développement des entomopathogènes. Les conidies de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* ne peuvent pas survivre plus que 15 minutes à 40°C (**McCoy et al., 1990**).

8.1.5.Humidité

L'humidité affecte aussi la persistance et la survie des champignons entomopathogènes. La plupart de ces champignons exigent au moins 95 % de l'humidité relative à la surface de l'insecte afin de germer (**Hallsworth et Magan, 1999**). L'humidité relativement élevée dans les endroits abrités fournit un micro-environnement favorable pour le développement des spores (**Liu et al., 2006**). Les effets de la température et de l'humidité sont intimement liés d'où la tolérance de quelques entomopathogènes à des températures

extrêmes lorsqu'il y a plus d'humidité ou lorsque la condensation se produit aisément et la perte d'eau est réduite au minimum (McCoy et al., 1990).

8.2.Effet du sol

Le sol constitue un réservoir naturel pour les insectes infectés par des mycètes fongiques sur le feuillage qui plus tard tombent sur le sol (Keller et Zimmermann, 1989). En effet, les mycètes dans le sol sont protégés contre la dessiccation, le rayonnement ultraviolet et les températures extrêmes (McCoy et al., 1990).

Conclusion

Conclusion général

Comme toutes les cultures, le blé est l'hôte d'un bon nombre de parasites dont les dommages sont parfois très préjudiciables. Il provoque des dégâts variables selon les années et les régions.

Les programmes des traitements chimiques suivis par les agriculteurs n'ont pas abouti à contrôler ce bio-agresseur à cause de son biotope édaphique qui rend son élimination très difficile et sont généralement moins efficaces, très coûteuses et affectent négativement notre environnement. La lutte biologique représente l'alternative des méthodes conventionnelles pour réduire ses dégâts, devient la préoccupation majeure du ministère de l'Agriculture. Le présent travail représente une contribution dans la recherche des agents biologiques pour freiner le développement de ces ravageurs.

La recherche des entomopathogènes autochtones a permis de minimiser ce dommage et parmi les genres les plus utilisés sont *Beauveria*, *Metarizium*.

L'effet de pathogénécité de ces champignons entomopathogènes est par ces activités insecticides qui peuvent causer vis à vis de ces ravageurs un entraînement mortel.

Cette lutte biologique permet aux agriculteurs de contribuer ces prédateurs grâce aux pesticides qui sont fabriqués à base de ces champignons pour avoir des meilleurs rendements de ces cultures de blé. En même temps l'identification avec précision de ces bio-agresseurs est essentielle pour mener une lutte biologique efficace.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

1. **Abad et Mugniery, 2000**- Pathologie végétale Le monde végétal : du génome à la plante entière. Académie des Sciences, Rapport sur la science et la technologie n° 10. Paris, France: Editions Tec & Doc. 144p
2. **Abis S.,2012.** Le blé en Méditerranée :sociétés, commerce et stratégies. Economique et territoire, relations commerciales . Ed : CIHEAM. Paris. Pp :241-247.
3. **Ahmed S. I. et Lathif S. R., 1994.** Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management - some points for consideration. Intern. J. Pest Management 40: 287-292.
4. **Ainsworth A., 1983.** Dictionary of the fungi (7th Edition).- Commonwealth Micological Institute : Surrey (UK), 445p.
5. **Alexopoulos C.J., Mims C.W. et Blackwell M., 1996.** Introductory Mycology. John Wiley and Sons, New York. 869p.
6. **Amine M., 2012**-Campagne labours-semences : plus de 65 000 hectares emblavés à Constantine. Le Maghreb le 27 Décembre . p
7. **Anonyme, 1995**- Cereal Leaf Beetle. Factsheet Plant Protection & Quarantine, 2p.
8. **Anonyme1 ., 1999.** ITGC ,Analyse des contraintes liées à la céréaliculture programme de développement de la filière céréale, Pp 8-10.
9. **Anonyme,. 2002**- EPPO Standards Good plant protection practice. Bull. OEPP/EPPO, 32 : PP367-36
10. **Anonyme 2., 2003.** Le blé dur : qualité , importance et utilisation dans la région des hauts plateaux (Taret et Tissemsilt) : ITGC.P : 7
11. **Anonyme., 2004**- Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004, PP13-15.
12. **Appert J ; Deuse J ; 1982**-les ravageurs des cultures vivrières et maraichères sous les tropiques. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 413 p .

B

13. **Balachowsky A., 1936** - Insectes nuisibles aux plantes cultivés, leur mœurs, leur destruction.Ed. Basson, Paris, Tome 1, PP11-37.
14. **Bellatreche M. ;1985**- Approche économique des dégâts aviaires en Algérie. Premières journées d'étude sur la biologie des ennemis des cultures , dégâts et moyens de lutte .I.N.A., El-Han-ach (Alger), 8p.
15. **Benserradj.O., (2014)**- Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques, Thèse de doctorat, université de Constantine 1, 5p.
16. **Bidochka, M. J., & Small, C. L. (2005)** - Phylogeography of *Metarhizium*, an insect pathogenic fungus. Insect-fungal associations: ecology and evolution. Oxford University Press, Oxford, 28-50.
17. **Bischoff J.F., Rehner S.A., Humber R.A. (2009)** - A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage, *Mycologia*, 101: 512-530.

18. **Blackwell, M. & Jones, K. 1997.** Taxonomic diversity and interactions of insect-associated ascomycetes. *Biodiversity and Conservation*, 6: 689-699.
19. **Bonjean & Picards ; 1990-** Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection . Softword-Groupe ITM, Paris, 208p.
20. **Bortelli , 1969** Contribution à l'étude du problème des oiseaux granivores en Tunisie Bull.Fac.Agro.22-23 : PP19-153.
21. **Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P., (1990).** Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Ed. Masson, Paris
22. **Brunner-Mendoza, C., Reyes-Montes, M. D. R., Moonjely, S., Bidochka, M. J., & Toriello, C. (2019)-** A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*, 29(1), 83-102.
23. **Burgess, H. D., 1981 :** Microbial Control of Pests and Plants Diseases 1970-1980. Academic Press, London , N.Y., 949p.

C

24. **Cagani L. et Světláková M., 2001.** The influence of ultraviolet light on pathogenicity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin to the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *J Central Eur Agric*, 2: 3-4.
25. **Capisano, 1997-** Orges de brasserie, les préférées des malteurs - Cultivar, no 392-PP27-28.
26. **Chamley A.K et St Leger. (1991).** The role of cuticle degrading enzymes in fungal pathogenesis of insects. In : The fungal spore and disease initiation in plants and animals. Plenum Publishing Co., New York, p 267-286.
27. **Clarkson J.M. et Charnley A.K., 1996.** New insights into the mechanisms of fungal insect pathogenesis in insects. *Trends Microbiol.*, 4, 197-2.
28. **Clement-Grandcourt & Prat ; 1970-** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. PP351-360.
29. **Clerget Y., 2011.** Biodiversité des céréales Origine et évolution. In la biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la ville de Montbéliard « La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme » publié dans le bulletin 2011 de la Société d'Histoire Naturelle du pays de Montbéliard. Pp : 1-16 .
30. **Cornia M.B. Et Beatriz M.D., (2004).** Pathogenicity of hyphomycetes fungi against *Cyclocephala signaticollis*. *Bio-Control* 00 : 1-8, 2004. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

D

31. **Dillon R. J et Charnley A. K., 1991.** The fate fungal spores in the insect gut. Dans: Cole, G.T. et Hoch, H. C. (Éds.) : The Fungal Spore and Disease Initiation in Plants and Animals. New York. Plenum Press, pp. 129- 156.
32. **Doumandji B., Doumandji S., Benzara A. et Guecioueur L., 1994-** Comparaison écologique entre plusieurs peuplements d'orthoptères de région de Lakhdaria, (Algerie). I.N.A. El-Harrach, Alger, PP1075-1081.
33. **DSA.2017-** la direction des services agricoles. Lecourriedalgerie.com/cerealiculture-a-canstantine-hausse-sensible-de-la-surface-reservee.

F

34. **Feng M.G., 1994.** Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. Biocont. Sci. Tech. 4: 3-34.
35. **Ferron P., 1975.** Les champignons, entomopathogènes: évolution des recherches au cours des dix dernières années. Bull. S.R.O.P. (3):1-54.
36. **Ferron P., 1978.** Biological control of insects pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol. 23:409-442.
37. **Ferron P., Fargues J. Et Riba G., (1991).** Fungi as microbial insecticides against pests. In Handbook of Applied Mycology. Humans, animals and insects (Arora, D.K., Ajello, L., Mukerji, K.G., Eds.), Marcel Dekker, New York, Vol 2, 665-706.
38. **Ferron P., Fargues J et Riba G. (1993).** Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs D5, 65-92. (Handbook of applied mycology, vol. 2, Humans, Animals and Insects, 1991).
39. **Fortin F., 1996.** L'encyclopédie visuelle des aliments. Ed : Québec Amérique P : 689

G

40. **Giban M ; 2001-** Diagnostic des accidents du blé tendre. Ed. ITCF, France, 159 p.
41. **Goettel M.S., 1992.** Des champignons comme agent de lutte biologique. In: Pibadam, CAB International, IITA, La lutte biologique contre les acridiens, Nigéria, p. 122-131.
42. **Grove, J.F.; Pople, M., (1980).** The insecticidal activity of beauvericin and the enniatin complex. Mycopathologia 1980, 70, 103–105.

H

43. **Hallsworth H. et Magan, K.F., 1999.** Hallsworth and N. Magan, Water and temperature relations of growth of three entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Panellomyces farinosus*, J. Invertebr. Pathol, 261-266.
44. **Hastuti B.S., Glaré T.R. et Chapman R.B., 1999.** Effect of temperature and humidity on the susceptibility of *Parosia clarybdis* to *Beauveria bassiana*. Proc. 52nd N.Z. Plant Protection Conf, 103-107.

45. **Henriques, J.M.C. 2007.** Fungos associados a *Platypus cylindrus* Fab.(Coleoptera: Platypodidae) e sua relação com o declínio do Sobreiro em Portugal. Mestado em Biologia de Pragas de Doenças de Plantas. Universidade de Evora- Portugal, 122p.
46. **Hibbett D.S., Binder M., Bischoff J.F., Blackwell M., Cannon P.F., Eriksson O.E., Huhndorf S., James T., Kirk P. M., Lücking R., Lumbsch H.T., Lutzoni F., Matheny P.B., McLaughlin D. J., Powell M.J., Rødhad S., Schoch C.L., Spatafora J.W., Stalpers J.A., Vilgalys R., AIM M.C., Aptroot A., Bauer R., Begerow D., Benny G.L., Castlebury L.A., Crous P.W., Dai Y. C., Gams W., Geiser D.M., Griffith G.W., Guidan C., Hawksworth, D.L., Hestmark G., Hosaka K., Humber R.A., Hyde K.D., Ironsides J.E., Kõljalg U., Jyrtsov C.P., Larsson, K.H., Lichtwardt R., Longcore J., Miadlikowska J., Miller A., Moncalvo J.M., Mozley-Standridge S., Oberwinkler F., Parmasto E., Reeb V., Rogers J. D., Roux C. et White, M. M., Winka K., Yao, Y. J. et Zhang, N., 2007.** A higher-level phylogenetic classification of the fungi. *mycol. res.*, 111, 509-547.
47. **Humber R.A., (2012).** Identification of entomopathogenic fungi. Manual of techniques in invertebrate pathology. Published by Elsevier Ltd. pp151-187.

J

48. **Jacobs, K., Wingfield, M.J, Pashenova, N.V. & Vetrova, V.P. 2000.** A new *Leptographium* species from Russia. *Mycol. Res.* 104: 1524- 1529.
49. **Jestoi, M., 2008.** Emerging *Fusarium* -Mycotoxins Fusaproliferin, Beauvericin, Enniatins, And Moniliformin—A Review. *Crit. Rev. Food Sci.* 2008, 48, 21–49.

K

50. **Keller S. et Zimmermann G. J., 1989.** Mycopathogens of soil insects. [in Wilding, N., N. Collins, N. M.Hammond, P. M. Webster, and I. F. Webster (eds.), *Insect-Fungus Interactions*. Academic Press, London, p. 240-269
51. **Kramer K. J., Hopkins T. L et Schaefer J., 1988.** Insect cuticle structure and metabolism. dans Hedin, P. A., Menn, J. J. et Hollingworth, R. M. (Éds.): *Biotechnology for Crop protection*. USA, American Chemical Society. ACS Symposium Series, pp. 160- 185.
52. **Kuno G., 1973.** Biological notes of Amoebidic parasitism found in Puerto Rico. *Journal of Invertebrate Pathology* 21: 1-8.

L

53. **Lacey L.A., Fransén J.J., et Carruthers R.I., 1996.** Global distribution of naturally occurring fungi of Bemisia, their biologys and use as biological control agents. In: *Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, and Management* (Girling, D. and Mayr, R., eds.), pp. 401-433. *Intercept*, Andover.
54. **Lakhdar B ; 2017-** Hausse sensible de la surface agricole réservée aux céréales
55. **Leland, J.E.; McGuire, M.R.; Grace, J.A.; Jaronski, S.T.; Ulloa, M.; Park, Y.; Plattner,**

- R.D., 2005.** Strain selection of a fungal entomopathogen, *Beauveria bassiana*, for control of plant bugs (*Lygus* spp.)(Heteroptera: Miridae). *Biol. Control* 2005, 35, 104–114.
- 56. Logrieco A., Moretti A., Castella G., KostECKI M., Golinski P., Ritieni A., Chelkowski J. (1998).** Beauvericin production by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microbiol*; 64:3084–3088
- 57. Louness, Y & Guerfi A2 ; 2011-** Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone sub humide en vue de leur inscription au catalogue officiel national.
- 58. Logrieco A., Moretti A., Castella G., KostECKI M., Golinski P., Ritieni A., Chelkowski J. (1998).** Beauvericin production by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microbiol*; 64:3084–3088.

M

- 59. Matile, 1993-** Les mauvaises herbes d'Afrique du nord. . Publication 948 d'Agriculture Maroc. 217p.
- 60. McCoy A., Quintela E.D. et Faria M., 1990.** Environmental Persistence of entomopathogenic Fungi. In, New dire.
- 61. Michael, (2002)** en ligne], (page consultée le : 15/05/2019) <http://aesgsf.free.fr/V5/varios>
- 62. Mokabli A., 2002-** Biologie des nématodes à Kystes (Heterodera) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doctorat d'Etat, Int. Nat. Agro., El-Harrach, Alger, 66p.
- 63. Moule C., 1971-** les céréales. Ed. Maison rustique. Paris. 318p

N

- 64. Navarro-Barranco, H., Brunner-Mendoza, C., delRocío Reyes-Montes, M., Duarte-Escalante, E., Toriello, C.,(2019)** -Phenotypic and molecular analysis of Mexican *Metarhizium anisopliae* strains. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90.
- 65. Nicolai V. M. et Jorgen E., (2007).** ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystem : Potential for conservation biological control. *Metarhizium anisopliae* reveal that it is rhizosphere competent. *Appl. environ.*68, 6383-6387.
- 66. Nourrisson, C., Dupont, D., Lavergne, R. A., Dorin, J., Forouzanfar, F., Denis, J., Roux, S.(2017).**Species of *Metarhizium anisopliae* complex implicated in human infections: retrospective sequencing study. *Clinical Microbiology and Infection*, 23(12), 994-999.

O

- 67. Oufroukh F. et Hamadi M., 1993-** Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de *Drechslera graminea* Rab.Mém. Ing Agro.INA.El-harrach.PP59-62.

P

- 68. Paine L., 1983**, Acquisition and maintenance of mycangial fungi by dendroctonus brevicornis, le conte (coleoptera). Entomol. Landan. 150 p. Pelizza S.A., Lopez Lastra C.C., Becnel J.J., Bisaro V.
- 69. Paster et Roa, 1993**- The control of insect pests in oil seed rape : deltamethrin file, PP192-201

R

- 70. Ramoska W.A., 1984**. The influence of relative humidity on Beauveria bassiana infectivity and replication in the ching bug. Blissus leucopictus. J. Invertebr. Pathol. 43 :389-394.
- 71. Rastion J., Benabderrazik L., 2014**. Céréales et oléo protéagineux au Maghreb pour un co-développement de filières territorialisées. IPEMED, Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen.
- 72. Redd N.D., Fleißner, A., Roca, M.G., et Glass, N.L., 2010**. Hyphal fusion. In K. A. Borkovich & D. J. Ebbole (Eds.), Cellular and Molecular Biology of Filamentous Fungi (pp. 260-273). Washington, DC: American Society for Microbiology Press.
- 73. Regniere j ; 2009**- prédire la répartition continentale des insectes a partir de leur physiologie. Adaptation au changement climatique. Unsylna n 231/232.
- 74. Rehner R.A. Et Buckley E., (2005)**. A Beauveria phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-alpha sequences: Evidence for cryptic diversification and links to Cordyceps teleomorphs. Mycologia 2005 b ; 97(1) :84-98.
- 75. Roberts, D. W., & St Leger, R. J. (2004)**- Metarhizium spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects. Advances in applied microbiology, 54(1), 170

S

- 76. Saiah F., (2014)**. Contribution à l'étude sur la lutte biologique à l'égard de Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera ; Gracillariidae), mineuse des Citrus. Thèse de doctorat ; université de Mostaganem, Algérie, 119 p.
- 77. Samson R.A., Evans H.C et Latgé., 1988**. Atlas of Entomopathogenic fungi. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York 1-187. Shin, C.G.; An, D.G.; Song, H.H.; Lee, C., 2009. Beauvericin and enniatins H, I and MK1688 are new potent inhibitors of human immunodeficiency virus type-1 integrase. J. Antibiot. 2009, 62, 687-690
- 78. Shewry P R., Underwood C., Wan Y., Lovergove A., Bhandari D., Toole G., Clare Mills E.N., Denyer K., Mitchell R.A.C., 2009**. Storage product synthesis and accumulation in developing grains of wheat. Journal of Cereal Science vol 50. Pp:106-11.
- 79. Shin, C.G.; An, D.G.; Song, H.H.; Lee, C., 2009**. Beauvericin and enniatins H, I and MK1688 are new potent inhibitors of human immunodeficiency virus type-1 integrase. J. Antibiot. 2009, 62, 687-690.

- 80. Silvy C. et Riba G., 1999.** Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes. In : Fraval, A., Silvy, C. éd. La lutte biologique (II). Dossier de l'Environnement de l'INRA n°19. Paris, 274p.
- 81. Smaha D., 1998-** Etude de la biologie du nématode à Kystes des céréales *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924. Essai de comportement de 6 variétés de blé dur vis-à-vis de deux populations de ce parasite. Mém. Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Alger, 150p.
- 82. Soltner D ; 1990-** Les grandes productions végétales céréales, plantes sarclées-prairies 16eme Ed, collection sciences techniques agricoles. 464p.
- 83. Starnes R.L; Liu C .L et Marone P.G., (1993).** History, use and future of microbial insecticides. Amer. Entomol .39:83-91.
- 84. St Leger R.J.(1993).** Biology and mechanisms of insect-cuticle invasion by deuteromycete fungal pathogens, In: Parasites and pathogens of insects. Beckage NE, Thompson SN,(eds), Federici BA (eds.). Academic Press Inc., New York, USA .2 : 211-225.

T

- 85. Taylor J.W., 1995.** Making the Deuteromycota redundant: a practical integration of mitosporic and meiosisporic fungi. Can. J. Bot., 73S, S754-S759.
- 86. Todorova S.J., Côté I.C., Martel P. et Coderré D., 1994.** Hétérogénéité de deux *Beauveria bassiana* strains évaluée par des tests biochimiques, des profils protéiques et des bioessais sur *Leptinotarsa delongiata* (Col: Coccinellidae) larvaire. Entomophaga. 39: 159-169.

V

- 87. Vega F.E., Meyling N.V., Luangsa-ard J.J. Et Blackwell M., (2012).** Fungal entomopathogens Insect Pathology. Elsevier Inc. 150p.
- 88. Yves H., De Buyser J., 2001.** De la graine à la plante , l'origine des blés. Belin pour la science. Pp : 69-72

W

- 89. Webber, J.F. & Gibbs, J.N. 1989.** Insect dissemination of fungal pathogens of trees. In Insect -fungus interactions. N. Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond & J.F. Webber (Eds.), Academic Press, Inc., London, pp 161-189.
- 90. Weiser J., (1972).** *Beauveria* Vuill. In: Nemoci hmyzu. Naklad. Ceskoslov. Akademie, Praha, pp. 361-377
- 91. Wraight R.J et Roberts D.W., 1987.** Effort de lutte contre les insectes avec des champignons. Dévél. Indus. Microbiol. 28 :77-87.

Z

- 92. Zimmermann G., (2007)-** Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Biocontr.Sci.Technol.17:879-920.

Site web

1. **FAO,2017**-<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>
2. **OFNAA,2016**-<http://onfaa.inraa.dz/images/doconfaa/Bilan%202016.pdf>
3. (Media.gerdeaud.net)
4. **https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/ravageurs_du_ble/**
5. **www.vertdeterre.com**
6. **www.bestioles.ca**
7. **Bugguide.net**
8. **www.bestioles.ca**

Résumé

En Algérie, la culture de blé en plein champignons, a subi des dégâts considérables, provoqués par ravageurs. Les pertes causées par ces derniers sont importantes, ce qui a conduit à la mise au point de nombreuses méthodes de lutte biologique, le présent travail est une contribution à l'étude de ce déprédateur, a pour but de proposer une solution alternative basée sur l'utilisation des entomopathogènes pour lutte contre ces ravageurs par un effet insecticide.

Mots clés : le blé, les ravageurs, champignons entomopathogènes, lutte biologique.

Abstract

In Algeria, the cultivation of wheat in the midst of fungi has suffered considerable damage caused by pests. The losses caused by the latter are important, which has led to the development of numerous methods of biological control, the present work is a contribution to the study of this predator, aims to propose an alternative solution based on the use of entomopathogens to control these pests by an insecticidal effect.

Key words: wheat, pests, entomopathogenic fungi, biological control.

الملخص

في الجزائر ، عانت زراعة القمح وسط الفطريات من أضرار جسيمة بسبب الآفات. تعتبر الخسائر التي تسببها هذا الأخير مهمة ، مما أدى إلى تطوير العديد من طرق مكافحة البيولوجية ، وهذا العمل هو مساهمة في دراسة هذا المفترس ، ويهدف إلى اقتراح حل بديل يعتمد على " استخدام العوامل الممرضة للحشرات للسيطرة على هذه الآفات من خلال تأثير مبيد الحشرات.

الكلمات المفتاحية : القمح ، الآفات ، الفطريات الممرضة للحشرات ، مكافحة البيولوجية .

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

Filière : Sciences Biologique

Spécialité : *Mycologie et Biotechnologie Fongique*

Les champignons Entomopathogènes contre les ravageurs de blé

Résumé

En Algérie, la culture de blé en plein champignons, a subi des dégâts considérables, provoqués par ravageurs. Les pertes causées par ces derniers sont importantes, ce qui a conduit à la mise au point de nombreuses méthodes de lutte biologique, le présent travail est une contribution à l'étude de ce déprédateur, a pour but de proposer une solution alternative basée sur l'utilisation des entomopathogènes pour lutte contre ces ravageurs par un effet insecticide.

Mot clés : Ravageurs, le blé, champignons entomopathogènes, lutte biologique.

Membre du jury :

- **Rapporteur : ABDELAZIZ Ouided M.C.B UFMC**
- **Présidente : BENKAHOUL Malika M.C.B UFMC**
- **Examinatrice : MEZIANI Meriem M.A.A UFMC**

Présentée par : BOUBA Imen

BOUMEZBEUR Chahinez

Année universitaire : 2019 -2020