



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث 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 و الحياة

Département : Microbiologie

قسم : الميكروبيولوجيا

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Mycologie et biotechnologie fongique

Intitulé :

Les champignons entomopathogènes et leur utilisation en lutte biologique

Présenté et soutenu par : Hamoudi Zouleikha

Le : 03/10/2021

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mme MEZIANI M. M.C.B - UFM Constantine

Rapporteur : Mm ABDLAZIZ O. M.A.A-UMC Constantine

Examineurs : Mme BENKAHOUL M. M.C.A- UFM Constantine).

*Année universitaire
2020- 2021*

Remerciement

Nous remercions **Dieu** le généreux qui a enseigné à l'homme ce qu'il ne savait pas et de m'avoir donné le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous remercions notre encadreur Madame **Abdalaziz Ouided, M .A.A** à l'université Mentouri Constantine pour la confiance qu'elle nous a accordée en acceptant de diriger ce mémoire, ainsi

Que pour son soutien scientifique, nos sincères remerciements,

mes remerciements aussi à **Mme Benkahoul M.** et **Mme Meziani M.** pour d'avoir accepté d'examiner ce travail

Enfin, nous remercions, tous ceux de près ou de loin, qui ont contribué à la réalisation de ce travail.





Dédicace

Toutes les lettres ne souriaient trouver les mots qu'il faut

Tous les mots ne souriaient exprimer la gratitude,

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce modeste travail.

A ma chère mère **Chaib warda**

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.

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 **Abd Rahmanne**

A mes chères sœurs et frères

Halim, Amira, Fatima, Hafssa, Hiba, et Chorouk

A ma petite ange **Soudjoud taouba**

A mon chère marie **Othmane ghomrani**

A tout ma grande famille

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

Hamoudi zouleikha

Résumé

Les insectes et leurs effets nuisible sur les plantes sous serre et en plein champs induire l'utilisation de la lutte chimique qui a des effets néfastes sur la santé humain et l'environnement.pour cela transmué en lutte biologique qui utilise les microorganismes (Exemple : Champignon).Dans la présente étude, deux champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana* et *Verticillium lecanii*, ont été testés pour leur efficacité contre les aleurodes et les pucerons. La mortalité causée par *B. bassiana* était plus élevée que celle de *V. lecanii*. Les mortalités causées par les filtrats étaient significativement plus élevées que celles causées par les conidies des deux champignons; en cas d'aleurode, la mortalité causée par *B. bassiana* était significativement plus élevée que celle de *V. lecanii*, Par contre, en cas de puceron, la mortalité causée par *V. lecanii* était légèrement supérieure à celle de *B. bassiana*. Il en va de même pour les formulations, après l'évaluation des recherches. Montre que *Verticillium lecanii* et *Beauveria bassiana* sont les plus efficaces contre les pucerons et l'aleurode. Dans des conditions des milieux .Pour terminer conseillé de généraliser l'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique et ça pour ses multiples avantages.

Mot clés : entomopathogène,lutte biologique,*B.bassiana*,*V.lecanii* , pucerons, aleurodes

الملخص

تؤدي الحشرات وآثارها الضارة على النباتات في البيوت البلاستيكية وفي الحقول المفتوحة إلى استخدام مكافحة الكيمائية التي لها آثار ضارة على صحة الإنسان والبيئة ، وتحول هذا إلى مكافحة البيولوجية التي تستخدم الكائنات الحية الدقيقة (مثال: الفطر). في هذه الدراسة ، تم اختبار نوعين من الفطريات الممرضة للحشرات ، *Beauveria bassiana* و *Verticillium lecanii* ، من حيث فعاليتها ضد الذباب الأبيض والمن. كانت الوفيات الناجمة عن *B. bassiana* أعلى من وفاة *V. lecanii*. كانت الوفيات الناجمة عن الترشيح أعلى بكثير من تلك التي تسببها كونيديا كلا الفطرين, في حالة الذبابة البيضاء ، كان معدل الوفيات الذي تسببه *B. bassiana* أعلى بكثير من *V. lecanii* من ناحية أخرى ، في حالة حشرة المن ، كان معدل الوفيات الناتج عن *V. lecanii* أعلى قليلاً من معدل النفوق في *B. bassiana*. الشيء نفسه ينطبق على الصيغ. بعدد تقييم البحث. يظهر أن *Verticillium lecanii* و *Beauveria bassiana* هما الأكثر فعالية ضد حشرات المن والذبابة البيضاء. في الظروف البيئية ، أوصى أخيراً بتعميم استخدام الفطريات الممرضة للحشرات في مكافحة البيولوجية وذلك لما لها من مزايا متعددة.

الكلمات المفتاحية: ممرض للحشرات ، مكافحة البيولوجية ، *B. bassiana* ، *V. lecanii* ، الذبابة البيضاء

، المن

Abstract

Insects and their harmful effects on plants in greenhouses and in open fields induce the use of chemical control which has harmful effects on human health and the environment. For this transmuted into biological control which uses microorganisms (Example: Mushroom). In the present study, two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii*, were tested for their efficacy against whiteflies and aphids. Mortality caused by *B. bassiana* was higher than that of *V. lecanii*. Mortalities caused by filtrates were significantly higher than those caused by conidia of both fungi. In the case of whitefly, the mortality caused by *B. bassiana* was significantly higher than that of *V. lecanii*, on the other hand, in the case of aphid, the mortality caused by *V. lecanii* was slightly higher than that of *B. bassiana*. The same goes for formulations, after the research evaluation. Shows that *Verticillium lecanii* and *Beauveria bassiana* are the most effective against aphids and whitefly. In environmental conditions. Finally recommended to generalize the use of entomopathogenic fungi in biological control and that for its multiple advantages.

Keywords: entomopathogen, biological control, *B. bassiana*, *V. lecanii*, whitefly, aphids

Liste des abréviations :

- °c : degré celsius
- µm: micro-mètre
- Ampc : Adénosine monophosphate cyclique
- ANOVA : analyse unidirectionnelle de variance
- *B.bassiana* : *Beauveria bassiana*
- *B.brongniartii* : *Beauveria brongniartii*
- *I.fumosorosae*: *Isaria fumosorosae*
- *M.acridum*: *Metarhizium acridium*
- *M.brunneum*: *Metarhizium brunneum*
- *M.majus*: *Metarhizium majus*
- *M.pingshaense*: *Metarhizium pingshaense*
- *M.robertsii*: *Metarhizium robertsii*
- ml : millilitre
- nm : nano-mètre
- PDA : pomme de terre dextrose agar
- pH : potentiel d'Hydrogène
- PKA : protéine kinase A
- Pr1 : subtilisin-like sérine protéase Pr1
- Pr2 : trypsin-like protéase Pr2
- RH : l'humidité relative
- UV : les radiations ultra-violettes
- *V.lecanii* : *Verticillium lecanii*

Liste des Figures:

FIGURE 1: CLASSIFICATION DES CHAMPIGNONS (SELON BUTTON ET AL.,1990).....	6
FIGURE 2: MODE DE PENETRATION DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES DANS LA CUTICULE DES INSECTES (CLARKSON ET CHARMLEY,1996	13
FIGURE 3 : LA STRUCTURE CHIMIQUE DES DESTRUXINES	14
FIGURE 4 : LA STRUCTURE CHIMIQUE DES DESTRUXINES	16
FIGURE 5 : OBSERVATION DU GENRE METARHIZIUM ANISOPLIAE A) M. ANISOPLIAE SOUS UN MICROSCOPE OPTIQUE (G×100) B) CULTURE DE M. ANISOPLIAE SUR UN MILIEU PDA.....	21
FIGURE 6 : DEVELOPPEMENT DU CHAMPIGNON ENTOMOPATHOGENE VERTICILLIUM LECANII SUR LES RAVAGEURS HOTES DES PUCERONS.....	22
FIGURE 7 : CHARANÇON MUSCARDINE INFECTE PAR B. BASSIANA DANS UN CHAMP DE RIZ.....	24
FIGURE 8 : OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES ET MICROSCOPIQUES DES DIFFERENTS ESPECES DU ISARIA	25
FIGURE 9 : DEVELOPPEMENT DE <i>ENTOMOPHTORA MUSCAE</i> SUR LA <i>SCATHOPHAGA SCERCORARIA</i>	26
FIGURE 10 : L'EFFET DES FORMULATIONS DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES MOUCHES BLANCHES	32
FIGURE 11 : L'EFFET DES FORMULATIONS DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES PUCERONS.....	33
FIGURE 12 : L'EFFET DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES ET LEURS FORMULATIONS SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES MOUCHES BLANCHES (ALEURODES)	34
FIGURE 13 : EFFET DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES ET LEURS FORMULATIONS SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES PUCERONS	34

Liste des Tableaux

TABLEAU 1: L'EFFET DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES MOUCHES BLANCHES	34
TABLEAU 2 : L'EFFET DES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES SUR LE POURCENTAGE DES MORTALITES DES PUCERONS	34

Table de matière

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
-------------------	---

Revue bibliographique

Chapitre 1: Généralités sur les champignons

Généralité.....	4
-----------------	---

Chapitre 2 : les champignons entomopathogènes

1. Définition.....	6
2. Les caractères généraux.....	6
3. Les facteurs qui influencent la croissance des champignons entomopathogènes.....	9
3.1. Les facteurs environnementaux.....	9
3.2. Les facteurs liés à l'hôte.....	10
4. Mode d'action.....	11
5. Les métabolites bioactifs des champignons entomopathogènes.....	13
5.1. Les toxines.....	13
5.2. Les enzymes.....	15

Chapitre 3 : la lutte biologique

1. La lutte microbiologique.....	18
2. L'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique.....	19
3. Les genres les plus utilisées.....	19
3.1. <i>Metarhizium anisoplae</i>	19
3.2. <i>Verticellium lecanii</i>	21
3.3. <i>Beauveria bassiana</i>	22
3.4. <i>Isaria fumosorosae</i>	23
3.5. Les entomophtorales.....	25

Matériels et méthodes

1. Population des pucerons et l'aleurode.....	28
2. Isolats fongiques.....	28
2.1. Suspension conidiale.....	28
2.2. Filtrat fongique.....	29
3. Essai biologique de filtrat.....	29
4. Essai biologique des conidies.....	30
5. Analyse des données.....	30

Résultats	32
------------------------	----

Discussion	36
-------------------------	----

Conclusion générale	39
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Résumé

INTRODUCTION

Introduction

Les insectes étaient en possession de la terre depuis des millions d'années lorsque l'homme est apparu.

Ils avaient traversé des époques d'une durée prodigieuse sans perdre de leur viabilité et sans que jamais leur nombre ait diminué. Avec ce tard venu ; qui prétendait bientôt dominer toute la terre ; il n'est surprenant qu'une lutte se soit vite engagée (**Berland,1948**).

Quelques insectes (comme les pucerons) sont des vecteurs de nombreuses maladies virales des plantes et favorisent la prolifération de maladies fongiques.

Le seuil économique pour ce type de ravageurs est généralement très bas, dans certains cultures ; on ne tolère même pas leur présence (**Comeau, 1992**).

La lutte contre ces maladies est donc aujourd'hui un enjeu majeur .Ce d'une part , en comprenant le mécanisme des transmission de la maladie pour contrôler ; par contre , du fait du mode de propagation indirect (**pichard,2008**).C'est généralement très compliqué, méthodes de contrôle telles que les insecticides , les lampes ultraviolettes , les appareils à ultrasons , les insectifuges et les moustiquaires ...etc. utilisées pour repousser avec succès ces insectes nuisibles variables (**Matthew et al.,2007**).

L'utilisation massive des insecticides chimiques comporte cependant de nombreux inconvénients (**Larhballi et al.,2010**) ; en dépit des grands succès réalisées par ces insecticides dans le contrôle des insectes ,leur utilisation quotidienne a créé une résistance chez de nombreuses espèces pour ces produits en plus que ces derniers sont considérés comme un facteur qui provoque la pollution du sol, nutriments et l'air ; ainsi que des effets néfastes pour l'homme, l'animal et le végétal (**Rajkumar et al .,2005**).

Pour minimiser les répercussions négatives des pesticides chimiques, de nouvelles orientations sont considérées ; la lutte biologique ; précisément par utilisation de microorganismes entomopathogènes est une alternatives très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaires performante (**Arkam, 2019**).c'est une méthode qui peut être efficace et sans risque sur l'environnement et sur la santé humaine.

Les champignons entomopathogènes ont la capacité d'affecter individuellement leur hôte à travers la pénétration intérieure dans un insecte (Lacey *et al.*, 1996). ***Beauveria bassiana*** , ***Verticillium lecanii*** et autres champignons sont révélés être les champignons les plus prometteurs à cet égard (**Wraight et al.,2007**).

B.bassiana et ***V.lecanii*** sont des champignons les plus étudiées et connus sous le nom d'un agent de biocontrôle virulent d'une large gamme de forêts, de cultures sur terrains et organismes

Introduction

nuisibles de la maison verte. Ces entrepreneurs étaient tout aussi efficaces dans les habitats du désert, de l'agriculture et des forêts (**Annamalai *et al.*, 2016** et **Dogan *et al.*, 2017**).

REVUE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralités sur les champignons

1. Généralités :

Les champignons ou “Fungi” ; ce sont des micro-organismes nucléés ; eucaryotes ; hétérotrophes (**Robert, 2008**) ; filamenteux, non photosynthétiques et non mobiles (absence des flagelles) (**Nicklas et al, 2000**) .

Ils possèdent une paroi cellulaire imprégnés de chitine ou parfois de cellulose (**McCoy et al, 1988**) .

Constituant un groupe autonome au sein de monde vivant ; indépendant des bactéries ; des organismes regroupé sous le nom “Protistes” Des végétaux et des animaux (**Raspail, 2008**). Certains vivent en symbiose avec les végétaux ; d’autres sont des parasites des végétaux ou des animaux, d’autres sont saprophytes ; se développent sur les déchets organiques (**Nicklin et al, 2000**)

Les microbiologistes utilisent le terme « champignon » pour désigner des organismes eucaryotes ; porteurs des spores ; incluant des espèces macroscopiques et d’autres microscopiques, d’aspects filamenteux ou Levuriformes (**Chabasse et al, 2002**). Les scientifiques qui étudient les champignons sont les mycologues (du grec Mykes; champignon et logos; discours), la discipline scientifique concerné est « la mycologie ».

Ce sont des organismes Ubiquistes retrouvés dans tous les écosystèmes (**Hawks Worth, 2004**), on les trouve par tout ou il y a de l’humidité; ils ont une grande importance ; tant bénéfique que nuisible pour les hommes (**Prescott et al, 2010**).

Les champignons sont des décomposeurs hétérotrophes unicellulaires ou multicellulaires à parois cellulaires épaisse qui mangent de la matière en décomposition et font des enchevêtrements de filaments.

La plupart des membres du royaume champignons manquent du flagelle ; les structures sont complètement absentes à tous les étapes de leur cycle de vie (**Alexopoulos et C. W. Mims, 1979**)

La seule exception est les Chytrids ;qui produisent des gamètes flagellés. L’absence de flagelle est donc une synpomorphie qui unit tous les autres groupes de champignons. Cela a eu un impact énorme sur la biologie fongique.

Revue bibliographique

La grande majorité des champignons se présentent sous forme filamenteuses ; caractérisée par une structure tubulaire, ramifié et Plurinucléé. Le diamètre des hyphes varié considérablement en fonction des conditions de l'environnement ; de leur position dans la colonie, et surtout d'une espèce à l'autre ; de 3-4 micromètres à plus de 10 micromètres de type cloisonné ou non cloisonné (**Chabasse et al., 2002**).

La reproduction des champignons est complexe ; reflètent ainsi l'hétérogénéité de leur mode de vie ; elle peut être sexuée ou asexuée, Bien que certains champignons alternant entre les deux types de reproduction (**Nesteretal., 1998**).

Chapitre2: les champignons entomopathogènes

1. Définition :

Ce sont des eucaryotes avec des noyaux et des organites bien définis et une paroi cellulaire chitineuse ; ils se présentent parfois sous forme des cellules individuelles mais le plus souvent sous forme filamenteux avec une reproduction sexuée ou asexuée (**Ksentini, 2009**).

Parmi les microorganismes utilisées en lutte biologique plus de 700 espèces de microchampignons sont entomopathogènes (**Starnes et Al.,1993**) et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (**Wraight et Robert,1987**).

Il s'agit des agents pathogènes qui provoquent des maladies chez les insectes ceux qui s'attaquent à des ravageurs présentent donc un intérêt pour la lutte biologique surtout en raison du caractère épidémique de leurs attaques (**Lydie, 2010**).

Les premiers observations scientifiques des champignons entomopathogènes ont lieu aux environs des années 1830 ; avec l'ouvrage de **Bassi** (1835) sur la muscardine du ver à soie.

Ils provoquent des infections chez un large éventail d'insectes et des acariens, ils produisent des spores qui infectent leur hôte par germination sur sa surface ; puis de plus en plus dans son corps.

La mort prend entre 4 et 10 jours selon le type de champignons et le nombre de spores sur le cadavre qui se dispersent et continuent leur cycle de vie sur les nouveaux hôtes.

2. Les caractères généraux des champignons entomopathogènes :

D'après ferron (1975) et selon la classification d'**Ainsworth et Bisby** (1971) et **Howksworth** et Al (1983) les champignons entomopathogènes appartiennent à quatre groupes : les champignons imparfaits, les entomophtorales, les coelomycètes 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 établie des groupes ou des 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**).

Revue bibliographique

A la suite de l'avènement de la biologie moléculaire de nombreux concepts taxonomiques ont changé, cela va conduire à l'abandon des termes «**Deutéromycètes**» ou "**Fungi Imperfectii**" (**Blackwell et al, 2006**)

On désigne sous le nom "**Fungi Imperfectii**" l'ensemble des champignons qui ne présentent pas de fructification sexuée mais se reproduisent uniquement par voie végétative, au moyen de spores asexuées (conidies) ou par simple fragmentation du mycélium (**Boiron, 1996**).

De nombreuses espèces parasites et la plupart des moisissures banales appartiennent à ce groupe de mycètes. Il ne s'agit pas d'un groupement naturel mais d'un ensemble artificiel rapprochant des champignons (environ 200) appartenant à des classes variées sur l'unique base de "l'absence de reproduction sexuée visible" (**Punt et al., 2002**).

Ils sont caractérisés par un thalle à mycélium septé ou unicellulaire (levure) ; une reproduction asexuée parfois absente (mycélium stérile) ; ce groupe inclut d'importants contaminants alimentaires, un grand nombre d'espèces sont capables de produire des métabolites toxiques (**Samson et Al., 1981**).

La sous division des deutéromycètes regroupe les ascomycètes et les basidiomycètes qui sont des champignons filamenteux à hyphes cloisonnés ; se reproduisent d'une façon végétative dont on ne connaît pas leur forme de reproduction sexuée « **champignons imparfaits** » (**Ksentini, 2009**).

Les deutéromycètes sont divisés en trois classes :

- **Les blastomycètes** qui regroupent l'ensemble des champignons levuriformes.
- **Les coelomycètes** qui rassemblent les champignons filamenteux dont les cellules conidiogènes sont contenues dans les organes protecteurs appelés pycnides.
- **Les hyphomycètes** qui sont des champignons filamenteux ; stérile ou produisant des spores directement sur les hyphes ou sur des conidiophores simple ou agrégé (Moniliales) (**Botton 1990**).

Ils sont des champignons pour lesquels les conidies naissent de cellules banales ou de cellules spécialisées souvent portées par un filament différenciés « conidiophores », certains hyphomycètes (*Rhizoctonia*, *Sclerotium*) ne forment jamais de spores donc ils sont classés dans le groupe Micellasterilia.

Chez les champignons hyphomycètes, environ 500 espèces (**Starnes et al., 1993**) parmi lesquels les genres: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticellium*, *Paecilomyces* et *Entomophthora* sont les plus utilisés en lutte biologique (**Kamp et Bidocheka, 2002**).

Revue bibliographique

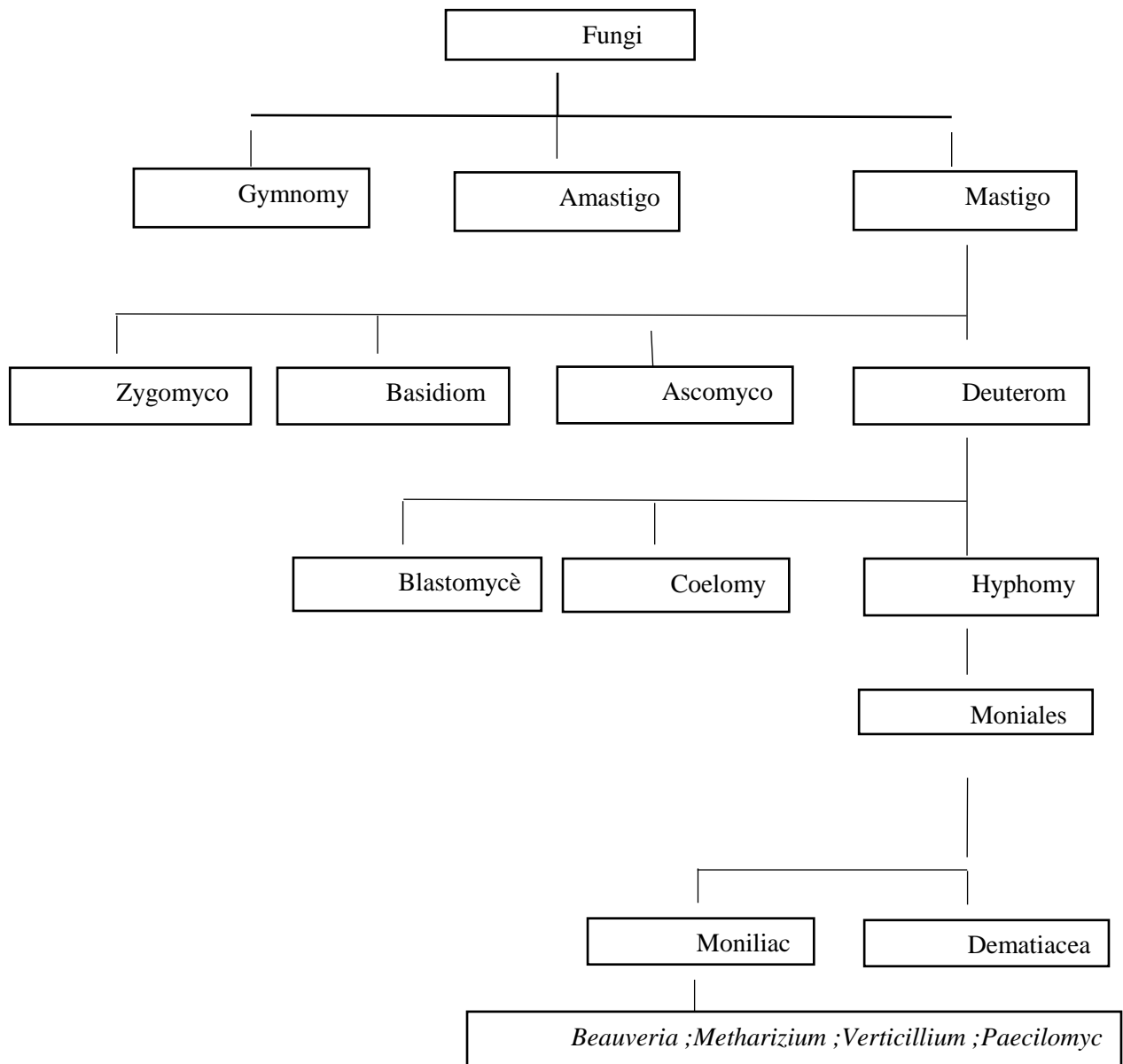


Figure 1 : Classification des champignons (selon BOTTON et al.,1990)

Les champignons imparfaits génèrent d'innombrables spores qui sont disséminées de manières passives. L'infection se fait à travers le tégument après développement du mycélium. La mort de l'insecte intervient en quelques jours ou quelques semaines selon la taille de l'hôte. Ce dernier se recouvre alors d'un duvet mycélien qui présente une couleur variable selon l'espèce.

Chez le genre *Beauveria*, le corps se recouvre d'un mycélium blanc prénommé Muscardine. Au sein de ce genre, on trouve des espèces extrêmement fréquentes comme *B. bassiana*

Revue bibliographique

infectant de nombreuses espèces de Lépidoptères (tordeuses et pyrales), de Coléoptères (hannetons, doryphores, otiorhynques) ainsi que de nombreuses espèces de Diptères. D'autres comme *B. brongniartii* sont, au contraire, spécialisés dans les Coléoptères *Melolonthidae* (hannetons).

Le genre *Metarhizium* se développe, selon les souches, sur différentes familles de larves d'insectes (*hannetons, taupins, Phoma* etc ...). A son complet développement, le mycélium prend une couleur verdâtre, on parle également de 'muscardine verte.'

Les genres *Lecanicillium* et *Verticilium* se retrouvent fréquemment sur les populations d'Hémiptères tels que les pucerons et aleurodes. Outre ces genres très connus et commercialisés en tant que biocontrôle, on trouve d'autres genres limitant les populations de ravageurs : *Paecilomyces, Isaria, Aspergillus, Tilachlidium, Tolypocladium*, etc...

3. Les facteurs qui influencent la croissance des champignons entomopathogènes :

Le potentiel infectieux des champignons entomopathogènes comme agent de lutte biologique dépend de leur propriétés physiologiques de la population de l'hôte et des conditions des milieux (Ferron *et al.*, 1991).

3.1. Les facteurs de l'environnement :

L'efficacité des champignons contre les insectes est souvent influencée par des conditions environnementales.

3.1.1. La lumière :

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'*Ostrinia nubilalis* (ravageur de maïs) par des isolats de *B. bassiana* en interfèrent avec leur propriétés physiologiques (Cagani et Svercel, 2001).

La lumière de 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 de champignons (MC Coy *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, 1989), de plus ; afin d'assurer une protection contre ces rayons ; les Coelomycètes tels que le genre *Aschersonia*, produisent des cellules conidiogènes dans des pycnides fortement pigmentés (MC Coy *et al.*, 1990).

Revue bibliographique

3.1.2. La température :

La température est un autre facteur important qui peut affecter le taux de germination ; la croissance ; la sporulation et la survie des hyphomycètes entomopathogènes .Hastuti et ses collaborateurs (1999) ont démontré que 100 % des larves de *Paropsischarybdis* (*Coleoptera chrysomelidae*) sont tuées par *Beauveria 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.

La température optimale qui assure la survie d'un champignon diffère selon les taxons .Ainsi ; les spores des entomophthorales semblent être plus sensibles que les spores de la plupart des deutéromycètes.

Généralement les températures dessus de 35°C empêchent la croissance et le développement des mycètes entomopathogènes, les conidies de *B.bassiana* ne peuvent pas survivre plus que 15 minutes à 40°C (MC Coy ,1990).

3.1.3. L'humidité relative :

L'humidité environnementale est un paramètre important pour la germination des conidies dans la nature ; elle affecte aussi la persistance et la survie des champignons entomopathogènes.

La pluparts de ces champignons exigent au moins 95% de l'humidité relative à la surface de l'insecte afin de germer (Hallsworth et Magan, 1999).

Un certain nombre d'études indiquent que les conditions sèches juste après l'application des champignons entomopathogènes sont moins pathogènes.

L'humidité relativement élevée dans les endroits abrités fournit un microenvironnement favorable pour le développement des spores.

3.2.Facteurs lié à 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).

Revue bibliographique

La virulence et la spécificité de l'hôte sont deux éléments essentiels dans le choix d'un bon candidat à la lutte biologique, à une échelle industrielle les épreuves biologiques standardisées de laboratoire sont essentielles afin de vérifier le potentiel insecticide des préparations produites et de suivre leur stabilité de conservation (**Braga et al., 2001**).

4. mode d'action

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 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. la cuticule de l'insecte est une barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration des champignons (**Clarkson et Charnby, 1996**).

Le champignon infecte l'insecte par contact et n'a pas besoin d'être ingéré par son hôte pour causer l'infection.

En général ; le processus d'infection des champignons est divisé en quatre phases distinctes soit les phases d'adhésion, de germination, de différenciation et de pénétration mis en évidence par microscopie électrique.

4.1. La phase d'adhésion :

Constitue la première étape du processus d'infection, elle se déclenche par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des conidies avec le tégument de l'insecte qui contient des récepteurs de nature glycoprotéique spécifique pour une espèce fongique qui doit effectuer (**Tannada et Kaya, 1993 ; Vey et al., 1982**).

Ce phénomène peut être déclenché par des toxines des polysaccharides fongiques extracellulaires ; des lectines et des enzymes extracellulaires (**Boucias et Pendland, 1991**). Aussi produite les chitinases qui sont capables de dégrader la cuticule des insectes ravageurs (**Luis Vicent et Toni, 1999**).

La réussite de l'infection dépend, entre autre ; de la quantité de l'inoculum ; des conditions climatiques et de la densité de l'hôte (**ST Léger et Frank, 1992**).

4.2. La phase de germination :

Le champignons se multiplie rapidement par bourgeonnement ou scission des hyphes ce qui produit des cellules de type levure (**Butt, 1990**) ; disséminées dans tout le corps de l'insecte (**Greathead et al., 1994**) .

Cette phase dépend de conditions environnementales et également de la physiologie de l'hôte (composition biochimique de la cuticule) qui peut favoriser ou inhiber la germination (**Smith et Grula, 1982**).

4.3. La phase de différenciation :

C'est une phase importante dans le processus d'infection ; au cours de cette phase ; la spore germée produit une structure appressoriale qui sert de point d'ancrage et de ramollissement de la cuticule ce qui a pour effet de favoriser la pénétration de la spore.

La production des appressorias est dépendante de la valeur nutritive de la cuticule de l'hôte (**Magalhaes et al ., 1989**).

4.4. La phase de pénétration :

Elle consiste à la pénétration des microchampignons dans l'hôte à travers des orifices naturels ; la cuticule ou par ingestion. En général la cuticule de l'insecte est une barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration des champignons.

L'épicuticule contient une protéine stable au phénol et est couverte d'une couche cireuse contenant des acides gras ; des lipides et des stérols (**Anderson ,1979 ; Oudard ,1999**).

La procuticule contient de nombreuses fibrilles de chitine enfouies dans une matrice protéique, celle-ci peut représenter jusqu'à 70% du poids sec de la cuticule il n'est pas surprenant ; vu la complexité de la cuticule que les champignons entomopathogènes aient besoin d'une série d'enzymes hydrolytiques pour assurer la pénétration cuticulaire et fournis la nourriture nécessaire à la croissance.

On connaît surtout la protéase ;cette enzyme a une forte activité sur la cuticule des insectes et est la prédominante produite pendant la formation de l'appressorium (**ST Léger et al.,1993**).Lorsque l'insecte morte , le champignons sécrète un antibiotique « L'oosporine » qui lui permet de surmonter la compétition des bactéries intestinales ; ils s'ensuit une momification du cadavre transformé en sclérote , phase nommé saprophyte (**Groden et al.,1977**).

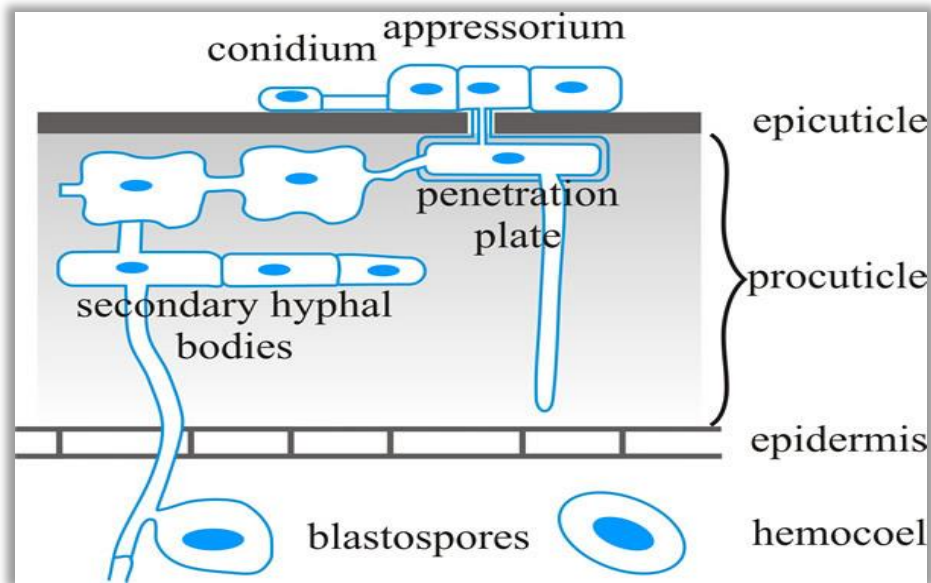


Figure 2: Mode de pénétration des champignons entomopathogènes dans la cuticule des insectes (Clarkson et Charmley,1996)

5. Les métabolites bioactifs des champignons entomopathogènes :

La plupart des microorganismes produisent des composés bioactif appelés métabolites secondaires (Demain et al.,1983); elle peut tout produit à activités antibiotiques, pharmaceutique et toxiques (Mycotoxines) (Jae-Hyuk et Keller,2005).

5.1. Les toxines :

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. Le terme « mycotoxine » est apparu pour la première fois pour décrire les toxines impliquées dans une maladie, inconnue à l'époque, qui a tué près de 100 000 volailles en Angleterre au début des années 1960 (Blout, 1961). Rapidement, ce terme a été adopté pour désigner l'ensemble des toxines sécrétées par les champignons.

Chez certains champignons entomopathogènes il y a une production des mycotoxines, les toxines sont souvent supposées être des armes biologiques soit pour la défense des microorganismes, soit pour l'attaque de l'hôte. On distingue deux types de toxines :

- Les endotoxines qui sont des toxines produits à l'intérieur de la cellule
- Les exotoxines qui sont des toxines sécrétées dans le milieu de culture par les cellules durant la phase active de leur croissance (Bourges et Jussey,1971).

Plusieurs mycotoxines ont été identifiées et/ou isolées de filtrats de culture ou de mycélium de : *Beauveria, Metarhizium, Fusarium, Aspergillus, Isaria et Entomophthora* (Ignoffo,1988).

Parmi les mycotoxines déjà identifiées on distingue :

5.1.1. Les destruxines:

Dans la gamme des champignons entomopathogènes on a retrouvé le deutéromycète "*Metarhizium anisopliae* ", ce dernier produit des toxines appelées destruxines qui sont des cyclodepséptides composés d'un squelette de cinq acides aminés et d'un D- α hydroxyde acide (Robert,1981). Il est généralement accepté que ces toxines jouent un rôle important dans le déroulement de la pathogène du champignon, pouvant même causer la mort de l'hôte (Robert,1981, Vey *et al.*,1987).

elle produit plusieurs composés toxiques tels que : la prodestruxine, les destruxines A,B,C,D et la desmethyldestruxine B (Mohamed et Nelson,1985), elle s'attaque au coléoptères, lépidoptères et Hémiptères (Ignoffo,1988).

De plus les destruxines possèdent une bonne toxicité sur une large spectre d'insectes cibles (Furges et Robert,1986) et semblent pouvoir être une alternative valable aux insecticides chimiques (Robert,1981).

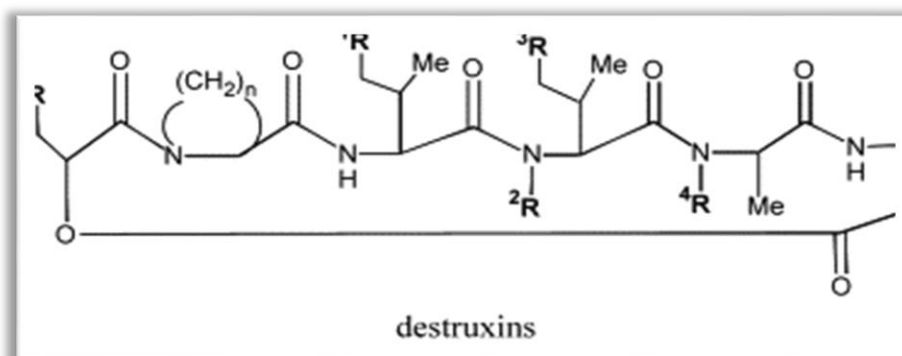


Figure 3 : la structure chimique des destruxines (Pais *et al.*, 1981)

5.1.2. La cordycépine :

Produite principalement par *Cordyceps militaris*, et même produits par plusieurs espèces de *Cordyceps* qui ont été trouvés sur des espèces de diptères, coléoptères et lépidoptères (Ignoffo,1988).

5.1.3. Les aflatoxines :

Ce sont des toxines produites par *A.flavus*, *A.parasiticus* ; on distingue les aflatoxines B1, B2, G1 et G2. *A.flavus* est un organisme ubiquiste qui constitue un contaminant d'aliments et de produit des aflatoxines (Wraight,1982).

D'autre part, ces substances constituent pour les vertébrés des cancérigènes hypatiques (Vey, 1970). Un mélange d'aflatoxines provoque une réduction de fertilité chez les moustiques (*Aedes aegypti*) (Wraight et al., 1982).

Chez les lépidoptères, les coeloptères les aflatoxines administrées à fortes doses provoquent une paralysie et des cas de mortalités rapides (Vey, 1970).

5.2. Les enzymes :

Plusieurs enzymes de champignons peuvent être d'intérêt considérable dans la pathologie des insectes. En effet :

5.2.1. Les lipases :

Une enzyme lipolytique a été purifiée à partir de *Metarhizium anisopliae*. L'épicuticule, la couche externe de la cuticule de l'insecte, est de nature hydrophobe et agit comme la première barrière contre les attaques microbiennes. Un mélange hétérogène de lipides, d'esters et d'acides gras est le principal constituant de la cuticule des insectes. Les lipases sont responsables de l'hydrolyse des liaisons ester des lipoprotéines, des graisses et des cires présentes à l'intérieur du tégument de l'insecte.

Divers types d'insectes ont été largement contrôlés par les lipases extracellulaires produites par *M. anisopliae*.

5.2.2. Les protéases :

enzymes qui sont considérées comme les plus importantes dans le processus infectieux (Kaur, G., 2009).

Lorsque l'épicuticule se décompose par les lipases le champignon produit de grandes quantités de protéase Pr1, qui dégrade le matériel protéique.

Les protéines solubilisées sont dégradées par les aminopeptidases et les exopeptidases jusqu'en acides aminés ; servant de nutriments aux champignons entomopathogènes (ST. Leger, 1994).

Les activités de Pr1 et Pr2 ont été déterminées en *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *C. militaris* et *Verticellium lecanii*. Ces protéases sont sécrétées pendant la première étape de dégradation de la cuticule et elles stimulent le signal lors du mécanisme de transduction en activant la protéine kinase A (PKA) médiée par Ampc (Gang, 2009).

Les enzymes protéolytiques les plus étudiées sont : **subtilisin-like sérine protéase Pr1** et **trypsin-like protéase Pr2** (Vey, 1989).

Les deux protéases sont exprimées au cours de la première étape de l'infection, qui commence lorsque les conidies contactent la cuticule des insectes (**ST Leger,1986**) Pr1 est une enzyme qui adsorbe sur la cuticule via des liaisons électrostatiques non spécifiques à travers des groupes chargés positivement (**STLeger RJ,1996**), capable de dégrader les cuticules. L'autre protéase importante est Pr2, une sérine protéase avec une spécificité pour les résidus basiques.

Cette enzyme clive préférentiellement du côté carboxyle de acides aminés chargés positivement (**STLeger RJ,1996**) et présentant moins capacité à dégrader les cuticules des insectes. Ce fait fait de Pr1 le enzyme la plus active; cependant, les deux protéases peuvent fonctionner en synergie dans la dégradation de la cuticule (**Chernley,1998**).

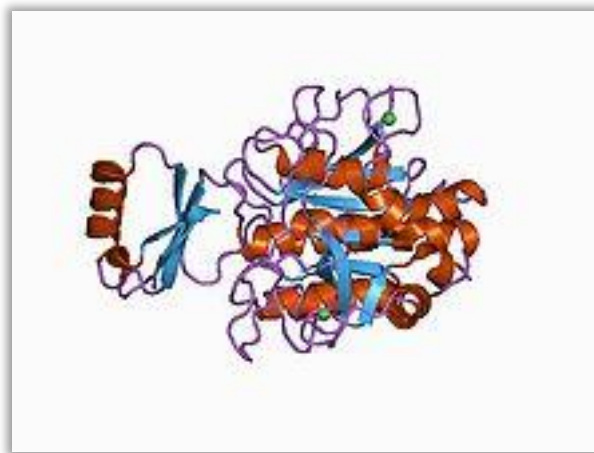


Figure 4 : la structure tridimensionnelle des protéases (Rao et al., 1998)

5.2.3. Les chitinases :

qui sont largement distribuées dans les plantes, les bactéries, les champignons, les insectes et les vertébrés (**Huang,2005**)

Ils agissent en synergie avec les protéases afin de dégrader la cuticule de l'insecte (**ST.Leger,1991**) et sont associés aux différents stades des champignons entomopathogènes par exemple la germination, la croissance des hyphes, la nutrition et la défense contre les concurrents (**Adams,2004**).

L'infection de la cuticule [une quantité considérable d'amylase à partir d'*Aspergillus flavus* (**Bourges et Jussey, 1971**).

Revue bibliographique

Tous ces enzymes semblent être toxiques pour les insectes et endommagent avec une grande vitesse et spécifiquement quelques fonctions physiologiques par l'hydrolyse de certaines protéines (**Bourges et Hussey, 1971**).

En plus de ces enzymes on distingue la présence des toxines protéiques, pigments nécessaire pour la formation des spores sexuelles et asexuelles (mélanine) et des acides (**Vey, 1989**).

Chapitre 3: La lutte microbiologique

1. La lutte microbiologique :

La lutte microbiologique, c'est l'utilisation de micro-organismes et virus contre d'autres micro-organismes, mais aussi contre des nématodes, des insectes, des plantes adventices ou invasives. Moins connue du public, elle apparaît avec le développement de la microbiologie et de la pathologie végétale à la fin du 19^{ème} siècle. L'idée que des microorganismes pathogènes d'insectes, produisant des maladies chez les ravageurs, puissent être utilisés pour les contrôler fut proposée par Le Conte (1872) aux Etats-Unis et Pasteur (1874) en France, rejoints en cela par Metchnikov, Krassil'schik, Paillot et d'Hérelle, que l'on compte au nombre des précurseurs de cette forme de lutte. Il faudra cependant attendre le milieu du 20^{ème} siècle et les développements technologiques de moyens de production de ces micro-organismes pour en voir les premiers succès avec les premières productions commerciales de micro-organismes pathogène d'une grande variété d'insectes.

La lutte biologique, précisément par l'utilisation de micro-organismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire 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.

Elle a pour objectifs de ramener une population ciblée à un niveau "acceptable" En utilisant des micro-organismes mais aussi de macro-organismes Ou encore des toxines produites par des micro-organismes. C'est au 19^{ème} siècle que les premières introductions de prédateurs de moustiques ont eu lieu.

Parmi ces prédateurs; citons les libellules et les poissons mangeurs de larves de moustiques (*Gambusia affinis*) (**Si banda et al., 2013**)

Malheureusement ; avec l'apparition des insecticides de synthèse en 1940, la lutte biologique contre les moustiques n'a eu lieu qu'à partir des années 1960

Lors de la prise de conscience des dommages écologiques que pouvaient engendrer les insecticides de synthèse (**Becker et al., 2010**)

Le contrôle des ravageurs par l'utilisation d'autres organismes vivants, ennemis naturels est nommé lutte biologique, l'introduction d'un ennemi naturel d'origine exotique pour lutter contre un ravageur, généralement exotique lui aussi, visant un contrôle permanent du ravageur c'est la lutte biologique classique ou par introduction, la lutte biologique par augmentation consiste à augmenter

de la densité d'ennemis naturels par lâchers réguliers. Les lâchers peuvent être soit inoculatifs (inoculation en début de saison d'un petit nombre d'individus qui vont se reproduire),

soit inondatifs (lâchers massifs pour contrôle unique et immédiat, la Lutte biologique par conservation est une méthode favorisant l'action des ennemis naturels déjà présents dans le Système, ce contrôle utilisé principalement des insectes, bactéries, nématodes et champignons (**Cloutier, 1992**).

2. L'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique :

Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique ; plus de 700 espèces de micro champignons sont entomopathogènes (**Sternes et al., 1993**) et jouent un rôle important dans la régulation naturelles des populations d'insectes (**Wraight et Robert, 1987**).

Le plus grand nombre de pathogènes se trouvent dans la classe de Zygomycètes, mais le plus utilisés en lutte biologique provient des Deuteromycètes (Fungi Imperfecti) (**Goettel, 1992**).

Ils ont un intérêt agronomique considérable dans la lutte biologique contre les ravageurs de culture et sont donc l'objet d'études de plus en plus poussés ; les champignons entomopathogènes sont des agents de lutte très intéressants du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact pendant tous les stades : oeufs, larves, adulte (**Carruthers et Super, 1987**).

Ils peuvent être produits en masse à moindre coût et peuvent être appliqués avec les méthodes conventionnelles (**Khachatourians, 1987**).

3. Les champignons entomopathogènes les plus utilisés :

3.1. *Metarhizium anisopliae* :

D'après (Metchnikoff) Sorokin ; depuis les observations originales de Johnson (1915), confirmées par Veen (1968), une forme majoritaire (dimension des conidies $7-16 \times 2,5-3 \mu\text{m}$) ainsi qu'une forme minoritaire encore dite "anisopliae" ($3-5 \times 2-3 \mu\text{m}$)

Gams et Rozsypal (1973) ont décrit une nouvelle espèce *Metarhizium flavoviride* caractérisée par la teinte vert-jaune de sa spore typiquement verte foncée chez *Metarhizium anisopliae* et par la morphologie de ses conidies de forme grossièrement ellipsoïde et de taille intermédiaire ($7-9 \times 4, 5-5, 5 \mu\text{m}$).

Metarhizium Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) est un genre de champignons ascomycètes, distribué dans le monde entier et reconnu comme un agent de lutte biologique contre les insectes (**Goettel, Eilenberg, & Glare, 2005**).

Revue bibliographique

Les conidiophores sont ramifiés mais sont parfois simples chez certaines espèces, avec des sommets de branches portant une à plusieurs phialides qui peuvent être tronquées ou allongées. Les conidies peuvent être hyalines, lilas, brunes ou vertes et former des chaînes (Kepler *et al.*, 2014). Ces structures varient en forme (cylindrique, globuleuse, ellipsoïdale) et en taille (à partir de 4,0 - 14,5 × 2,0 - 5,0 µm). *M. majus* est l'espèce avec les plus grandes conidies (8,5 - 14,5 × 2,5 - 2,0 µm) et *M. acridum* est l'espèce avec les plus petites conidies (4,0 - 5,5 × 2,0 - 3,0 µm) (Bischoff *et al.*, 2009 ; Driver *et al.*, 2000). Les conidies sont généralement les seules caractéristiques morphologiques distinctives au sein de ce genre, mais la morphologie des conidies est indiscernable entre les espèces étroitement apparentées, telles que *M. anisopliae* (Figure 2), *M. brunneum*, *M. pingshaense* et *M. robertsii*.

C'est un champignon entomopathogène essentiel, cette sous espèce a été décrite pour la première fois en 1879 par Metchnikoff (Tu Loch, 1976) dans les conditions naturelles, le *Metarhizium* se trouve dans le sol où les conditions humides permettent une croissance filamenteuse et la production de spores infectieuses (conidies) qui infectent les insectes vivants dans le sol au contact (Driver *et al.*, 2000).

Cette champignon est devenu le Pierre angulaire de plusieurs programmes de lutte intégrées ; notamment dans les secteurs agricoles où la présence de résidus de pesticides dans les aliments constituent une source de préoccupation majeure. *M. anisopliae* est inoffensif pour la santé humaine, en plus d'être sans danger pour l'environnement. (Faria *et al.*, 2001).

Plusieurs facteurs favorisent une plus grande utilisation de *M. anisopliae*, en particulier l'augmentation des coûts sociaux résultants de l'utilisation massifs des pesticides chimiques et de la production des nouveaux insecticides chimiques.

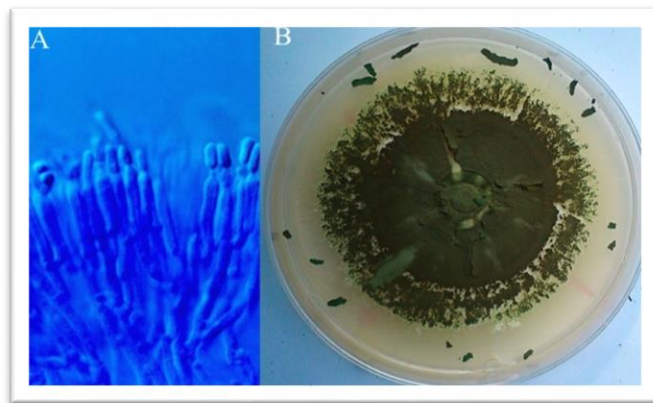


Figure 5 : Observation du genre *metarhizium anisopliae* A) *M. anisopliae* sous un microscope optique (G×100) B) culture de *M. anisopliae* sur un milieu PDA.

3.2. *Verticillium lecanii* :

Le genre *Verticillium* possède des conidiophores strictement verticillés à des phialides allongées, et peuvent porter des pénicilles tout à fait semblables avec les phialides longues et verticillés.

Verticillium lecanii possède une thalle à croissanclente ; floconneux ,blanc à jaunest pâle, revers incolore ; jaune foncé, phialides isolées ou en verticilles ,pointure de $12-40 \times 1-3 \mu\text{m}$, conidies elliptiques à cylindriques de $2,5-10 \mu\text{m}$ de long et $1-1,25 \mu\text{m}$ de large. Pas de chlamydospores (Button *et al*, 1990).

Verticillium lecanii produisent des spores couvertes d'une substance visqueux, cylindrique avec des apex ronds et rassemblées en petits amas, germent sur les insectes et les mycètes (hyphes) (Greathead *et al.*, 1994).

La capacité de germination des spores pourraient être influencé par plusieurs facteurs tels que l'âge de spores, la température et l'humidité relative, dans la plupart d'expériences ; les propriétés des souches fortement pathogènes et virulence et sont des souches qui possèdent un taux de germination rapide (Drummond, 1987).

Beaucoup d'études ont rapporté que la température optimale pour la croissance du champignons est de 25°c alors que son ralentissement est enregistré de 4°c et l'inhibition entre $4-7^{\circ}\text{c}$.

Le meilleur développement de ce champignon est obtenu à Ph neutre, et l'inhibition de certains souches est remarqué à Ph= 3 .

Revue bibliographique

La germination des conidies étaient après 3 jours d'incubation pour toutes les souches (**Luis Vicente, 1999**).

Le *Verticillium lecanii* est omniprésent distribué dans les sols (**Hall, 1981**). En outre on le connaît qu'il a une large gamme d'hôte (par exemple on distingue les insectes, les mycètes phytopathogènes et les parasites des plantes) (**Shinya, 2008**).

Il est un champignon commun qui peut affecter les arthropodes ; entre autre ce champignon a été décrite pour la première fois sur les mouches blanches en 1915 et sur des acarides et des nématodes et aussi trouvé comme saprophytes, qu'est un organisme vivant dans un matière organique mort.

C'est le seul Hyphomycète qui cause régulièrement la mortalité des aphides dans les conditions normales (**Milner, 1997**).

Srivastava et al (1985) estiment que *Verticillium lecanii* utilisé pour la lutte biologique contre les pucerons sur chrysanthèmes de serre, il est actif sur *Puccinia horiana* aussi. Certains cultivars de chrysanthèmes sont résistants et la sélection pour la résistance continue (**Redemaker et Jong, 1985,1987**).



Figure 6 : Développement du champignon entomopathogène *Verticillium lecanii* sur les ravageurs hôtes des pucerons(Silvy et

3.3. *Beauveria bassiana* :

Revue bibliographique

C'est un microchampignon pathogène pour de nombreux insectes, sa pathogénicité a été démontrée pour la première fois par Agostino Bassi de Lodi (1835), le précurseur des études des maladies infectieuses en démontrant pour la première fois qu'un micro-organisme peut être responsable de maladie infectieuse chez l'animal.

Beauveria sp. a été décrit par la suite par Jean Beauveria en 1911, le genre a été établi par Vuillemin et fut classé dans l'ordre des Hyphomycètes.

Les espèces de *Beauveria* produisent les colonies cotonneuses blanches à jaunâtre, les conidies (spores) sont soutenues par de longs filaments qui sont des hyphes transparents et septaux avec un diamètre de 2,5 – 25 µm, en présence d'air le champignon produit des conidiospores de forme sphérique ou ovale mais en milieu anaérobie, il produit des blastospores de forme ovale (Weiser, 1972, Lipa, 1975).

Par multiplication végétative, initialement solitaires ou disposée en petits bouquets de 2-5 éléments le long des filaments végétatifs ou sur courtes ramifications. Les cellules conidiogènes apparaissent très rapidement agrégées en bouquets denses ; ces cellules à croissance sympodiale présentent une partie basale légèrement dilatée de 3-6 µm de long sur 2,5-3, 5 µm de large.

L'aspect est plus ou moins géciculé, les conidies unicellulaire sont hyalins et lisses, globuleuses à sub-globuleuses ; elles mesurent 2-3 µm de long sur 2-2, 5 µm de large.

Le champignon *Beauveria bassiana* infecté l'insecte par contact et n'a pas besoin d'être ingérée par son hôte pour causer l'infection (Boucias et Pandland, 1991).

Lorsque l'insecte meurt, le champignon secrète un antibiotique, l'oosporine qui lui permet de surmonter la compétition des bactéries. Il s'ensuit une momification du cadavre transformé en sclérote, phase nommée saprophyte (ST.Leger et al., 1993).

Contrairement aux insecticides chimiques qui tuent rapidement les insectes, la plupart des mycètes entomopathogènes mettent quelques jours avant de tuer leur hôte.



Figure 7 : Charançon muscardine infecté par *B. bassiana* dans un champ de riz. (Noémie,2010)

3.3. *Isaria fumosoroseus*:

Isaria fumosorosea, un champignon entomopathogène bien connu, est distribué dans le monde entier. Il était auparavant connu sous le nom de *Paecilomyces fumosoroseus*, cependant, maintenant il a été transféré au genre *Isaria* (Zimmermann, 2008). En raison de sa large gamme d'hôtes, il est devenu

un agent de lutte biologique prometteur et son potentiel en tant qu'agent de lutte biologique, autre que l'immunité, a été testé pour lutter contre divers insectes ravageurs, y compris *Diaphorina citri* (Avery et coll., 2011), *Bemisia tabaci* (Huang et coll.,2010), *Trialeurodes vaporariorum* (Gökçe et Er, 2005), et *P. xylostella* (Huang et coll., 2010).

Les champignons entomopathogènes, *Isaria farinosa* et *Isaria fumosorosea*, étaient connus depuis plus de 30 ans sous les noms de *Paecilomyces farinosus* et *Paecilomyces fumosoroseus*. Les deux champignons ont une distribution mondiale et une gamme d'hôtes relativement large. Alors que *I. farinosa* est actuellement d'une importance mineure dans la recherche et en tant qu'agent de lutte biologique, *I. fumosorosea* est considéré comme un complexe d'espèces et diverses souches sont utilisées avec succès pour la lutte biologique contre plusieurs insectes ravageurs, principalement les aleurodes (Tsea , 2000).

Elle est caractérisée par des conidiophores érigés isolément ou en groupes appartient de la famille ds phialosporés, se distinguant par leurs cellules conidiogènes en forme de bouteille (phialides) produisant des spores en chaîne à leur extrémités, ces spores ont une forme ovoïde, une longueur de 3 à 4 μm ,un diamètre de 1 à 2 μm .

Ces champignons ont un développement très dépendant des conditions climatiques (température, rayonnement) et sont caractérisés par un grand potentiel adaptatif (Ferron et al., 1991).

Revue bibliographique

Parmi ces champignons entomopathogènes, *I. fumosorosea* est considérée comme l'une des espèces de champignons prometteuses à utiliser comme lutte biologique contre les insectes ravageurs et divers mycopesticides à base de *I. fumosorosea* ont été développés dans le monde entier (Zimmermann, 2008).

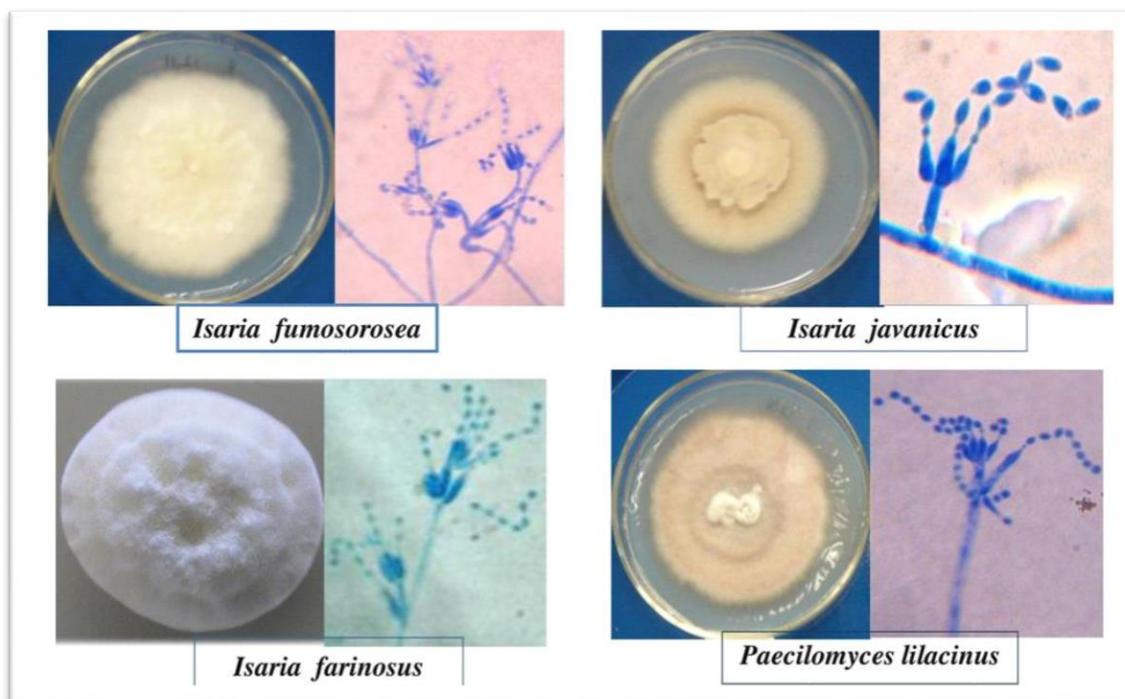


Figure 8 : Observations macroscopiques et microscopiques des différentes espèces du genre *Isaria* (Michalaki et al.,2007)

Les champignons entomophthorales appartiennent au phylum de *zygomycota* et de la classe des zygomycètes qui est constitué de plusieurs espèces zoopathologique et en raison de leur haute capacité pour l'utilisation dans le contrôle biologique des ravageurs dans l'agriculture. Ces champignons se trouvent partout, principalement dans les habitats terrestres à l'exception des nombres de genres *Ancyliste* qui se trouvent dans les eaux.(Balade, 1993).

Les conidies des entomophthorales sont relativement de plus grand taille avec une couche de mucus sur leur surface et ils germent rapidement un nombre relativement faible des conidies est produit par cadavre d'insectes infectées (Pelle et al., 2001)

L'ordre des entomophthorales se reproduit d'une manière asexuée par des spores asexuée ou d'une manière sexuée par Union de filaments sexuels dans les extrémités qui dilatées fusionnent pour former une zoospores pluricellulaires (Chabasse et al., 2002).

Revue bibliographique

Ils causent principalement des épizooties chez les insectes foliaires et les acariens (Pelle et al., 2001) par exemple ; les espèces *Erynia neophidis* et *Conidiobolus corlratus* causent la mortalité de 70% de nymphes et des adultes de *Pemphigus pense*.

Les champignons inférieurs ou *Entomophtorales* qui contaminent les insectes ne présentent pratiquement aucun signe de leur présence sur la cuticule de l'hôte. Toutefois, on retrouve régulièrement leurs hôtes la tête en bas à proximité du sommet des plantes ou sur toute la partie exposée. Cette stratégie développée par le champignon lui permet de disséminer plus facilement les spores émises activement par ses conidies.

Selon la saison et la taille de l'hôte, le cycle dure de 3 à 7 jours avec de nouvelles sporulations en l'espace de 3 à 12 heures. Grâce à cette rapidité, ces champignons peuvent contribuer à réguler en quelques jours une population de ravageurs. Les champignons hivernent sous forme de spores de conservation ou de fragment d'hyphes dans les insectes contaminés. Les *Entomophtorales* sont souvent très spécialisées d'un hôte (*Erynia athalia* avec la tenthrède de la rave ; *Erynia neophidis* avec le puceron vert du pois, *Zoophtora elateriphaga* avec le taupin adulte et *Entomophthora schizophora* avec la mouche des semis.

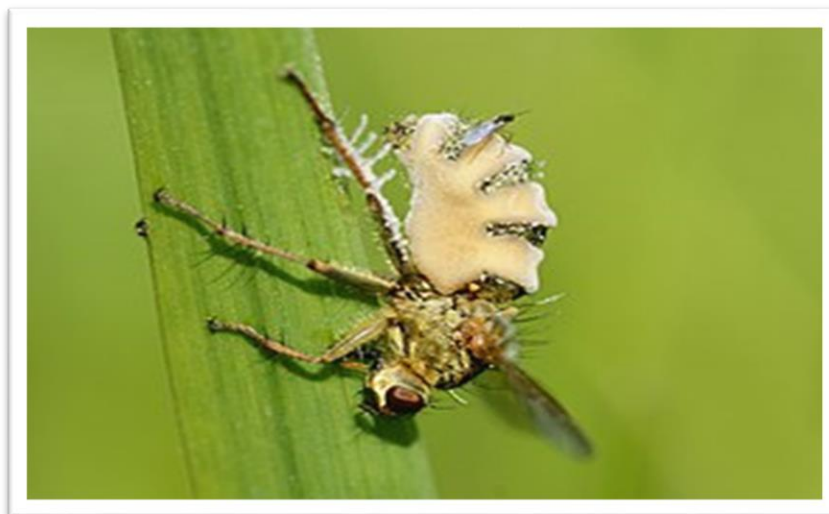


Figure 9 : développement de Entomophthora muscae sur la Scathophaga scercoraria (Hajek et al., 1995)

MATERIELS ET

METHODES

1. Populations d'aleurodes et de pucerons:

La mouche blanche a été élevée sur des semis de tomates en pot selon la méthode décrite par **Borisade (2015)**.

Des adultes d'aleurodes ont été relâchés dans ces plantes 14 jours après la transplantation, les plantes de tomates en pot étaient recouvertes de moustiquaire (maillage=0,0322*0,0105) pour empêcher les insectes de traverser les pots.

Les plantes ont été maintenues dans des conditions de laboratoire de 24 +/- 2 °c ; 55+-3% d'humidité relative et de photopériode de 16:8 (lumière : obscurité). "la photopériode et la ponte ont été observés de façon continue" (**Salih et al.,2006**)

Myzus persicae (*sulser*) communément appelé pucerons vert du pêcher ; a été prélevé sur des feuilles de chou en serre à l'Académie chinoise des sciences agricoles, à Beijing en Chine et a été déplacé vers des plantes de haricots déjà mis en pots sous de moustiquaire maintenues à 24° c , 45_60% d'RH et 16:8 (lumière : obscurité) photopériode en laboratoire (**Khan et coller,2012**).

Les plantes ont été remplacées chaque semaine pour fournir une nutrition suffisante aux insectes d'élevage.

2. Isolats fongiques :

Trois isolats fongiques de *B.bassiana* et de *V.lecanii* présentés au tableau 1 ont été évaluées par rapport à l'aleurode et au pucerons. les isolats fongiques ont été maintenus dans des tubes inclinés à 4°c sur la gélose de dextrose de pomme de terre Agar (PDA) .

Les isolats ont été cultivés à 25°c pendant 14 jours et entreposés à 4°c .

2.1. Suspension conidiale:

Des suspensions conidiales des différents isolats de *B.bassiana* et de *V.lecanii* ont été préparées en récoltant des conidies à partir de plaques de cultures le 20 ème jour de culture en solution de Tween à 0.02% .

Les suspensions ont été vigoureusement agitées et filtrées à travers un linge de fromage stérile.

Matériels et méthodes

L'hemocytomètre a été utilisé pour compter les conidies en suspension au microscope et finalement ajusté à 108 conidies /ml.

La viabilité des conidies a été vérifiée selon la méthode décrite par **Hywell_Jones et Gillespie** (1990).

2.2. Filtrat fongique:

Les filtrats des isolats des deux champignons ont été préparés en suivant la méthode décrite par **Khan et Al.**,(2012).

Quatre millilitres des suspensions conidiales de tous les isolats ont été versés séparément dans 100ml de milieu liquide d'Adamek et incubés pendant trois jours dans un incubateur agitateur à 150 rpm pour la préparation de 1% de culture secondaire.

2,5ml de culture primaire ont été mélangés avec 250 ml de milieu liquide d'Adamek et incubés pendant 6 jours à 26° c dans un incubateur à agitation à 150 rpm .

La solution a été filtrée ; centrifugée à 10000 rpm à 4°c pendant une demi-heure et filtrée de nouveau à l'aide de Millipore corps de potes de 0,45µm.

3. Essai biologique de filtrat :

Chaque traitement consistait en deux plantes attaquées par des pucerons (70_ 90 pucerons par plante).

Les plantes ont été pulvérisées avec 3 ml de filtrat de chaque traitement, le contrôle a été pulvérisé uniquement par milieu.

Quatre feuilles ont été coupées de chaque traitement et placées dans des boîtes de pétri (une feuille dans une boîte de pétri), entreposées à 24°c et de 100% d'RH avec une photopériode de 16:8 a été maintenue.

La méthode de trempage des feuilles a été utilisée pour les aleurodes maintenant 20 aleurodes par boîte de pétri.

La concentration et la période d'incubation étaient les mêmes que pour les pucerons, la mortalité a été consignée quotidiennement pour tous les isolats fongiques .

4. Essai biologique des conidies :

La virulence des isolats fongiques contre les pucerons a été détectée après une douche conidiale sur des feuilles de chou placées dans des plaques de pétri et attaquées par pucerons (40_50 pucerons par feuille).

Les plaques ont été mises dans une boîte de pétri contenant 1% d'agar pour aider à la germination des conidies en maintenant 100% d'RH, la concentration des spores était maintenu à 150 à 200 spores par millilitre carré et le comptage a été effectué à travers les champs de bordereaux placés dans des plats de pétri.

Les mortalités d'aleurodes et de pucerons ont été observées après chaque 24 h pendant 6 jours continus.

Les pucerons et les aleurodes morts ont été recueillies dans des boîtes de pétri et conservés dans l'obscurité à 100% d'RH ; les individus ayant une croissance fongique sur leurs corps après plusieurs jours de stockage ont été considérés morts.

Les feuilles non traitées ont été utilisées pour lutter contre les pucerons et les boîtes de pétri non traités ont été considérés comme aleurodes, il y a eu 3 réplification pour tous les isolats.

5. Analyse des données :

Les données ont été analysées par analyse unidirectionnelle de variance (ANOVA) en utilisant un plan complètement randomisé, les données ont été analysées statistiquement à l'aide d'un logiciel statistique.

RESULTATS

Résultats

Les deux champignons entomopathogènes ont causés des mortalités des deux insectes nuisibles.

La mortalité causé par *B.bassian* (46,33%) était plus élevé que *V.lecanii* (41,47%), les mortalités causées par filtrage était significativement plus élevé que ceux des conidies des deux champignons.

Dans le cas d'aleurodes ; la mortalité causé par *B.bassiana* était beaucoup plus élevé que celui de *V.lecanii* .De même la mortalité par filtrage était significativement plus élevé que celle par conidies des deux champignons (**Fig 10**)

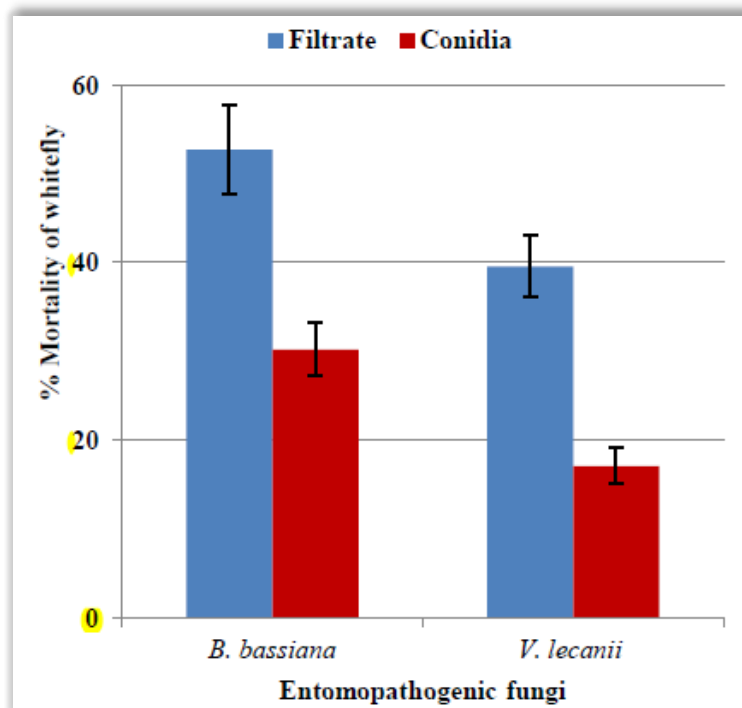


Figure 10 : l'effet des formulations des champignons entomopathogènes sur le pourcentage des mortalités des mouches blanches

D'autre part,dans le cas des pucerons la mortalité causé par *V.lecanii* était légèrement supérieur à celui de *B.bassiana* .

Similaire est le cas des formulations, la mortalité causé par les conidies était supérieur à celle du filtrat des deux champignons, mais la différence était non significatif.(**Fig 11**)

Résultats

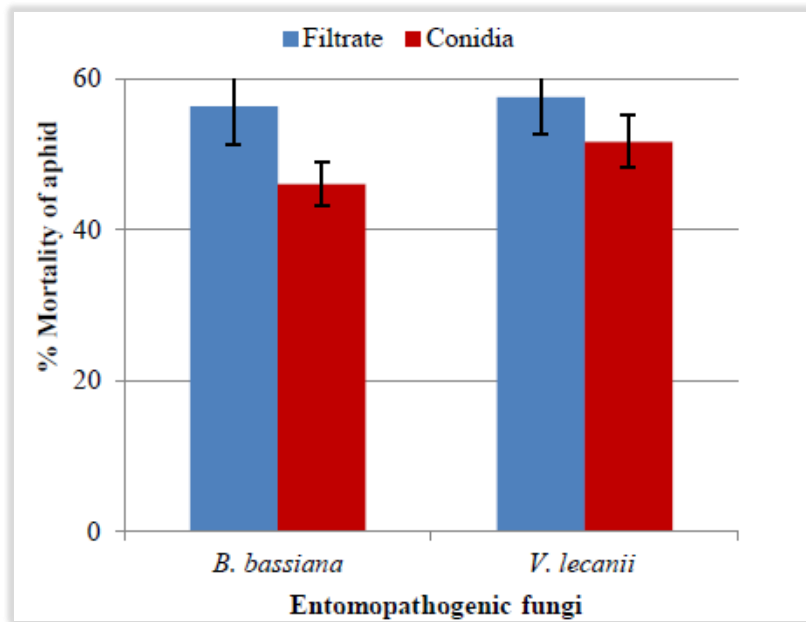


Figure 11 : l'effet des formulations des champignons entomopathogènes sur le pourcentage des mortalités des pucerons

En ce qui concerne les traitements, la mortalité maximale des mouches blanches a été obtenue avec le traitement de *B.bassiana* Bb01 suivie de *V.lecanii* VI01 et *B.bassiana* Bb02 lorsqu'ils sont appliqués comme filtrat.

Le traitement de *V.lecanii* V3 a causé la mortalité maximale suivie de *V.lecanii* V2 .

Les formulations de filtrat ont causés des mortalités plus élevées par rapport à l'application des conidies(**Fig.12**)

Résultats

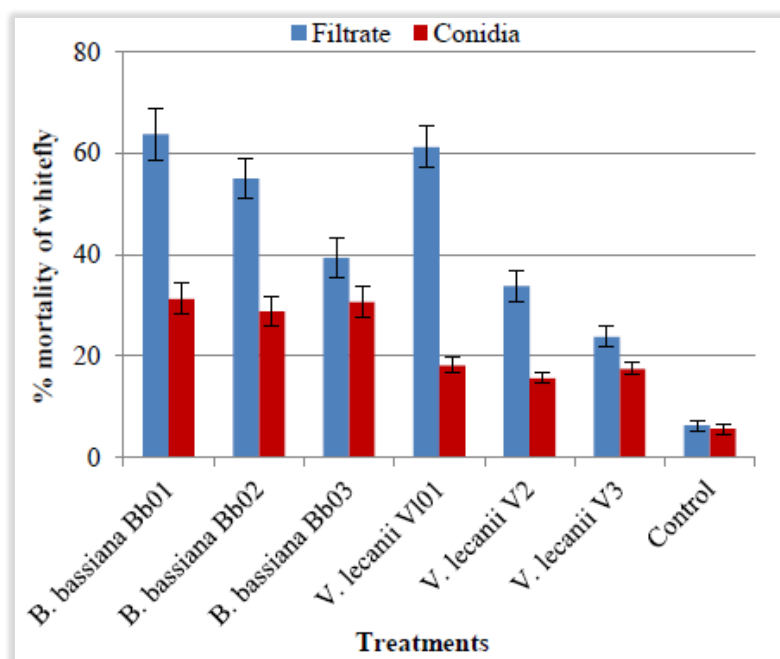


Figure 12 : l'effet des champignons entomopathogènes et leurs formulations sur le pourcentage des mortalités des mouches blanches (Aleurodes)

Les intervalles de temps ont également influé sur la mortalité de l'aleurode, la mortalité était significativement plus élevée après l'exposition aux 6 jours par rapport à 3 jours.

Les mortalités individuelles des mouches blanches aux deux intervalles à la fois sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 1: l'effet des champignons entomopathogènes sur le pourcentage des mortalités des mouches blanches

Treatment	% Mortality of aphid in			
	Filtrate after		Conidia after	
	3 days	6 days	3 days	6 days
<i>B. bassiana</i> Bb01	35.00b	75.25ab	27.50c	66.87ab
<i>B. bassiana</i> Bb02	37.50b	81.00ab	38.07b	55.81b
<i>B. bassiana</i> Bb03	40.55ab	68.88bc	28.57c	59.52b
<i>V. lecanii</i> V101	39.28b	72.02abc	47.39a	66.55ab
<i>V. lecanii</i> V2	50.00a	85.79a	22.96c	80.10a
<i>V. lecanii</i> V3	39.02b	59.14c	25.56c	67.61ab
Control	4.16c	10.41d	7.95d	8.33c

Résultats

Au contraire ; les traitements en cas de mortalité par pucerons ont été à l'égalité les uns avec les autres à quelques exceptions près.les mortalités des pucerons sont observés avec les traitements *V.lecanii* V2 suivie par *B.bassiana* Bb02.

Les traitements restants ont presque donné les mêmes mortalités. À quelques exceptions près ; aucune statistique des différences significatives ont été observés entre les mortalités avec les deux formulations comme indiqué sur la figure suivante :

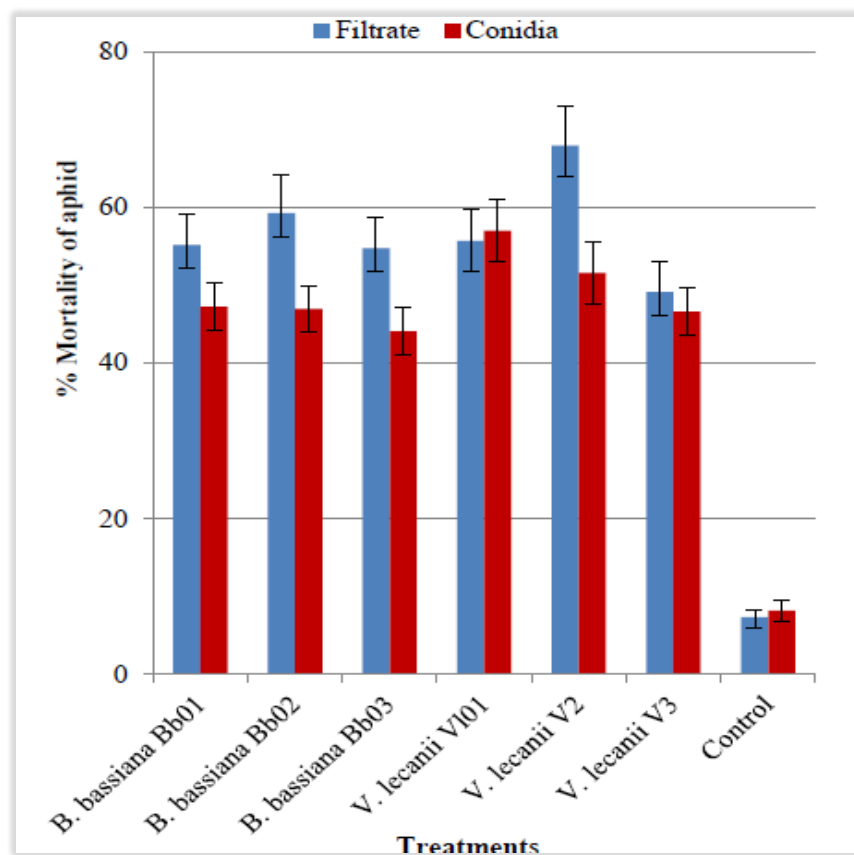


Figure 13 : effet des champignons entomopathogènes et leurs formulations sur le pourcentage des mortalités des pucerons

Les durées ont également étudié les effets significatifs sur la mortalité des pucerons ; après 6 jours les mortalités étaient significativement plus élevées que celles observées après 3 jours.

Les mortalités individuelles moyennes de pucerons obtenues après les deux intervalles sont indiquées dans le tableau suivant

Résultats

Tableau 2 : l'effet des champignons entomopathogènes sur le pourcentage des mortalités des pucerons

Treatment	% Mortality of aphid in			
	Filtrate after		Conidia after	
	3 days	6 days	3 days	6 days
<i>B. bassiana</i> Bb01	35.00b	75.25ab	27.50c	66.87ab
<i>B. bassiana</i> Bb02	37.50b	81.00ab	38.07b	55.81b
<i>B. bassiana</i> Bb03	40.55ab	68.88bc	28.57c	59.52b
<i>V. lecanii</i> V101	39.28b	72.02abc	47.39a	66.55ab
<i>V. lecanii</i> V2	50.00a	85.79a	22.96c	80.10a
<i>V. lecanii</i> V3	39.02b	59.14c	25.56c	67.61ab
Control	4.16c	10.41d	7.95d	8.33c

DISCUSSION

Discussion

Les champignons qui ont reçu le plus grande attention pour le contrôle d'aleurodes sont les deuteromycètes ; en raison de leur prévalence ; possibilité de production sur milieu artificiel, facilité d'application et durée de conservation relativement longue.

Les deuteromycètes prélevées sur des aleurode ou d'autres insectes comprennent : ***Lecanicillium (Verticellium) lecanii*** , ***Beauveria bassiana*** (Faria et Wraight,2001)

Les résultats de cette étude indiquent que l'application de ***B.bassiana*** et ***V.lecanii*** a été un moyen efficace pour lutter les pucerons et les aleurodes (spécialement les mouches blanches).

B.bassiana infecté naturellement une large variété d'insectes qu'ils soient ravageurs de cultures ou non .De ce fait ; la présence du champignon dans une large variété d'insectes lui assure une bonne dissémination car leur comportement et leur mobilité sont également très variés.

Robin Millet (2018) assure que ***B.bassiana*** est destiné à lutter contre les mouches blanches (***Bemisia tabaci***) , les aleurodes et même les pucerons dans les cultures de tomates.

Selon le traitement du filtrat ; nos résultats sont similaires à **Kim et al** (2010) qui ont observés réduction plus élevé dans le filtrat traité les pucerons et la réduction de la population de pucerons était plus élevé dans le traitement de filtrat à haute concentration et à haute dose.

L'efficacité maximale était due à la production de métabolites dans le filtrat de culture qui aide à dégrader la cuticule et déformer également l'hémocèle.

Par rapport au filtrat, les conidies ont besoin de plus de temps pour germer et se libérer les enzymes essentiels à la dégradation du corps de l'insecte.

Bateman et Alves (2000) et **Altre et Vandenberg** (2001) ont démontré que l'utilisation de l'application de filtrat pour le contrôle des insectes était le meilleur méthode et aussi efficace pour les insectes qui avaient un cycle de vie court parce que ces insectes ont plus de chances de se débarrasser des conidies de leur corps en muant car la germination des conidies a besoin d'un temps spécifiques, selon leur conclusion nos résultats ont été similaire à celui de filtrat avait plus de capacité à contrôler la population d'insectes .

Discussion

Khan et al (2012) ont démontré le potentiel de virulence des différents isolats entomopathogènes de deux champignons *V.lecanii* ; *B.bassiana* à la fois comme conidies et essai biologique du filtrat.

Les résultats aussi démontré que la concentration de conidies est directement proportionnelle au pourcentage de mortalités des insectes et la concentration maximale de conidies ont donné le maximum des mortalités

D'autre part ; **Wraight et al**(2000) sont trouvé que *B.bassiana* et *V.lecanii* ont causé de mortalités allant jusqu'à 97 et 100 % à chillo portellus .

Néanmoins ; des mortalités maximales a été noté à 6 ème jour que le 3 ème jour.

Donc ; c'est évident que l'application de filtrat des différents isolats des deux champignons entomopathogènes a un potentiel de virulence maximal par rapport au temps.

CONCLUSION

GENERAL

Conclusion générale

Les champignons entomopathogènes sont des agents infectieux qui provoquent des maladies chez les insectes.

Ils ont donc un effet bénéfique pour l'agriculture lorsqu'ils s'attaquent à des ravageurs dans certains cas.

Ils sont à l'origine d'épizootie susceptible de décimer une population de ravageurs et leur utilisation dans la lutte biologique permet de remplacer en totalité en partie les pesticides chimiques utilisés en agriculture et en forestiers.

L'utilisation des biopesticides à base des microorganismes entomopathogènes dans le cadre de la lutte contre les insectes a révélé des résultats encourageants comme cela a été démontré lors des essais en laboratoire et en plein champ.

Les résultats de cette étude démontrée la toxicité des différents isolats de *B.bassiana* et *V.lecanii* contre les aleurodes et les pucerons.

Ainsi ; il démontre que l'activité aphicide était proportionnelle à la concentration du filtrat et même au temps par rapport au témoin.

Néanmoins ; l'application de filtrat des différentes isolats des champignons entomopathogènes a une potentiel de virulence maximale que la pulvérisation des conidies.

V.lecanii V2 est plus virulente pour les pucerons tandis que *B.bassiana* Bb01 est plus virulent pour les mouches blanches après le 6 ème jour d'application de filtrat.

Donc, on conclue la capacité des champignons entomopathogènes dans la lutte biologique au lieu des pesticides synthétiques pour éviter et limiter la pollution environnementale ;la résistance des espèces pathogènes et même de maintenir le côté financier.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABDELAZIZ O,2019. Application des champignon entomopathogènes sur les pucerons du blé. Thèse Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de la nature. Faculté : Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie. Université Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi-

Abdel-Raheem M.A., Youcef M, Sherin M.M.Y. H., 2020 .USE OF VERTICILLIUM LECANII AND *BEAUVERIA BASSIANA* AGAINST TOMATO LEAF MINER, *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) AND *BEMISIA TABACI* (GENN.) IN TOMATO CROP .Journal of Plant Archives .Vol,20. pp. 479-482

Abdel-Raheem MA, Reyad NF, Abdel-Rahman IE, Al-Shuraym L ,2016. Evaluation of some isolates of entomopathogenic fungi on some insect pests infesting potato crop in Egypt. Int J Chem Tech Res 9:479–485.

Abdel-Raheem, M.A. ,Lamya Ahmed Al-Keridis,2017. Virulence of Three Entomopathogenic Fungi Against Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Tomato Crop. Journal of Entomology. ISSN 1812-5670. DOI: 10.3923/je.2017.155.159

Abdel-Raheem, M.A., I.A. Ismail, R.S. Abdel-Rahman, I.E. Abdel-Rhman and F.R. Naglaa, 2015. Efficacy of three entomopathogenic fungi on tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in tomato crop in Egypt. Swift J. Agric. Res., 1: 15-20.

Abdul H, Talha N, Abdul B , Shahbaz A, Dewen Q,2020. Potential of *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) as a Microbial Control Agent for Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). Pakistan J. Zool., vol. 52(1), pp 131-137. DOI: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2020.52.1.1.131.137>

Alejandro M G, Victoria H, Fernando D , Brenda S M, Mila S,2020. *Paecilomyces* and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. Plants. 9, 1746; doi:10.3390/plants9121746

Anna L ,Monika N , Sylwia R,2020. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. Rev Environ Sci Biotechno. 19:23–42 .[https://doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1\(0123456789\(\).,-volV\(\) 0123458697\(\).,-volV\)](https://doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1(0123456789().,-volV() 0123458697().,-volV))

Assinapol N , Samuel N, Patrick M, Svetlana G,2019. Pathogenicity of some commercial formulations of entomopathogenic fungi on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick)

Références bibliographiques

(Lepidoptera: Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 29:70.

<https://doi.org/10.1186/s41938-019-0184-y>.

Assinapol N , Samuel N, Patrick M, Svetlana G, 2019. Pathogenicity of some commercial formulations of entomopathogenic fungi on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. 29:70 .

Azhar Uddin K, Talha N, YA Abdulle, Ghulam HJ, Muswar A G, Tauqir A, Tum S, Dewen Q, 2020. In vitro pathogenicity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium lecanii* at different temperatures against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control. p: 30:41.

Badaoui M.I. (2018) Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate

BAKELLI M, HABIBI A, 2019. Evaluation préliminaire de l'effet in vitro de deux entomopathogènes autochtones *Beauveria* sp. (Clavicipitaceae) et *Fusarium* sp. (Nectriaceae) sur les larves du ver blanc. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme en Master en sciences agronomiques. département d'agronomie. spécialité protection des cultures. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Belabrichel S, BouJahmar N, Oulamiz G, 2013. Evaluation d'un champignon entomopathogène en lutte biologique. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme des études supérieures en biologie. option : microbiologie. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université de Jijel.

BENSAADA H, MELEDJEM M, LOUNIS A, 2010. Les champignons entomopathogènes et leur utilisation en lutte biologique. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme des études supérieures en biologie. Option : Microbiologie. Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire. Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie. Université de Jijel

Références bibliographiques

Bensmira S., 2006. Isolement et caractérisation de souches fongiques de milieux extrêmes (Sol et Sebka de la région de Biskra) productrices de cellulase thermostable à intérêt industriel. Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de Magistère En Biochimie-Microbiologie Appliquées. Faculté des sciences, département des sciences de la nature et de la vie. Université Mentouri- Constantine.

Bo C, Yanlei S, Feifei L, Chengshu W,2020. Bioactive Metabolites and Potential Mycotoxins Produced by Cordyceps Fungi: A Review of Safety. *Toxins*. 12, 410

Bouhbila N,Boucherit W,Messadi I,2012.Champignons entomopathogènes (Hyphomycètes)et leur utilisation en lutte biologique.Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme des études supérieures en biologie . option : Microbiologie. Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie . université de Jijel.

BOUKHALFA S,2018. Isolement et identification des souches fongiques entomopathogènes locales et application sur le moustique domestique *Culex pipiens*.Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme en Master en sciences biologiques. Spécialité : Biotechnologie microbienne.Faculté de science de la nature et de la vie .Université AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

Bukhari T., Takken W et Koenraadt J.M.C., 2011. Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. *Parasite. Vector.*, DOI10.1186/1756-3305-4-23.

Cabanillas HE, Jones WA ,2009. Pathogenicity of *Isaria* sp.(Hypocreales: Clavicipitaceae) against the sweet potato whitefly B biotype, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Prot* 28:333–337.

Chabane A., Harrache M. (2013). La lutte microbiologique en utilisant deux champignons entomopathogènes *Verticillium lecanii* et *Alternaria sp* contre le moustique domestique *Culex pipiens* (Linné,1758). Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de l'Ingénieur d'état en Biologie Spécialité : Génie Biologie. . Faculté des sciences, département des sciences de la nature et de la vie. Université M'Hamed Bougara de Boumerdes.

Références bibliographiques

Chengqun L, Baoling H, Mengji Q, Jiguang W, Bo D,2011. Entomopathogenic Fungi on *Hemiberlesia pitysophila*. PLoS ONE 6(8): e23649. doi:10.1371/journal.pone.0023649

DigvijayS, Tanveer K R, Joginder S,2017. Entomopathogenic Fungi: An Effective Biocontrol Agent for Management of Insect Populations Naturally. Pharm. Sci. & Res. Vol. 9(6).p: 830-839.

Druart, Florent,2017. Production de micro-organismes entomopathogènes pour lutter contre les moustiques et caractérisation de leurs métabolites. TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER BIOINGENIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES. Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech.

E.T.M. Meekes,2001. Entomopathogenic fungi against whiteflies Tritrophic interactions between *Aschersonia* species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia argentifolii*, and glasshouse crops. ISBN: 90-5808-443-4.

Fargues, J. & Bourguet D. 2005. La lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures: contraintes, bilan et perspectives. In La Lutte Phytosanitaire : Evolution, Enjeux et Perspectives. (Regnault-Roger, C. Ed.) pp. 549-570, Lavoisier, Paris.

Ferron P, Fargues J, Riba G ,1991. Fungi as microbial insecticides against pests. In: Handbook of applied mycology. Humans, animals and insects (Arora DK, Mukerji KG, Eds). Marcel Dekker, New York, vol 2, 665-706

Francis Schaffner,2004.Les insectes_initiation à l'entomologie.Universités Bordeaux et Montpellier.

Fransen, J.J., K. Winkelma and C. Lanteren, 1987. The differential mortality at various life stages of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), by infection with the fungus *Aschersonia aleyrodis* (Deuteromycotina: Coelomycetes). J. Invertebr. Pathol., 50: 158-165.

Gould J, Hoelmer K, Goolsby J.2007. Classical Biological Control of *Bemisia tabaci* in the United States - A Review of Interagency Research and Implementation.vol 4 p:33-70

GRIMES I, MOKADDEM I,2018. Production de l'enzyme alpha amylase par des champignons entomopathogènes cultivés sur milieu à base de déchets de carottes. Mémoire présenté en vue de

Références bibliographiques

l'obtention du Diplôme de Master. Spécialité :Mycologie et Biotechnologie fongique. Département :Microbiologie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université des Frères Mentouri Constantine.

Hamid S,2015. Isolement et caractérisation de souches fongiques entomopathogènes locales du groupe des hyphomycètes et application sur le moustique responsable des arboviroses. THESE Présentée pour l'obtention du diplôme de DOCTORAT 3èmcycle.Faculté des Sciences Biologiques. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. N°d :ordre : 14/2015-D/

Hamill, R.L.; Higgens, G.E.; Boaz, H.E.; Gorman, M., 1969. The structure of beauvericin, a new desipeptide antibiotic toxic to *Artemia salina*. *Tetrahedron Lett.* 1969, 49, 4255–4258.

Hanan A, Basit A, Nazir T, Majeed MZ, Qiu D ,2020. Anti-insect activity of a partially purified protein derived from the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) and its putative role in a tomato defense mechanism against green peach aphid. *J Inv Pathol* 170:107282.

Harshdeep S, Tanjot K,2020. Pathogenicity of entomopathogenic fungi against the aphid and the whitefly species on crops grown under greenhouse conditions in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* 30:84. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00287-0>

In vitro pathogenicity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium lecanii* at different temperatures against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). Keerio et al. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.*30-41

Kahia.M,2019. Lutte biologique contre deux pucerons ravageurs en serre (*Aphis gossypii* et *Aulacorthum solani*) par l'utilisation des microorganismes du sol.Memoire présenté pour l'obtention de grade Maîtrise en biologie végétale avec mémoire Maîtrise es sciences (M.Sc) .Université L'évaluation.Québec.Canada

Keerio,A.D,Talha .N,Abdulle Y.A,Jatoi G.H,Gadhi M.A,Tauqir A,Sokea T,Dewen Q,2020.

Références bibliographiques

Khadija J, Humayun J, Tariq M, Dewen Q, 2019. EFFICACY OF *Beauveria bassiana* AND *Verticillium lecanii* FOR THE MANAGEMENT OF WHITEFLY AND APHID. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 56(3),669-674

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.): Biotechnologie for Crop protection. USA, American Chemical Society. ACS Symposium Series, pp. 160- 185.

Liu B.L., Chen J.W et Tzeng Y.M . ,2000. Production of cyclodepsipeptides destruxin A and B from *Metarhizium anisopliae*. Biotechnol Prog .16 :993–999.

Magelhas B.P., Lord J.C., Wraight S.P., Daoust R.A et Roberts D.W. (1981). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Zoophthora radicans* to the coccinellid predators *Coleomegilla maculate* and *Eriopsis connexa*. J.Invertebr.Pathol. 52:471-473.

McCoy C. W., Samson R. A et Boucias D. G., 1988. Entomogenous fungi. Dans : Ignoffo, C. M. et Mandam N. B. (Éds.): Handbook of Natural Pesticides Volume V; Microbial Insecticides Part A: Entomogenous Protozoa and Fungi. Florida, USA, CRC Press, pp. 15 1-236.

Ming X, Yan-Jun Z, De-Liang P, Jie Z, Xiao-Lin Z, Zhao- Rong Z, Jin-Jin Z, Yu-Huan W, 2015. Persistence and Viability of *Lecanicillium lecanii* in Chinese Agricultural Soil. PLOS ONE . DOI:10.1371/journal.pone.0138337.

Mitsuaki S. ,2004. Effect of temperature on growth of *Beauveria bassiana* F-263, a strain highly virulent to the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, especially tolerance to high temperatures. Appl Entomol Zool. 39 : 469-475.

P. Silvie , B. Papierok, 1991. Les ennemis naturels d'insectes du cotonnier au Tchad : premières données sur les champignons de l'ordre des Entomophthorales. Coton Fibres Trop. vol. 46, fasc. 4 – 293

Sani S, Siti Izera I , Abdullah S , Johari J , Syari J, Norsazilawati S, 2020. A Review of the Biology and Control of Whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with Special Reference to Biological Control Using Entomopathogenic Journal of Insects. 11, 61

Références bibliographiques

Sengottayan S-N,2015. A Review of Biopesticides and Their Mode of Action Against Insect Pests. Sridevi (eds.), Environmental Sustainability. DOI 10.1007/978-81-322-2056-5_3,p:49_63

Série N,2011. Identification des facteurs permettant d'optimiser la production de *Beauveria bassiana* et les impacts sur la virulence.Mémoire présenté pour l'obtention de grade Maîtrise de sciences (M.Sc) en microbiologie appliqué .Institutss Armand Frappier, université de Québec.

Seye F et Ndiaye M., 2012. Isolement d'une souche de champignon entomopathogène virulente contre les larves de moustiques (*Anopheles gambiae*, *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*) et sites d'action. Unité d'Entomologie, Rickettsiologie, Bactériologie et Virologie (UERBV), Laboratoire de Biologie de la Reproduction (LBR), Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Soza-Gómez D.R et Alves S. B. ,2000. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Monillicae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (english version) 29 :515-521

Suty L., 2010. La lutte biologique vers de nouveau équilibre biologique. Ed. Educari., 192p.

T. Bawin,1 F. Seye, S. Boukraa, J.-Y. Zimmer, F. Delvigne, F. Francis,2014. La lutte contre les moustiques (Diptera: Culicidae): diversité des approches et application du contrôle biologique. Entomological Society of Canada. Vol. 00,

Tafoya et al,2004. PATHOGENICITY OF BEAUVERIA BASSIANA (DEUTEROMYCOTA: HYPHOMYCETES) AGAINST THE CACTUS WEEVIL, METAMASIVUS SPINOLAE (COLEOPTERA:

CURCULIONIDAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS. Florida Entomologist 87(

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en mycologie et biotechnologie fongique

Filière : Microbiologie
Spécialité : Mycologie et biotechnologie fongique

Thème:
Les champignons entomopathogènes et leur utilisation en lutte biologique

Résumé

Les insectes et leurs effets nuisible sur les plantes sous serre et en plein champs induire l'utilisation de la lutte chimique qui a des effets néfastes sur la santé humain et l'environnement.pour cela transmué en lutte biologique qui utilise les microorganismes (Exemple : Champignon).Dans la présente étude, deux champignons entomopathogènes, Beauveria bassiana et Verticillium lecanii, ont été testés pour leur efficacité contre les aleurodes et les pucerons. La mortalité causée par B. bassiana était plus élevée que celle de V. lecanii. Les mortalités causées par les filtrats étaient significativement plus élevées que celles causées par les conidies des deux champignons; en cas d'aleurode, la mortalité causée par B. bassiana était significativement plus élevée que celle de V. lecanii, Par contre, en cas de puceron, la mortalité causée par V. lecanii était légèrement supérieure à celle de B. bassiana. Il en va de même pour les formulations, après l'évaluation des recherches. Montre que Verticillium lecanii et Beauveria bassiana sont les plus efficaces contre les pucerons et l'aleurode. Dans des conditions des milieux .Pour terminer conseillé de généraliser l'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique et ça pour ses multiples avantages.

Mot clés : entomopathogène,lutte biologique,B.bassiana,V.lecanii , pucerons , aleurodes

Membre du jury :

Président du jury : Mme. M MEZIANI M M.C.B - UFM Constantine

Rapporteur : Mm ABDLAZIZ O. M.A.A-UMC Constantine

Examineurs : Mme BENKAHOUL. M.C.A- UFM Constantine).

Présentée par : Hamoudi zouleikha

Année universitaire : 2020 -2021