

Ex - matrice : الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Dr. AKROUM S.

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de

La vie

Département de Microbiologie

Appliquée et Sciences Alimentaires

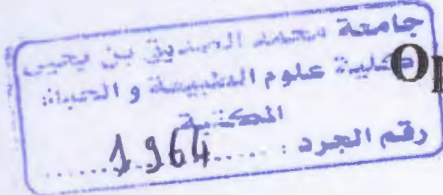


جامعة جيجل

كلية العلوم الطبيعية والحياة

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

Mémoire De Fin D'études Pour L'obtention Du Diplôme Des Etudes Supérieures en Biologie



Option : Microbiologie

Intitulé

EVALUATION D'UN CHAMPIGNON ENTOMOPATHOGENE EN LUTTE BIOLOGIQUE

Membres du jury:

Président : Dr. Akroum Souad

Encadreur: Mr. Bouhous Mostefa

Présenté par :

Belabrichel Saliha

Boulahmar Nawal

Boulamiz Ghania



Année Universitaire : 2012- 2013

REMERCIEMENT

Nous remercions ELLAH le tout puissant, qui nous a donné du courage et de la volonté, d'avoir réussi dans nos études.

Nous retenons à remercier toute personne qui a contribué de près ou loin à la réalisation de cette mémoire plus particulièrement :

Notre encadreur Mr Bouhous Mostefa qui nous a proposé ce sujet de recherche, et qui nous a encadré et soutenu par ses conseils, sa compréhension, sa gentillesse, ses encouragements.

Nous tenons aussi à remercier notre examinatrice Dr Akroum Souad d'avoir accepté de nous examiner.

Sans oublier de remercier bien nos parents.

En fin notre respect à tous les enseignements de l'institut de la biologie de l'Université de Gijel.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I : les champignons entomopathogènes

Généralités.....	03
I-1-Les champignons.....	03
I-1-1-Définition	03
I-1-2-La morphologies.....	03
I-1-3-La reproduction	04
I-1-4-La modalité de l'hétérotrophie des champignons	05
- Les prédateur.....	05
- Les symbiotes	05
- Les saprophytes.....	05
- Les parasites	05
I-1-5-Classification des champignons	05
I-2-Les champignons entomopathogènes.....	06
I-2-1- Les Deutéromycètes	06
I-2-2-Les Hyphomycètes	07
I-2-2-1-Les caractères généraux	07
I-2-2-2-Les facteurs qui influencent la croissance des champignons entomopathogène	08
A-Les facteurs de l'environnement	08
B- les facteurs liés à l'hôte	09
I-2-2-3- Mode d'action des champignons entomopathogènes:.....	09

Chapitre II : le Lutte biologique

II-1-Lutte biologique.....	11
II-2-Utilisation des champignons en lutte microbiologique contre les insectes	11

II-3-Les entomopathogènes les plus utilisés en lutte microbiologique	12
II-3- 1- <i>Metarhizium anisopliae</i>	13
II-3-2- <i>Verticillium chlamyosporium</i>	14
II-3-3- <i>Beauveria bassiana</i>	15
II-3-4- <i>Aschersonia aleyrodis</i>	17
II-3-5- <i>Paecilomyces fumoroseus</i>	17
II-4-Les champignons pathogènes d'aleurode.....	18
II-5-Lutte antiparasitaire microbienne	18

Chapitre III : Evaluation de lutte biologique

III-Morphologie des champignons entomopathogènes	18
III-1-Morphologie microscopique de <i>Verticillium lecanii</i>	18
III-1-1-Les spores	18
III-2-Characterisation de <i>Verticillium lecanii</i>	21
III-3-Rénomination	21
III-4-Habitat	21
III-5-Milieu de culture et isolement.....	22
III-6-L'isolement de <i>Verticillium</i>	23
III-6-1-à partir du sol	23
III-6-2-à partir des racines	24
III-6-3-à partir d'insecte	25
III-7-L'effet de <i>Verticillium lecanii</i>	25
III-7-1-Sur le puceron	25
III-7-2-Sur l'aleurode.....	26
III-7-2-1-Sur <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Aleurodes).....	26
III-7-2-2-Sur L'aleurode de serre chauffée	27
III-7-2-3-Sur <i>Bemisia tabaci</i>	27
III-7-3-Sur <i>Hemileia vastatrix</i>	27
III-7-4-Sur <i>Toxoptera citricida</i>	28
III-7-5-Effet des composés endotoxique de <i>Verticillium lecanii</i> sur le <i>Sweet potat</i> et <i>Bemisia tabaci</i>	28
III-8-Mortalité d'adulte de <i>Lysiphlebus testaceipes</i> traité avec le <i>Verticillium lecanii</i>	28
III-9-Les toxines	28
III-10-Les biopesticides	29

III-10-1-Formulation	29
III-10-2- Commercialisation.....	29
Conclusion.....	31
Références bibliographiques.....	32

ADNr	Acide désoxyribonucléique Ribosomique
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique.
LD50	La dose létale tuant 50% d'une population d'un insecte.
OEPP /EPPO	Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes.
RH	Humidité Relative.
TL 50	Temps nécessaire tuant 50% d'une population d'un insecte.
UV	Ultraviolet.

Liste des figures

Figure 1 : Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium.....	03
Figure 2 : Cycle de vie des champignons.....	04
Figure3 : Schéma représente la classification des champignons.....	06
Figure 4 : Les conidiophores sous forme Sporodochies(coussin).....	07
Figure 5: Pénétration de cuticule de l'hôte par un entomopathogènes Deutéromycètes...	10
Figure 6 : Schéma du mode d'infection illustrant les composantes majeures et l'interaction entre les insectes et pathogène durant la pénétration cuticule.....	10
Figure 7 : Observation microscopique de <i>Metarhizium anisopliae</i>	13
Figure 8 : Observation microscopique de <i>Verticillium chlamydosporium</i>	15
Figure 9 : A) Larve de <i>Galleria mellonella</i> envahie par <i>B. bassiana</i> . B) Mouche de l'olivier envahi par <i>B. bassiana</i>	15
Figure 10: Utilisation du champignon <i>Beauveria bassiana</i> Balsamo pour lutter contre la punaise terne.....	16
Figure 11 : Une cigale coléoptère adulte densément couvert de pustules blanches sporulation de <i>B. bassiana</i> qui ont émergé à travers les plaques inter segmentaire de la cuticule de l'insecte.....	16
Figure 12 : Effet de <i>Beauveria bassiana</i> sur un oeuf (A) et larve(B) de <i>P. archon</i>	17
Figure 13 : <i>Aschersonia aleyrodis</i>	17
Figure14: la morphologie de <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	18
Figure 15 : <i>Verticillium lecanii</i> , qui produit des grappes de conidies dans l'humidité tombe au bout de phialides.....	19
Figure 16 : Micrographes électroniques de balayage des spores de <i>V.lecanii</i> aériennes (A, B), et spores submergées(C, D).....	20
Figure 17: Observation microscopique de <i>Verticillium lecanii</i>	20
Figure 18 : Interaction de <i>L. lecanii</i> avec le champignon phytopathogène <i>Oidium</i> spp dans le milieu PDA agar incubé à 25° C.....	21
Figure 19 : B) <i>Verticillium lecanii</i> dans une boîte de pétri. E) <i>verticillium lecanii</i> cultivé dans tube.....	23
Figure 20 : <i>Verticillium lecanii</i> après trois semaines dans d'incubation un milieu de levures	23

Figure 21: <i>Verticillium lecanii</i> isolée à partir du sol.....	24
Figure 22 : <i>Verticillium lecanii</i> sur l'insecte.....	25
Figure 23 : Colonie de pucerons	26
Figure 24 : Pucerons mycose.....	26

Liste des tableaux

Tableaux I: Tableaux représente les cibles principales des champignons entomopathogène.....12

Tableau II: Quelques exemples des mycoïnsecticides actuellement enregistrés.30

Introduction

L'environnement de la serre offre des conditions favorables pour la production de cultures. Les cultures en serre bénéficient de températures et de taux humidité relativement uniformes et stables, ainsi que d'eau et d'éléments nutritifs en quantité suffisante pour optimiser leur croissance et leur développement. Le haut degré de spécialisation des exploitations serrioles, l'absence de rotation de cultures et l'utilisation de cultivars plus productifs favorisent la prolifération d'arthropodes ravageurs et de maladies cryptogamiques. Parmi les ravageurs des cultures, on dénombre plusieurs espèces d'insectes (pucerons, aleurodes...etc.), des acariens, des champignons, des bactéries et des virus (Van Lenteren et Woets , 1988).

Ces ravageurs peuvent causer une perte de rendement significative au moment de la récolte. Cette perte est généralement induite par plusieurs types de dommages. En premier lieu, les ravageurs endommagent mécaniquement les tissus végétaux. Certains ravageurs injectent de la salive contenant des enzymes plus et moins toxiques qui causent des nécroses dans la zone attaquée. Plusieurs phytophages prélèvent la sève ou du matériel cytoplasmique, ce qui a pour effet de réduire le taux de croissance. Ils peuvent également diminuer de façon indirecte le rendement en favorisant la prolifération de champignons saprophytes sur le miellat accumulé à la surface de la feuille et ainsi diminuer le taux de photosynthèse (Comeau, 1992).

Enfin, 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 certaines cultures, on ne tolère même pas leur présence (Comeau, 1992).

Le lutte chimique est la méthode le plus souvent utilisée contre les larves des lépidoptères ravageurs des plantes. Elle a été, en général, très efficace pour détruire les ravageurs sur un grand nombre de cultures. (Kpindoul et al ., 2012).

Malheureusement l'utilisation des pesticides chimiques a entraîné des effets néfastes sur l'environnement telle que la pollution de l'eau, la présence des résidus toxiques dans les aliments et l'impact sur la santé humaine , elle a réduit le potentiel biologique. La lutte chimique cause une augmentation de la résistance aux insecticides, et peut être toxique aux ennemis naturels (Coderre et Vincent ,1992).

Pour cela L'approche biologique est utilisée avec succès contre les principaux arthropodes ravageurs des cultures en serre. Les prédateurs, les parasitoïdes et les entomopathogènes. Ce dernier sont les principaux agents de contrôle biologique utilisés, qui est très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les micro-champignons, les nématodes et les protozoaires. Parmi les microorganismes ayant un potentiel de lutte biologique contre les insectes nuisibles plus de 500 espèces de champignon sont susceptibles d'infecter des insectes ((Ignoffo, 1970, 1977 ; De Koussi ,2001).

L'objet de notre travail est d'évaluer l'efficacité de quelques champignons entomopathogènes en particulier *Verticillium lecanii* appartenant à la classe de Deuteromycète contre les ravageurs de culture.

Ce contexte est composé d'une introduction, trois chapitres et une conclusion

Le premier chapitre donne un aperçu général sur les champignons.

Le deuxième utilisation des quelques champignons entomopathogènes dans le control biologique.

Alors que le troisième chapitre l'évaluation de *Verticillium lecanii* dans lutte biologique.

Chapitre I :

Les champignons

entomopathogènes

Généralités :**I-1-Les champignons :****I-1-1-Définition :**

Les champignons ou Fungi appelés aussi mycètes, sont des organismes eucaryotes dépourvus de chlorophylle les qualifiant d'organismes hétérotrophes. Uni-ou pluricellulaires incluant des espèces macroscopiques (macromycètes) et d'autres microscopiques (micromycètes) d'aspect filamenteux ou levuriforme (Chabasse et al., 2002 ; Boudih, 2011).

Ils doivent donc puiser dans le milieu ambiant l'eau, les substances nutritives et les éléments minéraux nécessaires à la synthèse de leur propre matière absorbent à travers la paroi de leur appareil végétatif. On dit qu'ils sont absorbotrophes.

Une autre caractéristique remarquable chez les champignons est la reproduction. Ils produisent en effet un grand nombre de spores ce qui leur assure un pouvoir de la contamination (Chabasse, 2002).

Les champignons jouent de nombreux rôles dans différents écosystèmes mais le plus important la décomposition de la matière organique (Bourgeois, 1989 ; Cannon, 1996) et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insecte (Ferron, 1978 ; Wraight et Roberts, 1987).

I-1-2- La morphologie :

- 1) -les éléments végétatifs sont représentés par un mycélium unicellulaire de quelques μm (levure) et/ou pluricellulaire pouvant atteindre plusieurs mètres « hyphe » ou filament mycélien (Boiron, 1996 ; Rispaill, 2008).

Les hyphes sont des sortes de tuyaux plus ou moins larges ($2\text{ à }15\mu\text{m}$), de diamètre généralement constant pour une espèce donnée, contenant le cytoplasme qui contient les organelles comme c'est le cas chez tous les eucaryotes. Ils peuvent être cloisonnés ou non et leur association forme le mycélium (figure 1).

Les hyphes puisent l'eau et les substances organiques dans les différents substrats qu'ils colonisent pour leur développement (Davert, 1996 ; Boudih, 2011).



Figure 1 : Structure d'un hyphe et son développement vers la formation d'un mycélium, (Chabasse et al., 2002).

2) - les éléments de la **reproduction asexuée** sont des spores diverses nommées selon leur origine ou forme : blastospores, arthrospores, aleuriospores, conidiospores, phialospores, sporangiospores, chlamydospores.

3) -les éléments de la **reproduction sexuée** sont des zygotes (ou zygosporés), des ascospores ou des basidiospores.

4) -les éléments d'attente perdurent, parfois de nombreuses années, sous forme de fragments d'hyphes, de diaspores ou de sclérotés.

Les **caractères biochimiques** : essentiels sont la composition de la paroi (chitine-glucosane, chitine mananne, mananne-glucane...) et la biosynthèse de la lysine (ayant pour intermédiaire l'acide amino-adipique) (Rispail, 2008).

I-1-3-La reproduction :

La reproduction est la formulation de nouveaux individus .la plupart des champignons se multiplient par des spores ,qui sont des structures uni-ou multicellulaires avec diverses formes et tailles capables de reproduire l'espèce fongique après germination .les spores se forment à partir du mycélium selon des processus plus ou moins différenciés, mais en tout cas très variés .elles peuvent être solitaires groupées en chaînes ou en têtes ,portées à la surface du mycélium ,ou contenues dans des enveloppes cellulaires .le développement normal d'une moisissure comprend une phase végétative de croissance , et presque simultanément ,une phase reproductive au cours de la quelle se forment les spores assurant la dispersion .la germination des spores est à l'origine de la phase végétative(Nasraoui,2001;Boissier,2003).

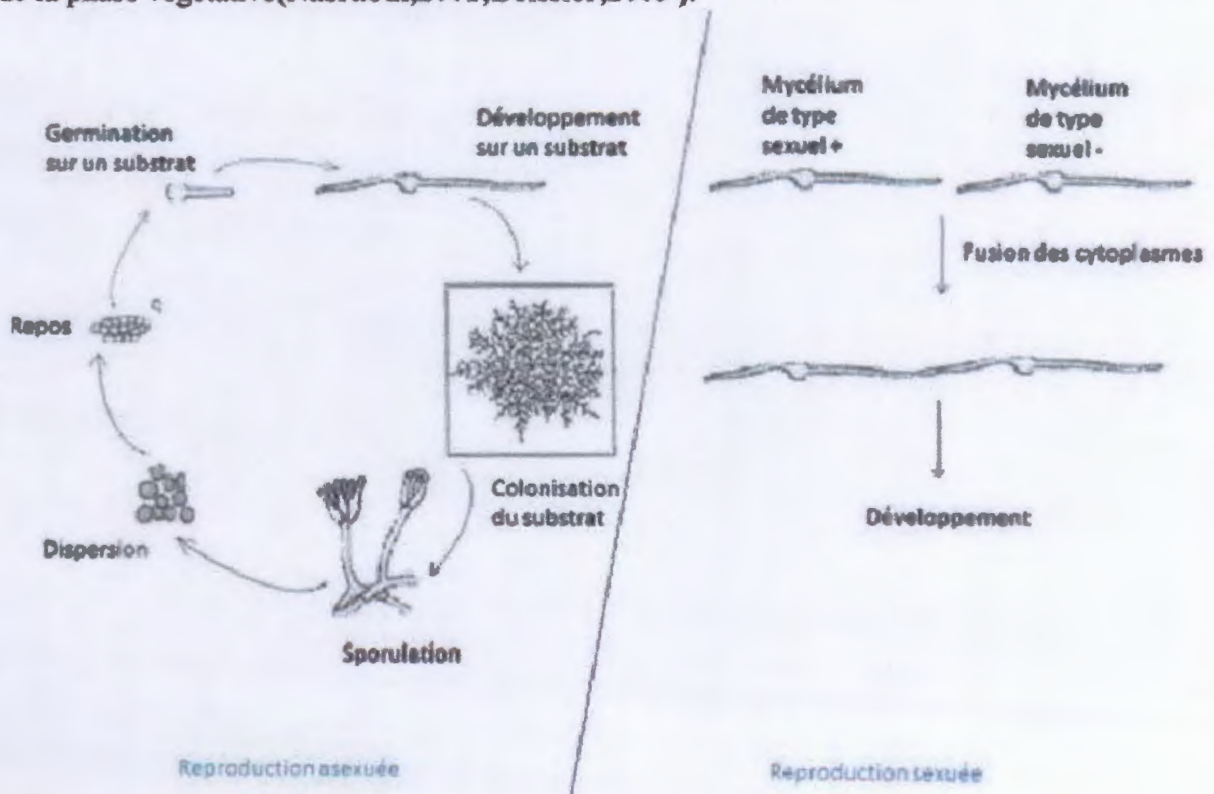


Figure 2 : Cycle de vie des champignons (Boudih, 2011).

I-1-4-La modalité de l'hétérotrophie des champignons :

Les champignons sont des organismes incapables d'assimiler le gaz carbonique par voie photosynthétique et sont également incapables de le faire par voie chimiosynthétique. En conséquence, tous sont hétérotrophes pour le carbone, ce qui leur impose d'exploiter des milieux organiques, et par suite leur fait jouer, dans la nature, un rôle important. Cette hétérotrophie peut présenter quatre modalités :

➤ Les prédateurs :

Capturent des proies ; ce phénomène est très rare chez les champignons et n'a lieu qu'à l'échelle microscopique (Ozenda, 2006). Tels que: *Arthrobotrys irregularis*, *A. ouiformis*, *Candelabrella musiformis* et *Dactylaria candida* (B'chir, 1984).

➤ Les symbiotes :

vivent en symbiose avec d'autres êtres vivants, qui les supportent sans souffrir, ou même profitent de leur présence et de leur activité (Ozenda, 2006). On estime que 90% des végétaux contractent spontanément l'association symbiotique entre champignons et végétaux supérieurs (Smith et Grula, 1982). Tels que les champignons mycorrhiziens (*Lactarius deliciosus*)

(Senn-Irlet et al., 2012).

➤ Les saprophytes :

Les champignons ont un rôle très important dans le recyclage de la matière organique sur terre (Galagan et al., 2003). Les espèces saprophytes se développent aux dépens des substances organiques mortes, dont ils provoquent la décomposition ; débris végétaux, et débris animaux, humus du sol (Bouchet et al., 1999 ; Ozenda, 2006). Dans le sol, les champignons participent au cycle de l'azote par la dégradation de l'humus. Ils ont la capacité de consommer la cellulose ainsi que la lignine et sont considérés comme les principaux recycleurs de matière organique à partir de matériaux végétaux (Kanga et al., 2002). Par exemple le genre *Trichoderma* regroupe un ensemble de champignons imparfaits saprophytes et utilisée en lutte biologique (Johanne et Lucie, 2003).

➤ Les parasites :

Utilisent les substances organiques d'êtres vivants, qu'ils rendent malades, et même tuent. Les champignons parasites sont l'agent des mycoses des animaux, et des maladies cryptogamiques des plantes, si préjudiciables à l'agriculture (Ozenda, 2006).

I-1-5-Classification des champignons :

La classification de Hawksworth, Sutton et Ainsworth (1970) modifiée par Kwon Chung et Bennett (1992), puis par De Hoog (1995), est la plus utilisée actuellement.

Selon ces chercheurs, les champignons se divisent en quatre classes principales à savoir : Ascomycètes, Basidiomycètes, Deutéromycètes et Zygomycètes.

A l'instar des autres organismes vivants, les champignons sont subdivisés en classes, en ordres, en familles, puis en genres et espèces.

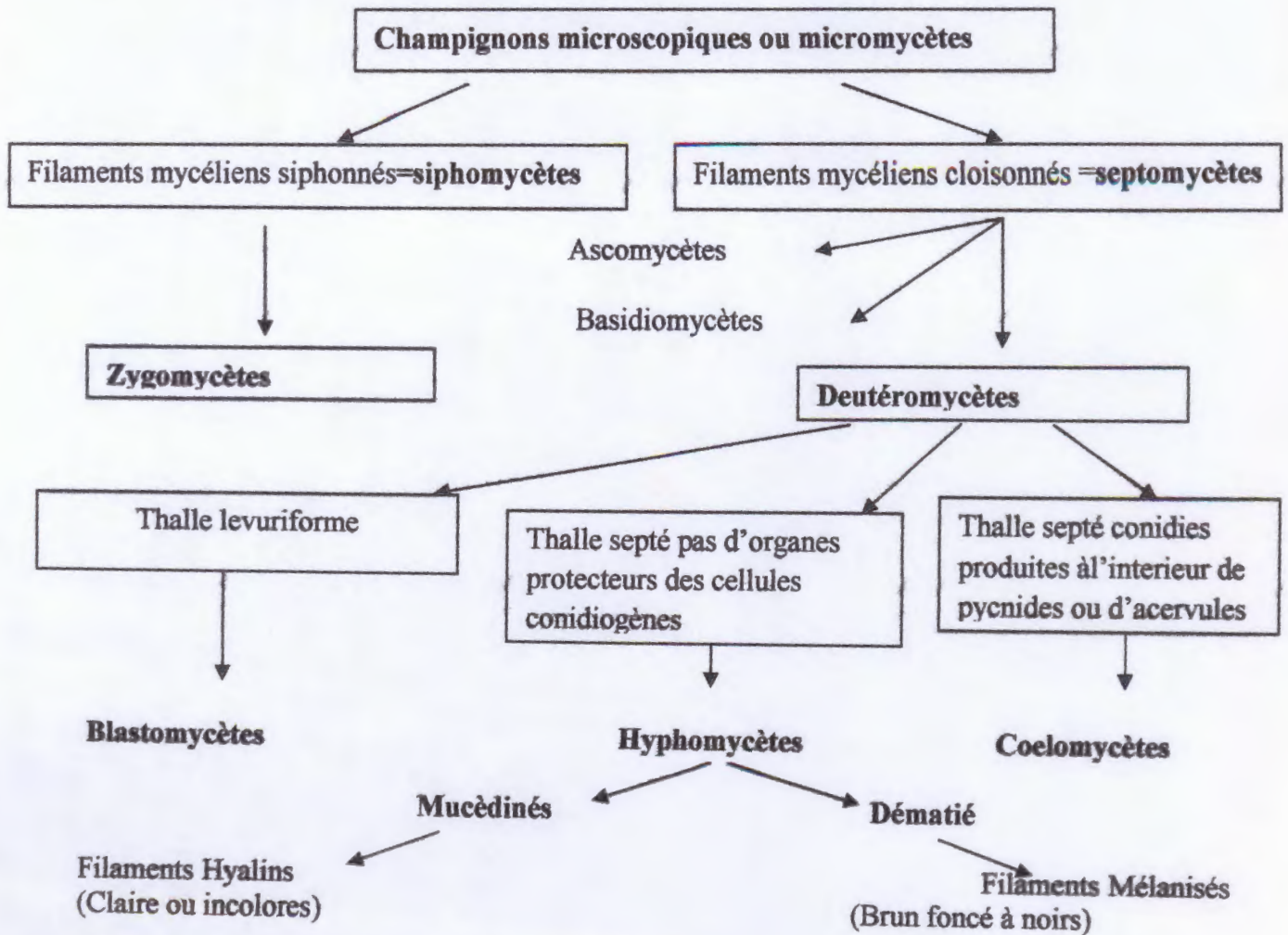


Figure 3 : Schéma représente la classification des champignons (Botton et al., 1990)

I-2-Les champignons entomopathogènes :

I-2-1- Les Deutéromycètes : Encore appelés *fungi imperfecti* (champignons imparfaits) (Boiron, 1996).

Les Deutéromycètes est une classe additionnelle de polyphylétique et sont des Mycètes entomopathogéniques, dans cette classe retrouver le plus grand nombre des ces espèces d'intérêt médical et aussi utilisé on lutte biologique. Cette ensemble très hétérogène Unicellulaires ou à thalle filamenteux septe, les spores asexuées sont formées de manière exogène, généralement par bourgeonnement à partir d'une cellule spécialisée appelée cellule conidiogène. On appelle les spores asexuées ainsi des conidies (Boiron, 1996 ; Bedossa, 2002 ; Chabasse et al., 2002).

- Les Deutéromycètes sont divisés en trois sous classes :
- Les blastomycètes qui regroupent l'ensemble des champignons levuriformes.
 - Les coelomycètes qui rassemblent les champignons filamenteux dont les cellules conidiogènes sont contenus dans des organes protecteurs appelés pycnides ou acervules
 - les hyphomycètes (Boiron, 1996 ; Bedossa, 2002 ; Chabasse et al., 2002).

I-2-2-Les Hyphomycètes :

I-2-2-1-Les caractères généraux :

Les hyphomycètes sont des champignons filamenteux, stériles ou produisant des spores directement sur les hyphes ou sur des conidiophores simples ou agrégés on oppose deux types d'hyphomycètes : les hyalins ou clairs (hyalohyphomycètes) appartenant à la famille des Moniliaceae et les foncés ou noir s'appelés Dématies ou phaeohyphomycètes apparentant à la famille des Dématiaceae (Botton, 1990 ; Chabasse et al., 2002).

Les conidies sont des cellules banales ou des cellules spécialisées souvent portées par un filament différencié ou par le conidiophore. Certaines Hyphomycètes (*Rhizoctonia*, *Sclerotium*) ne forment jamais des spores ; ils sont classés dans le groupe Micelia sterilia .

Chez les Hyphomycètes, les conidiospores et les cellules conidiogènes peuvent se présenter dispersées, agrégées en faisceaux (corémies : Conidiophores peuvent également être regroupés en colonnes) ou en forme de coussin (sporodochies).

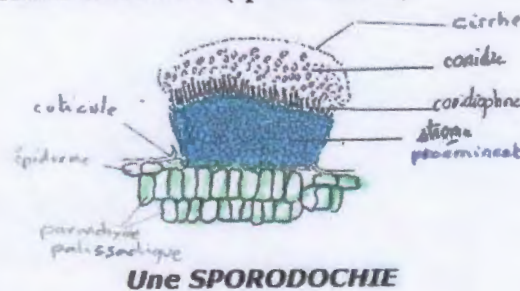


Figure 4 : Les conidiophores sous forme Sporodochies (coussin).site (1).

Les spores peuvent être :

- Des chlamydo-spores : spores de résistance, souvent à paroi épaisse, terminales ou intercalaires, différenciées par transformation de cellules du mycélium (*Trichoderma*, *Fusarium*).
- Des arthrospores (arthroconidies) : formées par fragmentation d'hyphes non différenciées.
- Des conidies proprement dites, souvent bourgeonnées par des cellules spécialisées nommées phialidies. (Botton et al., 1990 ; Patrick, 1996 ; Sutton et al., 1998).

Il est important de mentionner que la classification des hyphomycètes a été sujette à plusieurs révisions. Actuellement, on regroupe sous le nom des Hyphomycètes plus de 10 000 espèces appartenant à plus de 1 800 genres (Subramanian, 1983). Les taxonomistes se basent sur des caractéristiques morphoontogéniques par exemple la comparaison des séquences d'ADN ribosomique, pour identifier les espèces (Chabasse et al., 2002). Il existe deux systèmes de classification des hyphomycètes . Le premier préconisé par Saccardo (1886) est basé sur la morphologie et la pigmentation des conidies et conidiophores.

Le second a été proposé par Hugues (1953) ; Subramanian (1962) ; Tubaki ,1963 ;Barron (1968) ;Cole et Samson (1979) et s'appuie sur le développement et la morphologie, considérant la pigmentation et l'ontogénie des conidies comme des caractères secondaires. Pour Talbot (1971), les deux systèmes de classification ne seraient pas rigoureux dans la mesure où les caractéristiques peuvent varier et peuvent sur tout changer avec les conditions de croissance et de maturité de ces champignons (Von Arx ,1986 ; Botton et al., 1990).

Les champignons entomopathogènes sont très répons dans l'environnement naturel, il est plus de 700 espèces de microchampignons sont entomopathogènes (Starnes et al., 1993).

Ils provoquent des infections chez un large éventail d'insectes et des acariens. Ils produisent des spores qui infectent leur hôte insecte par germination sur sa surface, puis de plus en plus dans son corps. La mort prend entre 4 et 10 jour solen 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 .ils jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (Wraight et Roberts ,1987 ; De Kouassi, 2001).

I-2-2-2-Les facteurs qui influencent la croissance des champignons entomopathogène :

A- Les facteurs de l'environnement :

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

> Lumière :

La lumière influence la croissance des champignons, soit par destruction photochimique de constituants du milieu, soit en agissant directement sur le métabolisme fongique (Patrick ,1996). Les radiations ultraviolettes sont le principal facteur abiotique limitant la viabilité des conidies sur le feuillage. L'exposition aux rayons peut influencer de manière significative la mortalité des larves d'*Ostrinia nubilalis* (ravageur de maïs) par des isolats de *B.bassiana* en interférant avec leurs propriétés physiologiques (Cagani and Svercel , 2001).

> PH :

Bien que les champignons soient capables de croitre dans une large gamme de PH, cette dernière influence les champignons, soit indirectement en agissant sur La disponibilité Des éléments nutritifs (à pH acide, le fer reste sous forme d'ions ferreux assimilables) .Soit directement par action sur la membrane cellulaire .par ailleurs ,le métabolisme des champignons modifier le pH , soit par l'utilisation des anions ou des cations du milieu ,soit en produisant des acides organique ou de l'ammoniac(Patrick ,1996).

> La température :

La température est un autre facteur d'environnement important qui peut Affecter le développement de la plupart des mycètes entomopathogeniques (Hyphomycete) et le taux de germination et la sporulation .ainsi les spores des entomophthorales semblent être plus sensibles que les spores de la plupart des deutéromycètes. La température optimale qui assure la survie d'un champignon diffère selon les taxons. La valeur optimale pour la plupart d'entre elles est

Entre 25 et 30°C. Les températures au dessus de 35°C empêchent la croissance et le développement des mycètes entomopathogènes. Les espèces thermo tolérantes poussent jusqu' à 50°C. Les conidies de *B.bassina* et *Metarhizium anisopliae* ne peuvent pas survivre plus que 15 Minutes à 40°C. La température affecte également la virulence des *M .anisopliae* (McCoy et al ., 1990 ; Patrik ,1996 ; Luis Vicente and Toñi ,1999).

➤ Humidité :

Habituellement, une teneur élevée en eau dans le milieu de culture prédispose les racines aux infections fongiques. La sévérité de la racine liégeuse est accrue lorsque le volume d'eau dans le sol est plus élevé. Il en est de même pour les infections racinaires par phytophthora

(Workneh et al ., 1993).

B- les facteurs liés 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 d'hôte favorisant ainsi la probabilité de contact entre les pathogènes et l'hôte, de même qu'entre les insectes infectés et non infectés

(Feeron et al ., 1991) .

I-2-2-4- Mode d'action des champignons entomopathogènes:

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 du champignon est divisé en quatre phases distinctes soit les phases d'adhésion, de germination, de différenciation et de pénétration mis en évidence par microscopie électronique .

-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 glycoprotéinique spécifique pour une espèce fongique qui doit effectuer (Tanada 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 produites les chitinases qui sont capables de dégrader la cuticule des insectes ravageurs(Luis Vicente and Toñi ,1999; Nahar et al., 2004).

-la phase de germination : le champignon se multiplie rapidement par bourgeonnement ou scission des hyphes ce qui produit des cellules de type levure, disséminées dans tout le corps de l'insecte. Cette phase dépend des 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 ; Butt, 1990 ; Greathead et al ., 1994 ; Butt et Becket, 1994 ; Butt et al., 1995; Ferron et al., 1996) .

-La phase de différenciation 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).

Finale^{ment}, la phase de pénétration consiste à la pénétration du microchampignon dans l'hôte à travers les orifices naturels, la cuticule ou par ingestion. En général, la cuticule de l'insecte est une barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration du champignon. L'épicuticule contient une protéine stable au phénol et est couverte d'une couche cireuse contenant des acides gras, des lipides et des stérols (Andersen, 1979 ; Oudard, 1999). La procuticule contient de nombreuses fibrilles de chitine enfouies dans une matrice protéinique. 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 protéine prédominante produite pendant la formation de l'appressorium (St Léger et al., 1993 ; Oudard, 1999). Lorsque l'insecte morte, le champignon sécrète un antibiotique, l'oosporine, qui lui permet de surmonter la compétition des bactéries intestinales. Il s'ensuit une momification du cadavre transformé en sclérote, phase nommée saprophyte (Grodén et al., 1977).

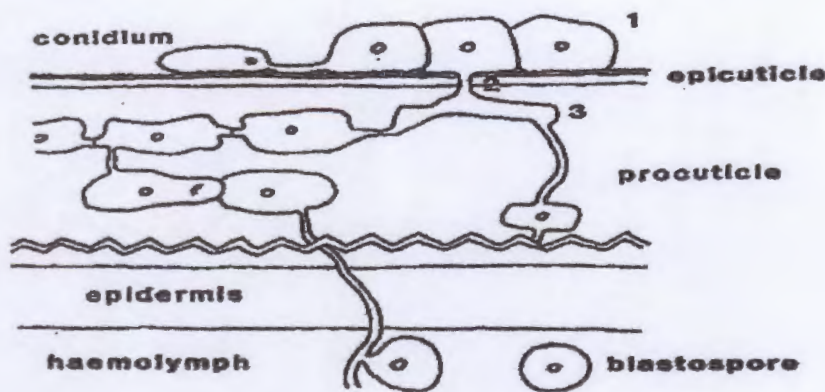


Figure 5: Pénétration de cuticule de l'hôte par des entomopathogènes Deutéromycètes .Complexe 1 = appressorial 2 hyphe de pénétration = 3 = plaque de pénétration (Charnley, 1989).

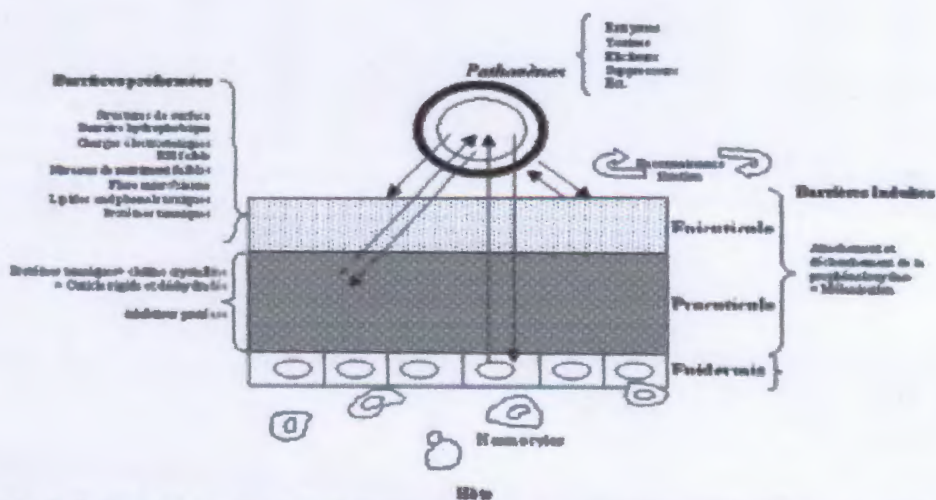


Figure 6 : Schéma du mode d'infection illustrant les composantes majeures et l'interaction entre les insectes et pathogène durant la pénétration cuticule (Vey et al., 1982).

Chapitre II :

La Lutte

Biologique

II-1-Lutte biologique :

Malgré des siècles de développement technologique, les insectes ravageurs continuent à infliger des dommages très élevés à la production agricole et la santé humaine. Une solution probante bien établie à ce problème consiste à faire appel à des ennemis naturels, appelés agents de lutte biologique, pour maîtriser un prédateur, un parasitoïde, une bactérie, un champignon ou un virus (Jorge et Alan, 2009).

Les nouveaux travaux sur la production fongique, la stabilisation, la formulation, et l'application sont commandés vers la commercialisation de grand nombre des produits. Les mycètes les plus utilisés sont : les Deutéromycètes entomopathogènes (Noémie, 2010 ; Sahayaraj et al., 2008).

Le contrôle des ravageurs par l'utilisation d'autres organismes vivants, ennemis naturels, est nommée lutte biologique. Elle peut être utilisée en remplacement à la lutte conventionnelle, avec les pesticides. Il peut s'agir de l'introduction d'un organisme pour lutter contre un ravageur exotique (lutte biologique classique) l'augmentation d'un ennemi naturellement présent en rajoutant dans le milieu (lutte biologique par augmentation) ou en protégeant son milieu (lutte biologique par protection). Sont principalement utilisés des insectes, bactéries, nématodes et champignons (Ferron, 2000).

Les principaux avantages de la lutte biologique sont son innocuité, spécifique, son acceptabilité sociale potentielle, l'absence de développement de résistance chez les ravageurs, son adaptabilité aux cultures et la potentielle des produits ajoutée aux ainsi cultivés. Les principaux inconvénients sont le risque d'effet sur des organismes non dirigés, et non irréversible (Noémie, 2010).

L'avantage de l'utilisation des champignons dans la lutte biologique est la culture facile en quantités massives. Pourtant, *B. bassiana*, *M. anisopliae* peuvent déclencher des infections dans des conditions de laboratoire, mais l'infestation de l'abeille mellifère avec ce genre de champignons n'a pas encore été détectée (Chandler et al., 2001). Ce champignon a l'avantage de ne pas faire partie des agents pathogènes dangereux pour l'homme et pour les animaux à sang chaud (Laird et al., 1990).

L'utilisation de bio-pesticides à base d'entomopathogènes constituerait à terme une alternative prometteuse à la lutte chimique contre les vers blancs. Dans le cas d'une lutte biologique avec un champignon entomopathogène comme *Metarhizium anisopliae*, on augmente artificiellement les populations d'un champignon indigène, par application sur la parcelle d'un produit contenant des spores ou des filaments mycéliens du champignon (Zimmermann, 1993 ; Silvy et Riba, 1999).

II-2-Utilisation des champignons en lutte microbiologique contre les insectes :

L'efficacité d'un champignon entomopathogène, en tant qu'agent de lutte biologique, résulte des propriétés des populations de l'hôte et du pathogène, en interaction avec les conditions du milieu. Les facteurs liés au pathogène sont : la virulence, la spécificité de l'hôte, le potentiel épizootique, la durée de conservation des spores sur l'hôte ou encore la capacité de survie du Champignon dans le milieu (sol, biomasse microbienne du sol). Pour l'insecte ciblé, la

variabilité de la sensibilité des populations hôtes et facteurs internes affectent par exemple la sensibilité de l'hôte (Glare, 1992 ; Silvy et Riba, 1999).

En 1978, les essais de lutte biologique en conditions de laboratoire (Delattre et Jean- Bart) ont été prometteurs contre les adultes et les larves de *Cosmopolites* avec les champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin et *Metarrhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. Par contre, l'effet de traitements dans des conditions d'expérimentation plus proches de la pratique (élevage des insectes sur terre infectée, essais en cuves ou en bananeraies avec des spores appliquées par aspersion au pied des bananiers) s'est révélé faible ou nul. Il se produirait, entre autre, des phénomènes d'inhibition des mycoses dues à certains facteurs du milieu. Il serait nécessaire de déterminer la localisation précise des insectes et de traiter les débris végétaux qui sont les plus attractifs pour les adultes. Des essais réalisés en laboratoire et consistant à enfouir des spores de *Beauveria bassiana* dans le sol sous forme de poudre ou à l'aide de grains de riz mycosés ne se sont pas révélés efficaces (Akello et al., 2007).

II-3-Les entomopathogènes les plus utilisés en lutte microbiologique :

Suite aux recherches sur les ennemis naturels, cinq espèces de mycètes entomopathogènes ont été découvertes soit : *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces farinosus*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Verticillium lecanii* et *Metarrhizium anisopliae*. Le même constat que les parasitoïdes naturels de l'Amérique a été fait : les taux d'infections étaient très faibles, inférieurs à 2%. Il n'en demeure pas moins que ces entomopathogènes ont été la cause de mortalité au Michigan en 2002 (Cadorette-Breton, 2009).

De nombreux champignons sont parasites des insectes et certains sont utilisés comme insecticide biologique. Les chytridiomycètes (Coelomyces) attaquent les diptères de moustiques, et *Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii* contre de nombreux ravageurs des récoltes (Botton et al., 1990). En 1883, Metchnikoff a cultivé la masse du mycète et exécuté la première expérience avec les deux parasites de coléoptère (Mehta et al., 2012).

Tableaux I: Tableaux représente les cibles principales des champignons entomopathogènes (Botton et al., 1990).

Champignons entomopathogènes	Cibles principales
<i>Beuviria bassiana</i>	Doryphore
<i>Hirstutella thompsonii</i>	Acarien du citronnier (mycar)
<i>Metarrhizium anisopliae</i>	Cercopidae (canne à sucre)
<i>Verticillium lecanii</i>	Aphidies ,punais du cafféier (vertake)
<i>Culinicinomyces clavisporus</i>	Larves de moustiques (stade expérimental)
<i>Nomuro earileyi</i>	Larves de lépidoptères (stade expérimental)

Les deux genres les mieux connus qui infectent des criquets sont *Metarhizium* et *Beauveria*. Des souches de ces deux genres sont déjà utilisées en lutte biologique contre des insectes autres que des orthoptères, parfois à grande échelle comme par exemple *Metarhizium anisopliae* au Brésil contre une punaise de la canne à sucre, *Mahanar vaposticata* (Mendonça, 1992).

Quelques souches font maintenant l'objet de programmes de recherches pour évaluer leur efficacité contre les criquets. Signalons qu'un autre genre, *Sorospora*, a été découvert sur des criquets sahéliens dans le cadre de lutte biologique contre les locustes et les sautereaux. (Greathead et al., 1994).

H-3- 1-*Metarhizium anisopliae* :

Metarhizium anisopliae (Metchnikoff) Sorokin, depuis les observations originales de Johnston (1915). Confirmées ultérieurement par Veen (1968) une forme major (dimensions des conidies 7-16x2.5-3.5µm) ainsi qu'une forme minor encore dite « anisopliae » (3-5x2-3 µm). Gams et Rozsypal (1973) ont décrit une nouvelle espèce *Metarhizium flavoviride* caractérisée par la teinte verte-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 entre les « major » et les « minor » (7-9x4.5-5.5µm), les mêmes auteurs pensent sur la base des descriptions fournies par (Borowska et al., 1970) que l'espèce *Metarhizium velutinum* que ceux-ci ont décrites, est très voisine de *Metarhizium anisopliae* (Botton et al., 1990).

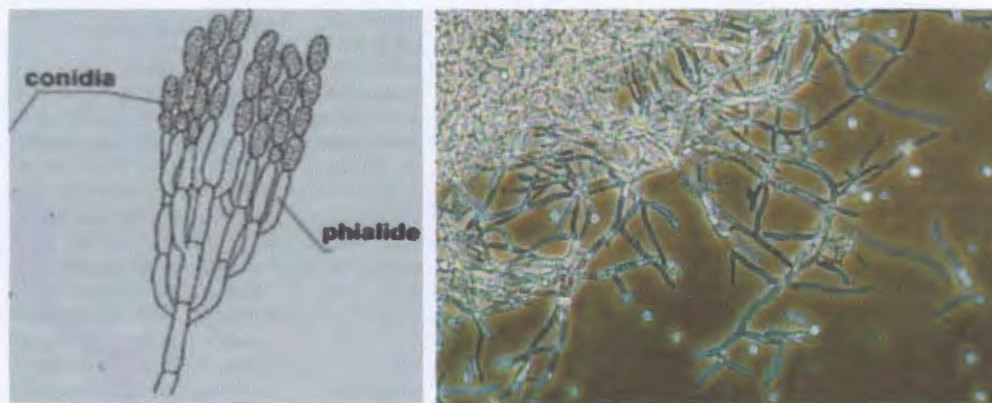


Figure 7 : Observation microscopique de *Metarhizium anisopliae*. Site (2).

Metarhizium anisopliae provoque la maladie de la muscardine verte chez l'insecte qu'il parasite. Les champignons infectent les insectes par contact, sans que l'ingestion soit nécessaire (Silvy et Riba, 1999). Contrairement au champignon entomopathogène *Beauveria brongniartii* (Deutéromycète), les hyphes de *Metarhizium anisopliae* restent confinés à l'intérieur de l'insecte-hôte et ne pénètrent pas dans le sol (Gottwald et Tedders, 1984). La contamination du sol par ce champignon est ainsi uniquement assurée par la dispersion des spores que l'on attribue aux mouvements d'eau, aux déplacements d'insectes-hôtes, aux déjections des insectes infectés (Ferron et al., 1993 ; Zimmermann, 1993) et/ou à l'épandage dans le sol des spores de ce champignon aux champs.

L'utilisation :

L'utilisation de *Metarhizium* peut constituer une alternative durable au traitement insecticide de semences de riz pluvial car elle est plus rentable pour lutter contre ce ravageur.

Après trois ans d'expérience, son efficacité reste toutefois Meilleure sur sol labouré que sur sol paillé. Il a été également constaté qu'il y a effet du traitement sur les densités d'*Heteronychus* spp (sont des insectes Nuisibles aux cultures pluviales tels le riz et le maïs à Madagascar). L'activité tellurique des hyphomycètes entomopathogènes est réel avec des facteurs limitants ; elle est la résultante d'un ensemble de processus dont la viabilité des propagules n'est qu'une partie. Il faut tenir compte des interactions entre les différents facteurs biotiques et abiotiques sur l'activité Tellurique déjà mentionnées ci-dessus et qui pourraient être l'explication des faits observés sur l'efficacité du *Metarhizium* utilisé durant la présente étude. Dans l'avenir, des observations sur la durabilité et la viabilité des spores dans le sol devront faire l'objet d'études pour bien maîtriser cette technique de lutte biologique entreprise contre les insectes terricoles *Heteronychus* spp Madagascar (**Razafindrakoto et al ., 2010**).

Les variations d'abondance d'*Heteronychus* spp suivent également celles des Pourcentages d'attaque. Ces variations ont été significativement différentes entre parcelles traitées et non traitées. Dans les parcelles non traitées par *Metarhizium* quel que soit le mode de gestion du sol, les effectifs d'individus de différents stades d'*Heteronychus* spp (œufs, les trois stades larvaires et les adultes), ont été toujours élevés par rapport à ceux des parcelles traitées (**Razafindrakoto et al ., 2010**).

Pour lutter contre les criquets et les sauterelles, on utilise une formulation huileuse des conidies de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, qui peut être appliquée à un environnement acide. Bien qu'il agisse plus lentement qu'un insecticide chimique, ce biopesticide tue 90 % du parasite en 7-12 jours sans décimer les ennemis naturels (**Thomas et al ., 2003**).

II-3-2-*Verticillium chlamydosporium* :

Les potentialités de trois isolats de *Verticillium chlamydosporium* comme agents de lutte biologique contre *Meloidogyne arenaria* ont été testées en serre. Les trois isolats survivent bien dans le sol mais montrent des différences nettes dans leur aptitude à coloniser les racines non infestées, les galles provoquées par le nématode ou les œufs de ce dernier. L'un des isolats provoque une diminution importante - plus de 80 %- de la population du nématode à la première génération, ce qui induit un contrôle significatif des dommages, mais n'a pas d'influence sur le niveau de population des générations suivantes.

L'établissement de *Verticillium chlamydosporium* dans le sol est significativement meilleur si le champignon est introduit sans réserve de nourriture, c'est-à-dire sous forme de fragments d'hyphes ou de chlamydospores, plutôt que de milieu sable-fumier colonisé. Le champignon n'envahit pas le cortex racinaire et n'a aucun effet nocif sur la croissance de la plante. *Verticillium chlamydosporium* se trouve dans le sol, et plus utilisée comme agent de lutte biologique contre les *H. avenue* et *Meloidogyne arenuria* (**Frans et Brian, 1991**).

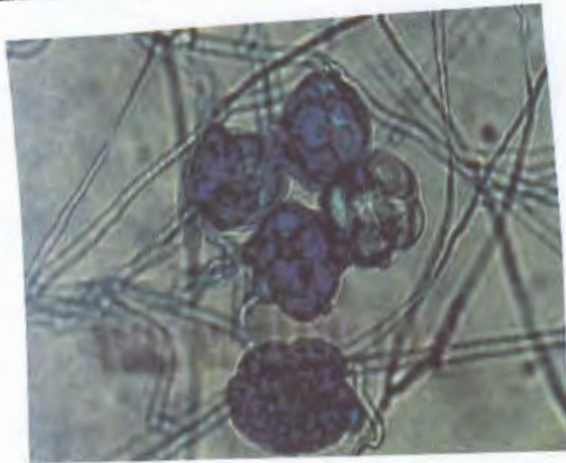


Figure 8 : Observation microscopique *Verticillium chlamyosporium* Site (3).

II-3-3-*Beauveria bassiana* :

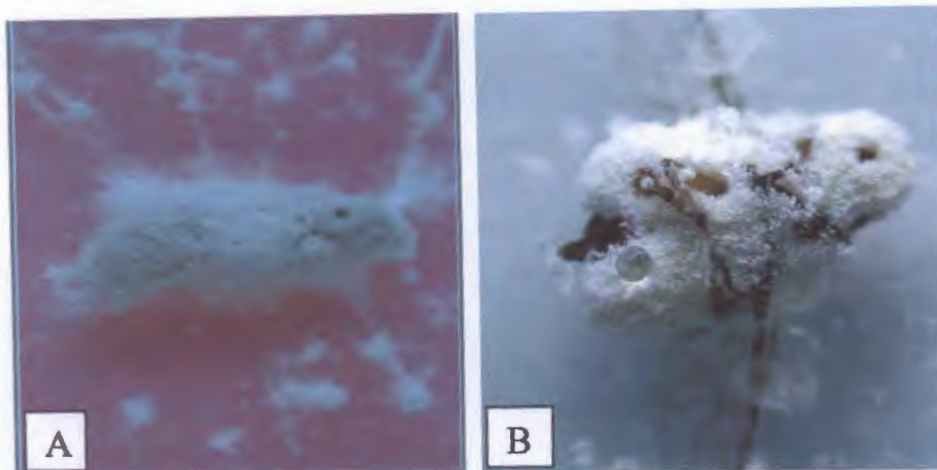


Figure 9: A) Larve de *Galleria mellonella* envahie par *B. bassiana*.
B) Mouche de l'olivier envahie par *B. bassiana* (Meikle et al., 2007).

-Effet de *B. bassiana* sur *Schistocerca gregaria* :

Chez les individus traités au *B. bassiana*, on assiste à une diminution des mouvements des criquets et à une baisse d'appétit des insectes. On observe aussi des taches rougeâtres sur le thorax et quelques heures après l'insecte est paralysé. Après la mort, le corps de l'acridien est recouvert d'un duvet blanchâtre en présence d'humidité (Milat-Bissaad et al., 2011).

-le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decem lineata* Say) pourrait être contrôlé par le champignon *Beauveria bassiana* Balsamo (Zimmerman, 2007).

Dans le but de trouver un agent de lutte biologique efficace contre la punaise terne, des scientifiques se sont tournés vers un champignon parasite, *Beauveria bassiana* Balsamo (voir figure (a)). Ce champignon entomopathogène microscopique est fréquemment retrouvé dans les sols, partout sur la planète, ce qui en fait donc un agent de lutte par augmentation.

Il est retrouvé sous différentes formes (isolats) qui s'attaquent à une grande variété d'insectes (707 espèces comprises dans 15 ordres) et d'acariens (13 espèces) (Zimmerman, 2007).

Il tue les stades adultes et immatures confondus, et cause une maladie nommée la muscardine blanche. Pour faire un effet : un simple contact suffit à débiter l'infection. Si le champignon, sous forme de spore, reconnaît l'insecte comme un hôte, il s'y attache dans des conditions environnementales idéales, Une fois germé, le champignon amolli la carapace de l'insecte pour Pénétrer et tue éventuellement l'insecte par la production de toxines et la consommation de ses nutriments .Une fois l'insecte mort, le champignon couvre l'insecte d'une mousse blanche, d'où le nom de la maladie, produisant des millions des spores, prêtes à infecter d'autres insectes.

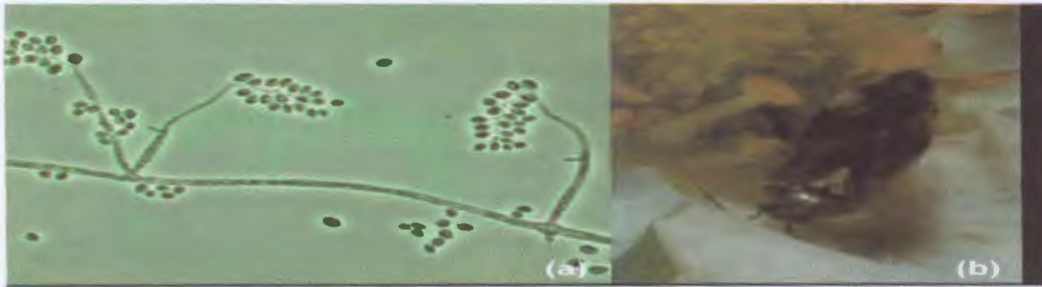


Figure 10 : Utilisation du champignon *Beauveria bassiana* Balsamo pour lutte contre la punaise terne (Noémie, 2010).



Figure 11 : Une cigale coléoptère adulte densément couvert de pustules blanches sporulation de *B. bassiana* qui ont émergé à travers les plaques inter segmentaire de la cuticule de l'insecte (Barron, 1992).

- Efficacité de spores de *Beauveria bassiana* sur les larves de *Paysandisia archon* :

Les spores de *B. bassiana* sont très pathogènes pour les larves de *P. archon* et aucune pathogénicité sur les œufs, mais aussi induire une diminution de la viabilité des larves qui se contaminent en sortant de l'œuf. La mortalité atteint 100 % dès 14 jours après inoculation.

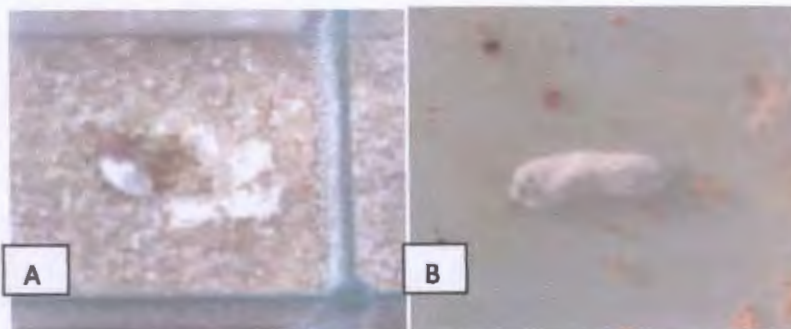


Figure 12 : Effet de *Beauveria bassiana* sur un œuf (A) et larve(B) de *P. archon* (Millet et al., 2007).

II-3-4-*Aschersonia aleyrodis* :

Les quatre espèces de champignons: *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* et *Beauveria bassiana*, *Aschersonia aleyrodis* utilisé comme agents de contrôle de *Bemisia tabaci* l'étude en laboratoire et en serre indiquent que *A. aleyrodis* à un bon potentiel pour le contrôle microbien de *B. tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*, mais dans le plein champ ce champignon rarement affecté *B. tabaci*. *A. aleyrodis* particulièrement performant dans les serres où l'humidité relative élevée et des températures optimales pour l'activité fongique prévalent.

Sous serre et en champ, les applications de *Paecilomyces fumosoroseus* ont entraîné plusieurs niveaux de contrôle de *B. tabaci*. Des études dans la vallée du Rio Grande du Texas indiquent la possibilité d'infections par *P. fumosoroseus* dans une humidité relativement faible (Steinberg et al., 2004 ; Avery et al., 2010).



Figure 13 : *Aschersonia aleyrodis* Site (4).

II-3-5-*Paecilomyces fumosoroseus* :

Brown et Smith (Wize) (1957) rapportée le *Paecilomyces fumosoroseus* comme microbe pathogène de beaucoup différents insectes (Lepidoptera, coléoptère, Diptera, Homoptera) qui regroupant au whiteflies (Aleyrodidae). Ce mycète peut coloniser les acarides (*Tetranychus urticae*) aussi quelques mycètes (Samson, 1974 ; Osborne et Landa, 1992). Il peut survivre comme saprophyte dans le sol avec une virulence très élevée sur plusieurs agricultures. L'intérêt commercial a été basé sur le développement d'un biopesticide principalement les isolats du *P. fumosoroseus* (Obornik et al., 2001).

L'effet insecticide de ce champignon a été évaluée contre les adultes et les larves du coléoptère de farine confus, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Ténébrionidés) et les larves de la pyrale méditerranéenne de la farine, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). La mortalité des individus exposés a été mesurée après 7, 14 et 21 jours d'exposition. Pour les deux *T. confusum* adultes et les larves, la mortalité était plus élevée à 20

qu'à 25 ° C. Dans le cas de *T. confusum* larves, après 14 jours d'exposition, la mortalité sur le blé traité avec la dose la plus élevée de *P. fumosoroseus* avec SilicoSec[®] était significativement plus élevée que celle de SilicoSec[®] ou *P. fumosoroseus* seuls. A 20 ° C la mortalité des larves était de 100% après 21 jours d'exposition dans les deux doses fongiques avec SilicoSec[®].

En revanche, la mortalité de *T. confusum* adultes étaient faibles et ne dépassent pas 34% dans tous les traitements testés. Enfin, la mortalité des *E.kuehniella* larves ne dépasse pas 56%, tandis que SilicoSec[®] seul a causé une mortalité plus élevée en comparaison avec les autres traitements (Michalaki et al., 2007).



Figure 14 : La morphologie de *Paecilomyces fumosoroseus*. Site (2.5).

II-4-Les champignons pathogènes d'aleurodes :

Les aleurodes de serre chauffée, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) est un parasite des récoltes agricoles dans le monde entier qui rend nécessaire d'utiliser des insecticides. La plupart de la recherche employée pour tester les aleurodes est basée principalement sur *Beauveria bassiana* (Balsamo), Vuillemin, *Lecanicillium muscarium* (Petch) espèce de Zare et de Gams et l'espèce *Aschersonia*, cependant, *Isaria fumosorosea* (*Paecilomyces fumosoroseus*) a été également causé l'épidémie dans les populations de whitefly sur diverses plantes (Pasco et al., 2010).

Pour déterminer l'efficacité d'un entomopathogène utilisé dans tout programme de gestion, nécessite des facteurs biotiques (densité d'hôte, étape développement, etc....) et abiotique (humidité, la température, photopériode, etc....) qui règlent le besoin des parasites pour évaluer l'épizootie d'insecte. beaucoup des facteurs importants de l'épizootie, non dépend pas seulement à la capacité de sporulation sur des cadavres, mais également leur capacité de s'écarter l'insecte sain (Pasco et al., 2010).

II-5-Lutte antiparasitaire microbienne :

Les agents microbiens de lutte antiparasitaire sont commercialisés depuis plus de 40 ans en Amérique du Nord. Désormais, les États-Unis, le Canada et les pays de l'UE disposent d'une série de produits contenant des bactéries, champignons, protozoaires et virus divers. Leur mode d'action spécifique à l'hôte pour lutter contre les moustiques (*Culicidae*), les mouches noires (*Simuliidae*) et de nombreux insectes nuisibles a bénéficié à l'agriculture et à la foresterie. Depuis de nombreuses années, la surveillance réglementaire des pesticides microbiens s'appuie sur les normes relatives aux pesticides chimiques (Laird et al., 1990).

Chapitre III :

Evaluation de

Lutte biologique

III-Morphologie des champignons entomopathogènes :

III-1-Morphologie microscopique de *Verticillium lecanii* :

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

Les conidiophores dressés, hyalins ou noirs, avec plusieurs étages de verticilles de phialides.

Les conidies hyalines, unicellulaires et plus rarement en chaînes.

- *Verticillium lecanii* : Thalle à croissance lente, floconneux, blanc à jaune pâle. Revers incolore, jaune foncé. Phialides isolées ou en verticilles, pointues, 12-40x 1-3µm. Conidies elliptiques à cylindrique, 2,5-10x1-1,25µm. Pas de chlamydospores (Botton et al., 1990).

-Les spores :

Verticillium lecanii produisent des spores couvertes d'une substance visqueuse. Cylindrique avec des apex ronds (E) et rassemblées en petits amas, germent sur des insectes et des mycètes (hyphes) (Greathead et al., 1994 ; Moubasher, 2010).

Les cellules sporogènes sont allongées et placées irrégulièrement ou dans des verticilles.

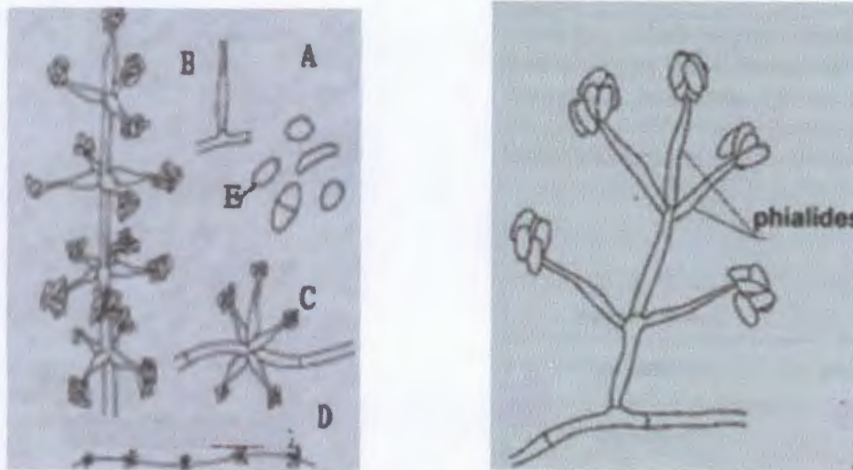


Figure 15: *Verticillium lecanii* qui produit des grappes de conidies dans une partie de phialidies (A : Conidies, B :Conidiophores ,C :phialides , D : Mycelium)Site(2).

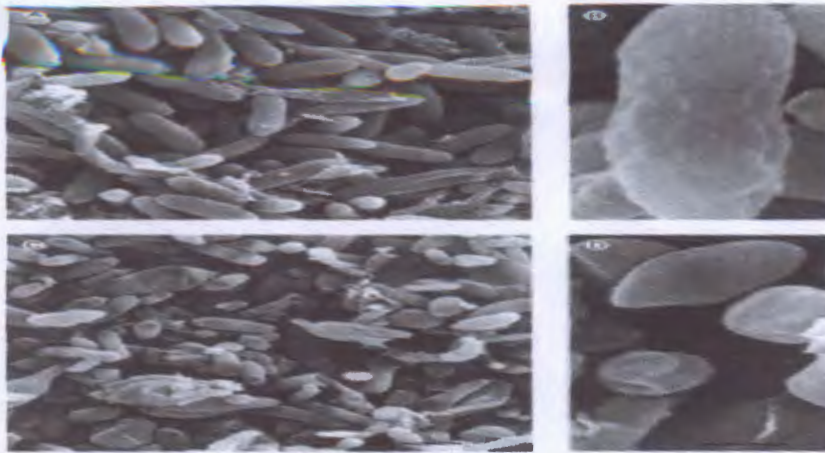


Figure 16: Micrographes électroniques de balayage des spores de *V.lecanii* aériennes (A, B), et spores submergées (C, D) (Feng et al., 2002).

La capacité de germination des spores pourrait être influencée par plusieurs facteurs tels que l'âge des spores, la température et l'humidité relative ; dans la plupart d'expériences la propriétés des souches fortement pathogènes et virulence et sont des souches qui possède un taux de germination rapide (Drummond et al., 1987). Selon Hall (1984) 50% des spores des souches capable de germent après 9 h d'incubation à RH égale à 100%. Cette propriété fongique est très importante à humidité relative plus haut que 95% persiste rarement dans les serres chaudes pendant plus de 12 h.

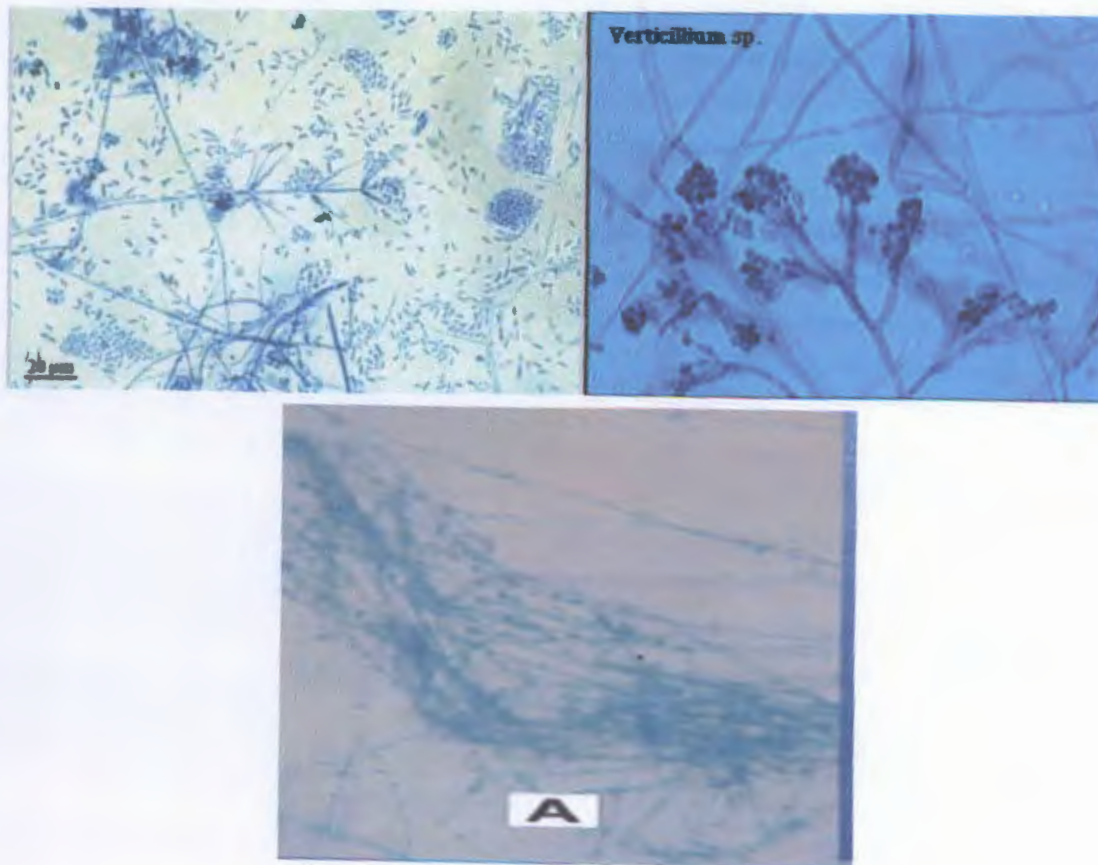


Figure 17: Observation microscopique de *Verticillium lecanii* (Mahta et al., 2012). Site (6).

III-2-Caractérisation de *Verticillium lecanii* :

V. lecanii inhibe le développement de *Uromyces dianthii*, *peniophor agigates* ce lui d'*Heterobasidion annosum*, parasite de conifères) (patrick ,1996).
Oidium spp



Figure18 : Interaction de *L. lecanii* avec le champignon phytopathogène *Oidium spp* dans le milieu PDA agar incubé à 25° C. (Estéban et al ., 2009).

-Beaucoup d'études sur l'influence de la température et du pH; ont rapporté que la température optimale pour la croissance du champignon est de 25°C alors que son ralentissement est enregistré à 40°C et l'inhibition entre 4- 7°C.

Pour le cas du pH ; le meilleur développement du champignon est obtenu à pH neutre est l'inhibition de certain souches est remarqué à PH=3.La germination des conidies était de100% après trois jours d'incubation pour toutes les souches.(Luis Vicente ,1999).

III-3-Dénomination de *Verticillium lecanii* :

Verticillium lecanii (qui est précédemment connu sous le nom *Cephalosporium lecanii*. (Ray ,1999).

Le genre *Verticillium* possède une grande variété d'espèces avec divers hôtes comme des arthropodes, nématodes, plantes et mycètes. Le genre a été redéfini en utilisant la séquence d'ADNr, plaçant tous les microbes pathogènes d'insecte dans le nouveau genre *Lecanicillium* (Zare et Gams, 2001). En précédant les espèces *L. attenuatum*, *L. lecanii* , *L. longisporum*, *L. muscarium* et *L. nodulosum* ont été classifiés comme *V.lecanii* Certains auteurs ont remplacé le genre du nom *Verticillium* par *Lecanicillium* (Sugimoto et al ., 2003 ;Koike et al ., 2007 ; Goettel et al ., 2008).

L. lecanii divisé en un certain nombre de souche comme *V. lecanii*Ve6.qui a été classifié comme *L. muscarium* (Zare et Gams, 2001).

III-4-Habitat :

Le *Verticillium lecanii* est omniprésent distribué dans les sols (Hall, 1981 ; Meyer et al ., 1990 ;Michèle, 2007). En outre on le connaît que le *V. lecanii* à une large gamme d'hôte par Exemple : insectes, mycètes phytopathogène, et les parasites des plantes(les nématodes) (Botton et al ., 1990 ; Shinya et al .,2008).

Verticillium lecanii est un champignon commun qui peut affecter les arthropodes, entre autres. Ce champignon a été décrit pour la première fois en 1861 et a été observé pour la première fois sur les mouches blanches en 1915 et sur des acarides et des nématodes. Et aussi trouvé comme saprophyte, qu'est un organisme vivant dans une matière organique morte. *V. lecanii* se trouve aussi comme un hyper parasite sur des dépôts de rouille. Est aussi de hyperparasite d'autres champignons. (Ray, 1999 ; Michèle, 2007).

III-5-Milieu de culture et isolement :

-Milieu de culture :

La plupart des champignons entomopathogènes supportent des teneuses en cuivre plus élevées que les autres champignons du sol : *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* *Verticillium lecanii* tolèrent 200 mg du Cu/l

-Milieux sélectifs de *Verticillium spp* :

Milieu de Nadaka vukaren et Horner , Milieu de Jordan, Milieu de Bååth (Davent et Rouxel , 1997).

Le milieu sélectif de *Verticillium lecanii* est Milieu de Bååth.

Ont été utilisé pour isolée le *Metarrhizium anisopliae* et le *Verticillium lecanii* les milieux suivant :

-Milieu d'agar de dextrose de pomme de terre (PDA) : Pour des études de laboratoire, le mycète a été cultivé sur le milieu PDA (Lazreg et al ., 2007 ; Mehta et al ., 2012).

-Milieu Sabourauds Agar de dextrose complété avec l'extrait de levure (SDA).

-La farine d'avoine Czapeck-Dox.

-Agar de maltose Sabourauds et quelques milieux plus complexes tels que la céréale mélangée avec l'agar, ont mentionné que l'addition d'extrait des pommes de terre à un milieu de culture fournit l'aliment tel que l'amidon, les minéraux principalement, K, Ca, P, Na de Mg, S, Zn, N, protéines brutes et vitamines essentielles pour le mycète (Lazreg et al., 2007).

-Milieu de grain :

Le milieu de blé et de riz, étaient utilisé pour estimer la biomasse de *Metarrhizium anisopliae* et *Verticillium lecanii* à 25° C. 20 g de chaque grain ont été lavés et bouillir en eau distillée pendant 1 heure et puis préparé correctement et la filtrer. Ces milieux de grain ont été maintenant emballés séparément dans des fioles coniques de 500 ml pour *M. anisopliae* et *V. lecanii*. (Mehta et al ., 2012).

-Milieu non synthétique : Trois milieux non synthétiques utilisés sont :

Le pâté de cochon, la carotte et le moût de riz .ont été employés pour estimer la biomasse *Metarrhizium anisopliae* et *Verticillium lecanii* à 25°C. 20 g de chaque échantillon a été lavé et Bouilli en eau distillée pendant 1 heure et traité correctement et filtrée. Maintenant ce milieu non synthétique a été emballé séparément dans une fiole conique de 500 ml pour *M. anisopliae* et *V. lecanii* et stérilisé à l'autoclave (Mehta et al ., 2012).

-Milieu organique :

Il ya trois milieu organique de levure à savoir, pomme de terre, le dextrose et le Jagger (Mehta et al ., 2012).

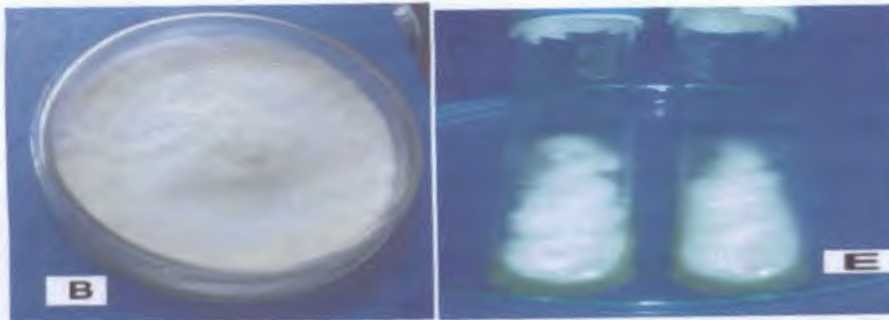


Figure 19: B) *Verticillium lecanii* dans une boîte de pétri. E) *Verticillium lecanii* cultivé dans un tube. (Mahta et al ., 2012).



Figure 20 : *Verticillium lecanii* après trois semaines d'incubation dans un milieu de levures (Mahta et al .,2012).

III-6-L'isolement de *Verticillium* :**III-6-1-à partir du sol :**

Il existe deux grands types de techniques permettant de détecter la présence des champignons du sol et de les isoler : avec les techniques directes et dans le deuxième cas la technique indirect, toutefois on peut trouver un troisième type de technique.

Technique directe:

Deux méthodes peuvent être utilisé pour incorporer l'échantillon de sol dans le milieu d'isolement .l'une et l'autre permettent d'isoler les principaux groupes des champignons, cette faculté étant surtout liée, à la sélectivité du milieu et, dans une certain mesure, au degré de fractionnement du sol et aux conditions d'incubation. Par contre, si l'on souhaite quantifier l'inoculum présent dans le sol, il sera nécessaire de choisir la méthode la mieux adaptée à la biologie du champignon recherché (Davent et Rouxel , 1997).

Les suspensions-dilution (dilution plates) :

Le principe consiste à mettre le sol en suspension dans de l'eau stérile, puis à incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu d'isolement. Cette technique comprend plusieurs étapes, allant de la préparation des dilutions jusqu'à l'interprétation des résultats.

La préparation des dilutions consiste tout d'abord à ajouter une masse connue de terre (en général 10g) à 90 ml d'eau stérile, puis à agiter pendant un temps donné (en général 30 mn). ce qui constitue la dilution 10^{-1} . Des prélèvements successifs de 10 ml dans cette suspension, puis dans les suivantes, ajoutés chaque fois à 90 ml d'eau stérile, vont constituer les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , jusqu'à 10^{-6} en général pour réaliser ces différents prélèvements, il est primordial d'utiliser des pipettes stériles qui sont changées à chaque dilution. Des agents dispersants sont parfois ajoutés pour améliorer la mise en suspension des particules. Les tensioactifs, cependant, ralentissent la croissance mycélienne. Au moment de l'analyse, 10 ml de chaque dilution sont versés dans une fiole d'erlenmeyer contenant 90 ml du milieu d'isolement adéquat, maintenu en surfusion au bain-marie entre 37 et 40°C. Il est important de veiller à ce que la température ne soit trop élevée, ce qui aurait pour conséquence d'éliminer les champignons les plus thermosensibles. Après homogénéisation, les 100 ml sont répartis en 5 boîtes de pétri que l'on maintient dans les conditions (température, éclairage, durée d'incubations) les plus propices à l'isolement sélectif du champignon recherché. Certains auteurs préfèrent déposer un volume déterminé de la dilution finale dans chaque boîte de pétri (en général 1 ml) et verser par-dessus le milieu gélosé maintenu en surfusion. L'homogénéisation est réalisée en agitant manuellement les boîtes d'un mouvement circulaire dans le plan horizontal.

Après un laps de temps qui, selon l'espèce recherchée, peut varier de 2 à 20 jours, on observe les boîtes et l'on repère la dilution présentant un nombre de colonies suffisant, mais sans confluences entre elles ni avec des envahisseurs indésirables, ce qui compliquerait l'isolement. La «dilution du travail» étant choisie, on peut procéder à l'examen, au dénombrement puis à l'isolement des colonies. Connaissant le nombre de colonies obtenues pour une dilution donnée, on en déduit ensuite la densité de la population par gramme de sol. Le succès de cette technique, plus délicate, repose surtout sur bonne dispersion de la suspension sur l'ensemble de la surface. Elle favorise le démarrage de la croissance des espèces aérobies et constitue par conséquent un facteur de sélectivité intéressant (Davent et Rouxel, 1997).

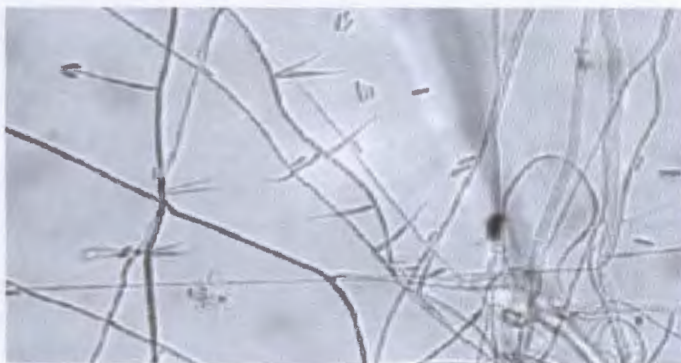


Figure 21 : *Verticillium lecanii* isolé à partir du sol. (Asensio et al., 2003).

III-6-2-à partir des racines :

Les champignons se développent sur une grande partie des cellules de racine de soja, mais ne pénètrent pas à l'intérieur (rarement isolé dans les racines coupées). Si l'hypothèse s'examinait à

Être précis que les œufs de nématode doit être pénétrer à l'intérieur des tissus de racine ; les populations d'œufs réduit l'effet du mycète (Meyer, 1999).

Les études comparatives en serre sur *Verticillium lecanii* pour son activité contre le nématode *Heteroder aglycines* montre que cinq souches du champignon *Verticillium lecanii* possèdent un effet sur les densités de population du nématode de racine du soja (Meyer et Meyer, 1996).

III-6-3-à partir d'insecte :

Verticillium lecanii est un champignon microscopique .il a été décrit pour la première fois en 1981 par Viegas comme un mycète cosmopolite trouvé sur les insectes .c'est un microbe pathogène commun des insectes dans les climats tropicaux et subtropicaux.

Le mycète est principalement isolé à partir des insectes. En outre, le *V. lecanii* à une gamme large d'hôte (Hall, 1981 ; Meyer et al ., 1990). Pour isoler les mycètes à partir du cadavre d'insectes rassemblés des champs.

La surface stérilisée avec 5 % d'hypochlorite de sodium et alors rincé avec l'eau stérile plusieurs fois. Dans un bécher stérile, les échantillons malades ont été écrasés la partie infectée a été transférée dans un milieu sélectif ce dernier gardé pour la croissance et le développement des micro-organismes. Après 5 jours d'incubation, les micro-organismes ont été purifiés. Chaque culture préparées à partir d'une culture purifié et faire l'observation microscopique telle que les caractères morphologique de mycélium et de conidies ... etc. Finalement faire l'identification de mycètes (Mehta et al ., 2012).



Figure 22 : *Verticillium lecanii* sur l'insecte Site(7).

III-7-L'effet de *Verticillium lecanii* :

III-7-1-Sur le puceron :

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

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

Le *V. lecanii* a besoin de plusieurs jours à humidité élevée pour la sporulation et l'infection des aphides, les pucerons entrer un contact avec les conidies qui facilité l'infection d'une autre espèce non infecté (Milner, 1997).



Figure 23 : Colonie de pucerons
(Ronzon, 2006).

Figure 24 : puceron mycose
(Silvy et Riba, 1999).

III-7-2-Sur l'aleurode:

On observe la plus grande efficacité de mycète est appliqué pour la contrôle biologique des *aleurodes*. Le mycète infecte principalement les larves d'aleurodes sous l'humidité élevée il élimine également les insectes adultes.

Mais les œufs sont moins sensibles. Les premières observations de l'infection fongique peuvent être montrées sur l'aleurode après 7-10 jours du traitement. (Ray, 1999).

III-7-2-1-Sur *Trialeurodes vaporariorum* (Aleurodes) :

Fargues et al., (2005) ont prouvé que le Hyphomycètes entomopathogène sont le potentiel fort pour le contrôle microbiologiques des larves de whitefly.

L'aleurode se trouve généralement sur la face inférieure des feuilles. Sa présence est facilement détectable. En effet, l'adulte meurt après la disposition sur le végétal infesté qui montre un aspect cotonneux blanchâtre à jaunâtre; Ce champignon est efficace principalement sur les larves d'aleurodes (Oudard, 1999).

Les spores de *Verticillium lecanii* est très efficace contre les insectes adulte traité dans des petites serres chouffée et très pathogène contre les larves de *T. vaporariorum* mais la pathogénie est moindre sur des œufs ceci peu être expliquée par la présence de la cuticule rigide qui gêne la pénétration du mycélium pour cela les spores ont besoin certain heure de contact et un taux élevé d'humidité relative (95 à 100%) qui est nécessaire à la germination fongique des spores. La diminution d'humidité réduit la capacité infectieuse fongique et la capacité de

Germination fongique des spores. L'étude de l'efficacité du mycète *Verticillium lecanii* contre les différents stades de développement de *T. vaporariorum* traitées par les spores fongiques qui liée à divers facteurs d'environnement montré que, les taux de mortalité sur les différents stades sont importants en particulier dans le cas des larves (LD50 0.5×10^3 spores/ml) (Milner et Luton, 1986 ; Drummond et al., 1987).

Drummond et al .,(1987) ont trouvé une LD50 de 1.5×10^5 spores/ml pour les larves et de $5,9 \times 10^6$ spores/ml pour les œufs dans les mêmes conditions de température et d'humidité ce qui confirme l'efficacité de la souche utilisée contre le développement de *T. vaporariorum*.

III-7-2-2-Sur L'aleurode de serre chauffée :

L'efficacité de *Verticillium lecanii* (1 g/l à 1 000 l/ha) a été évaluée sur aleurode en culture de fraise, variété Cajolée plantée le 26 juin. Trois traitements effectués à sept jours d'intervalle en octobre ont donné un pourcentage de larves mycosées de 50 % cinq semaines après le dernier traitement. Des traitements au printemps ont également prouvé leur efficacité. Toutefois, les applications d'automne sont à privilégier car les conditions climatiques sont favorables au développement de *V. lecanii* et les populations d'aleurodes sont souvent moins importantes qu'au printemps (Laurent- DARTHOUT, 2006).

III-7-2-3-Sur *Bemisia tabaci* :

B. tabaci est le vecteur de plus de 60 virus végétaux des genres *Geminivirus*, *Closterovirus*, *Nepovirus*, *Carlavirus*, *Potyvirus* et d'un virus à ADN en forme de bâtonnet (Markham et al ., 1994).

Selon Lacey (Laboratoire européen de contrôle biologique, l'USDA-ARS. Montpellier, France) et Franssen (Station de recherche pour la floriculture, Aalsmeer, Pays-Bas) l'épizootie de certains champignons dans les populations d'aleurodes *Bemisia tabaci* a encouragé le développement commercial de champignons entomopathogènes comme agents de lutte d'aleurodes. *Verticillium lecanii* a également démontré un bon potentiel de lutte biologique contre *B. tabaci* et des aleurodes, les premières études contre *B. tabaci* ont également révélé un bon potentiel de contrôle microbien. L'exigence d'une forte humidité limite son utilisation dans le milieu agricole dans lequel une humidité relative supérieure à 90% prévaut pendant au moins une partie de la journée (Steinberg et al ., 2004).

Bemisia tabaci était facilement contrôlé par des traitements insecticides en plein champ comme en serre. Cependant, on rencontre maintenant des problèmes de lutte sur de nombreuses cultures dans le monde entier, dues à des résistances aux insecticides et à la fécondité accrue du biotype B. Il semble qu'aucun traitement particulier ne peut être utilisé à long terme contre ce ravageur et que l'association d'un certain nombre d'agents de lutte doit être mise en œuvre pour obtenir un niveau de contrôle efficace (programme de lutte intégrée). Chaque zone où il y a des problèmes avec *B. tabaci* nécessite une évaluation particulière et l'établissement d'un programme spécifique approprié de lutte biologique. Par exemple, l'utilisation uniquement des agents de lutte biologique, comme *Encarsia formosa* et *Verticillium lecanii*, même si elle est modérément efficace (Nedstam, 1992). Ne peut jamais abaisser l'infestation à un niveau qui arrête la transmission virale. L'utilisation de cultures résistantes doit être étudiée. D'autres méthodes de lutte mettant en œuvre une rupture du cycle plante-hôte - virus (OEPP/EPPO, 1989).

III-7-3-Sur *Hemileia vastatrix* :

Des souches de *V. lecanii* et *V. leptobactrum* ont été isolés à partir de lésions de rouille de caféier. Les deux espèces ont montré des actions Antibiotiques et hyperparasitiques vis-à-vis d'*Hemileia vastatrix* Presque semblables en Laboratoire.

Deux autres souches de *V. lecanii*, issus d'insectes, sont capables de parasiter d'*Hemileia vastatrix*. La germination des spores de deux espèces stimulée par la présence d'urédospores d'*Hemileiavastatrix*, tandis que la germination d'*Hemileia vastatrix* est partiellement inhibée.

Des inoculations simultanées d'*Hemileia vastatrix* et de *V. lecanii* sur des disques de feuilles de caféier provoquent la diminution du nombre de taches de rouille. Un faible apport d'humidité inhibe complètement la croissance et le développement de *Verticillium lecanii*.

Des essais en plein champ n'ont montré qu'une très faible capacité de survivre comme hyperparasites sur des lésions de rouille de caféier en plein air, ce qui limite leur pouvoir d'agent de lutte biologique (Eskes et al., 1991 ; Vandermeer, 2009).

Le *V. lecanii* est capable d'infecter les nématodes de pomme de terre et *Globodera pallida* (Shinya et al., 2008).

III-7-4-Sur *Toxoptera citricida* :

La prépondérance de l'orange amère susceptible (*citron aurantium*) le rhizoïdes facilite la diffusion du virus de citron *tristeza* en Trinité-et-Tabago. Est transmis par l'aphide *Toxoptera citricida* de citron brun, qui établit de grandes colonies sur les plantes de citron. Pendant que les colonies deviennent fortement peuplées. Les aphides (ailes) à ailes qui peuvent émigrer aux arbres voisins non infectés et par conséquent transmettre. Les effets pathogènes de *Verticillium lecanii* sur *T. citricida* à différentes concentrations ont montré que la dose qui provoque la mortalité égale à 2.26×10^{10} spores/ml (Balfour et Khan, 2012).

III-7-5-Effet des composés endotoxiques de *Verticillium lecanii* sur le *Sweetpotato* et *Bemisia tabaci* :

Les produits toxiques extraits par le méthanol de compartiments intacts des mycéliums du *Verticillium lecanii* ont été examinés pour leur toxicité aux œufs, larves, les chrysalides et les adultes de *Bemisia tabaci*. Tous les stades de *B. tabaci* étaient sensibles à la toxine, mais les larves sont les plus sensibles.

La préparation de toxine de 0.5% de la matière brute, le taux de mortalité de *B. tabaci* était 88%, 53, 5%, 53, 2% et 37% pour les larves, œufs, chrysalides et adulte, respectivement. La sensibilité élevée des adultes, caractérisée par la paralysie rapide et la mort des espèces ; *B. tabaci*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii* (Gindin et al., 1994).

III-8-Mortalité d'adulte de *Lysiphlebus testaceipes* traité avec le *Verticillium lecanii* :

Il y a un rapport direct entre la mortalité des adultes de *L. testaceipes* et la concentration en spore de *V. lecanii*. Les trois concentrations qui ont causé la mortalité sont : 1.95×10^6 , 1.95×10^7 et 1.95×10^9 spores/ml. Le pourcentage le plus élevé de la mortalité (95.1%) est le résultat d'une concentration de 1.95×10^9 spores/ml à une période plus courte de 2,42 jours (Balfour et Khan, 2012).

III-9-Les toxines :

Verticillium lecanii capable de synthétiser les enzymes hydrolytiques comme la protéase et la chitinase. La chitinase est utilisée comme mycopesticide et aussi dans l'industrie pharmaceutique pour convertir la chitine en chitosan (Luis Vicente, 1999 ; Nahar et al.,

2004), et produit d'octacyclopeptide appelée le bassianolide qui se compose de quatre molécules chacune d'acide et de L-Nméthylleucine de D-hydroxyisovaleric qui est spécifiques. Le mycète produit d'autres toxines insecticides telles que l'acide dipicolinique. Ces toxines affaiblissent le système immunitaire de l'hôte et la meurt de l'insecte (**Bidochka et al ., 1999 ; Deshpande , 1999**).

III-10-Les biopesticides :

La mise au point des bioinsecticides a reposé, jusqu'au début des années 1980, sur des études classiques de pathologie des insectes (**Regnault-Roger et al ., 2008**).

Les biopesticides sont des agents biologiques appliqués de même manière que les pesticides chimiques. Les biopesticides destinés à la lutte contre les insectes incluent des baculovirus (groupe de virus d'insectes infectant les larves de lépidoptères), des champignons (par exemple, *Metarhizium anisopliae*) et des nématodes entomopathogènes. Pour lutter contre les criquets et les sauterelles, on utilise une formulation huileuse des conidies de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, qui peut être appliquée à un environnement acide.

Bien qu'il agisse plus lentement qu'un insecticide chimique, ce biopesticide tue 90 % du parasite en 7-12 jours sans décimer les ennemis naturels. Des champignons antagonistes, tels que *Trichoderma* spp., sont également utilisés pour lutter contre les agents pathogènes des plantes (**Thomas et al., 2003 ; Regnault-Roger ,2005 ; Regnault-Roger et al ., 2008**).

III-10-1-Formulation :

Des formulations permettent actuellement une bonne survie et une répartition correcte des spores (par exemple mélange des spores dans un agent protecteur puis brassage avec du kaolin) ainsi qu'un taux de germination élevé (addition de certaines huiles assurant un taux d'humidité correct). cependant les taux de réussite atteignent rarement 100%. ce sont les recherches sur les espèces entomopathogènes qui ont été jusqu'à présent les plus intenses (**Botton et al ., 1990**).

III-10-2- Commercialisation :

Les champignons devrait être utilisé comme des biopesticides qui sont commercialisées aux Etats-Unis, en Europe et en Israël (**Steinberg et al ., 2004**).

La société Natural Plant Protection (NPP), filiale du groupe Arysta Life Science, est spécialisée dans le développement et la production de biopesticides (pesticide biologiques d'origine naturelle autorisés en protection biologique ou en agriculture dite lutte biologique par opposition à la lutte chimique). Elle a développé une très forte expertise en agents biologiques insecticides, en particulier les Baculovirus et les champignons entomopathogènes. Avec *Carpovirusine*, distribuée dans 14 pays, NPP est le premier producteur mondial du virus de la granuloze du carpocapse des pommes et des poires (**Samantha et al ., 2007**).

Mycotal® :

Est un insecticide à base de spores du champignon entomopathogène décrit dès 1899 par Zimmermann et par Viégas en 1939. Les travaux en Angleterre en 1982, puis en Hollande en 1992. La souche de *Lecanicillium muscarium* anciennement *Verticillium lecanii* dont le nom commercial Mycotal® (code 10104.AMM n°2040354). Cette forme de Sachet de 500 g dans une boîte en carton .Contenu : 500 g de poudre mouillable dosée à 16,1% de poudre des spores .

utilisé contre les stades larvaires de l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*) et de l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*). L'application de Mycotol dans des conditions minimales : Humidité relative 80% et Température 18°C. Ces conditions doivent être maintenues 10 h par jour pendant les 3 jours suivant souvent en fin d'après midi ou début de soirée. La Conservation dans un emballage d'origine bien fermé et Stocker dans un endroit frais compris entre +2°C et +6°C mais la bouillie préparée ne doit pas être conservée. Après le traitement on observe : Les larves et les pupariums meurent avant que le champignon ne soit visible. Les larves et pupariums sont jaunâtres, ridés et ternes. Après quelques jours, et dans des conditions favorables, le mycélium cotonneux peut être visible sur les individus infectés. Ceci peut être provoqué en maintenant une feuille dans un sac plastique pendant plusieurs jours (Koppert (s.d.), 2010 ; Morel et al., 2010).

Vertalec® :

Une formulation de *V.lecanii*, a été marchandée en petite quantité commercialement en Bretagne et des grandes parties en Europe pendant une large gamme de temps et utilisée principalement dans les serres. L'amélioration de cette formulation nécessite une humidité basse pour arrêter la germination des spores pendant la conservation (Milner, 1997).

Tableau II: Quelques exemples des mycoinsecticides actuellement enregistrés. Site (8).

Country	Registered productname	Fungus	Target Pest	Crop
USA	Mycotrol, Botanigard	<i>Beauveria bassiana</i>	Whitefly, aphids, thrips	Glasshouse tomatoes and ornamentals
USA	Naturalis	<i>B. bassiana</i>	Sucking insects	Cotton, glasshouse crops
USA	Bio Blast	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Termites	Domestic houses
USA/Europe	PFR-97™	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Whitefly, thrips	Glasshouse crops
UK Europe	Vertalec	<i>Lecanicillium lecanii</i>	Aphids	Glasshouse crops
UK, Europe	Mycotal	<i>L. lecanii</i>	Whitefly, thrips	Glasshouse crops
South Africa	Green Muscle	<i>M. anisopliae</i>	Locusts	Natural bushland
Reunion	Betel	<i>B. bassiana</i>	Scarabbe et le larvae	Sugar cane
Switzerland	Engerlingspilz	<i>Beauveria brogniartii</i>	Scarabbe et le larvae	Pasture
Switzerland	Beauveria Schweizer	<i>B. brogniartii</i>	Scarabbe et le larvae	Pasture
France	Ostrinol	<i>B. bassiana</i>	Corn borer	Maize
Australia	Bio Green	<i>Metarhizium flavoviride</i>	Cock chafer	Pasture, turf

Conclusion

La lutte biologique est utilisée avec succès contre les principaux arthropodes ravageurs des cultures en serre et en plein champs. Les recours aux microorganismes, principalement les mycopathogènes, offre un avantage certain l'hôte peut être infecté sans qu'il ait à ingérer les spores. Cette propriété s'avère particulièrement intéressante contre les insectes piqueurs-suceurs, tels les pucerons et l'aleurode des serres.

L'étude du mode d'action des mycètes pathogènes a permis de comprendre les mécanismes d'infection de l'hôte. Des travaux en microscopie électronique ont permis de mettre en évidence les processus d'infection des espèces s'attaquant aux ravageurs.

Les événements chronologiques du parasitisme sont: la phase d'adhésion, la germination, la différenciation et la pénétration. Le processus d'infection se termine par l'émergence et la sporulation du pathogène à la surface des hôtes.

Notre analyse a montré que les espèces les plus étudiées sont : *Metatarhyzium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus*, et *Verticillium lecanii*.

Toutes ces espèces capables d'infecter tous les stades de l'insecte et non toxiques pour les ennemis naturels et provoquant des maladies sur l'hôte tel que la muscardine verte qui cause par *Metatarhyzium anisopliae* et la muscardine blanche chez *Beauveria bassiana*.

Les espèces *L.attenuatum*, *L.lecanii*, *L.longisporum*, *L.muscarium* et *L.nodulosum* ont été classifiées comme *V.lecanii*. *V.lecanii* est avéré très efficace pour la lutte de culture sans serres et sur tous contre l'aleurode et puceron et aussi peut être utilisé comme antagoniste de champignon cryptogamique tel qu'*Oidium spp* par l'activité antibiotique. D'autre part, l'intérêt de l'utilisation en lutte biologique contre les ravageurs, qui nécessite une humidité relative élevée et une température uniforme.

Toute une gamme d'agents de lutte biologique sont actuellement commercialisés pour le contrôle des ravageurs tel que les pucerons et les aleurodes comme Mycotal® et Vertalec® à base de *Verticillium lecanii* et Mycotrol à base de *Beauveria bassiana*.

Le large spectre d'hôte des souches *V.lecanii* et *B.bassiana* présente un grand intérêt pour la poursuite de recherches fondamentales et appliquées. De par leurs attributs biologiques uniques, elles s'avèrent très prometteuses pour le développement des agents de lutte biologique efficaces contre les ravageurs et maladies cryptogamiques en serre.

*Références
bibliographiques*

A

Akello, J., Dubois, T., Gold, C.S., Coyne, D., Nakavuma, J. and Paparu, P. (2007). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as an endophyte in tissue culture banana (*Musa* spp. *J. Invertebr. Pathol.* 96. p:34-42.

Andersen, S.O. (1979). Biochemistry of insect cuticle .*Ann.Rev.Entomol.*34.p:29-61.

Asensio, L., Carbonell, T., Lopez-Jiménez, J.A Lopez-Llorca, L.V. (2003). Entomopathogenic fungi in soils from Alicante province .*Spanish Journal of Agricultural Research* .1(3).p :37-45.

Averya, P. B., Queeley, G. L., Faulla, J. Simmonds, M.S.J. (2010). Effect of photoperiod and host distribution on the horizontal transmission of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) in greenhouse whitefly assessed using a novel model bioassay *Biocontrol Science and Technology*. 20(10) .p: 1097-1111.

B

Balfour, A et Khan, A. (2012). Effects of *Verticillium lecanii*(Zimm.) Viegason *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Homoptera: Aphididae) and its Parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hymenoptera: Braconidae). 48 (3). p: 123–130.

Barron, G.L. (1992). De nouvelles espèces et de nouveaux records de *Oidiodendron* . *Canadian Journal of Botany-Revue.*40.P: 589-607.

B'chir, M. M. (1984) .Étude de l'action des champignons prédateurs sur divers nématodes du sol en microscopie électronique à balayage. *I.N.A. T* ,43 avenue Charles-Nicolle, Tunis, Tunisie.7(1) p: 29-34.

Bedossa, A. (2002).Cahier de formation –les moisissures d'intérêts médical, p : 16-19.

Bidochka M.J., Burke S. et Ng L. (1999). Extracellular enzymes in the fungal genus *Verticillium*: adaptations for pathogenesis. *Canadian Journal of Microbiology* .45 .p: 856-864.

Bidochka M.J., Leger R.J.S., Stuart A. et Gowanlock , K. (1999). Nuclear DNA phylogeny in fungal genus *Verticillium* and its relationship to insect and plant virulence, extracellular proteases and carbohydrases. *Microbiology* .145. P : 955-963.

Boiron, p. (1996).Organisation et biologie des champignons .Ed-Nathan ,1996.9 rue. Méchain - 75014, Paris .p : 19-36.

Boissier , M.(2003). Etude et compréhension des phénomènes environnementaux régissant la colonisation des produits de construction par les aérosols fongiques : Application à l'hygiène des environnements intérieur .Thèse de l'Université de Paris XII-Val de Marne, p : 133.

Borowska, A., Golonkwa, J et Kotulowa, W. (1970). *Metarhizium velutinum* n.sp .*Acta Mycologica*.Warszawa, 6. p : 329-336.

Botton, B., Breton, A., Fevre, M., Gauthier, S., Guy, P.H., Larpent, J.P., Reymond, P., Sanglier, J.J., Vayssier, Y et Veeau, P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielles. 2^{ème} Ed-Mosson. Paris. Milan Barcelone Mexico. Collection Biotechnologie. ISBN :2-225-81987-4. P : 11-317.

Bouchet, P., Guinard, J.L et Villard, J. (1999). Les champignons :mycologie fondamentale et appliquée. Ed-Masson, Paris. p :18.

Boucias, D. G. et Pendland, J. C. (1991). Attachment of mycopathogens to cuticule: The initial event of mycosis in anthropol host. In: The Fungal Spore and Disease Initiation in Plants and Animals. Plenum. (Cole, G. T. Hoch, H. C. Eds). New York, p : 101 -1 28.

Boudih, S. (2011). Identification des moisissures et de leurs métabolites Secondaires colonisant des supports papiers. Evaluation de la toxicité sur des cellules épithéliales respiratoires *in vitro*. Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Docteur. L'Université Paris. EST. p :15-30.

Bourgeois, C.M., Mescle, J.F., Zucca, J. (1989). Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier. Paris. p : 216-244.

Butt, T.M. (1990). Fungal infection processes. Amini-reveiw Vth Int.colloq. Invertebr. Adelaide. Soc. For Invertebr. Pathol, p :121-124.

Butt, T.M. et Beckett, A. (1994). Structural studies on the infection processes of entomogenous fungi". International Colloquium for Invertebr. Pathol. Montpellier, France. Proceedings, p : 311-314.

Butt, T. M., Ibrahim, L., B. V., Clark, S. J et Beckett, A. (1995). The germination behavior of *Metarhizium anisopliae* on the surface of aphid and flea beetle cuticles. Mycol. Res. 99: 945-950. Canning, E. U. 1982. An evaluation of protozoal characteristics in relation to biological control pests. Parasitology. 84. p : 119-49.

C

Cadorette-Breton, Y. (2009). L'agrile du frêne, un insecte exotique envahissant. Phytologie. Canada. PTT-15504. P : 3-36.

Cagani, L., Svercal, M. (2001). The influence of ultraviolet light on pathogenicity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsomo) Vuillemin to the European corn Borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepodoptera :Crambidae). Journal of Cent Eur Agric. 2.p:3-4.

Cannon, P.F. (1996). Filamentous fungi. In Methods for the examination of organism diversity in soils and sediments. (Hall, G.S. Eds). CAB International, Wallingford, UK, p :125-143.

Chabasse, D., Bouchara, J.P., Gentile, L., Brun, S., Cimon, B et Penn, P. (2002). Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation biologie médicale. 230, bd Raspail. 75014. Paris. 25.p :15-16.

Charnley, A.K.(1989). Mechanisms of fungal pathogenesis in insects. In: Biotechnology of fungi for improving plant growth (Whipps, J.M. et Lumsden, R.D. Eds). Cambridge University. Press. P : 85-123.

Chandler, D., Sunderland ,K.D., Ball ,B.V., Davidson ,G. (2001) Prospective Biological Control Agents of *Varroa destructor* n.sp., an Important Pest of the European Honeybee, *Biocontrol Science and Technology*. 11.P : 429-448.

Coderre, D et Vincent, C. (1992).La lutte biologique : Taille de fond de la situation. In : La lutte biologique .Gaitan mori (Coderre, D et Vincent, C.Eds). Edition Canada. p : 661.

Comeau, A., 1992. La résistance aux pucerons: aspects théoriques et pratiques .In : La lutte biologique. (Morin, G. Eds.). Boucherville, Canada, p : 433-449.

Copplestone , J.C.(1997).A global view of pesticide safety .In :pesticide management and insecticide resistance ,(Watson ,D.L et Brown ,A.W.A . Eds). Academic Press,New York.

D

Davent, P et Rouxel, R. (1997).Détection et isolement des champignons du sol. Edition INRA, Paris. ISBN : 2-7380-0731-7.P :17-174.

Davet, P. (1996).Vie microbienne du sol et production végétale .Edition INRA. 14. Rue de l'université.75338.Paris Cedex .07.p :52-53.

De koussi. M. (2001). Les possibilités de la lutte microbiologique –en phase sur le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*. *Vertigo*.2(2).p :13-16.

Deshpande, M.V. (1999). Mycopesticide production by fermentation: Potential and challenges. *Crit. Rev. Microbiol*.25: p : 229-243.

Drummond, I., Heale , J .B., Gillespie, A.T. (1987). Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurode vaporariorum*. *Applied. Biol*. 11(1). P: 123-201.

E

Eskes, A.B ., Mendes, M.D.L et Robbs, C.F.(1991). Laboratory and field studies on parasitism of *Hemileia vastatrix* with *Lecanicillium lecanii* and *V. leptobactrum*. *Café Cacao Thé*. 37(4). p : 275-282.

Esteban , B. F., Patricia, B. C., Lino, M.R., Rina, G. C., Patricia,M. C et Alejandro,A. (2009). β -n-acetylglucosaminidase production by *lecanicillium (verticillium) lecanii* atcc 26854 by solid-state fermentation utilizing shrimpshell. 34(5). P : 358.

F

Fargues, J., Smits, N., Rougier, M., Boulard, T., Ridray, G., Lagier, J., Jeannequin, B., Fatnassi, H., Mermier, M. (2005). Effect of micro climate heterogeneity and ventilation system on entomopathogenic hyphomycete infection of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) in Mediterranean greenhouse tomato. *Biological Control*. 32: 461-472.

Feng, K.C., Liu, B.L. et Tzeng, Y.M. (2002). Morphological characterization and germination of aerial and submerged spores of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. *World Journal of Microbiology et Biotechnology*. 18. p: 217-224.

Ferron, P. (1978). Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annual Review of Entomology*, 23, p : 409-442.

Ferron, P., Fargues, J. et Riba, G. (1991). Fungi as microbial insecticides against pests. In hand book of Mycology. (Agora, D.K., Mukerji, K.G. Eds), Edition Marcel Dekker, New York. 2. p : 665-706.

Ferron, P., Fargues, J. et Riba, G. (1991). Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. In *Hand book of applied mycology*, 2. p: 237-270

Ferron, P., Fargues, J. et Riba, G. (1993). Les champignons, agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. In : Fraval, A. [ed.] *La lutte biologique. Dossier de la cellule Environnement de l'INRA*, Paris, France, 5. p : 62-92.

Ferron, P. (2000). La lutte biologique : définition concept et stratégie. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, p : 7-18.

Frans, A. A. M. L. et Brian, R. K. (1991). The nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria*. *Revue Nématol.* 14 (1), p : 157-164.

G

Gams, W. et Rozsypal, J. (1973). *Metarhizium flavoviride* n.sp. Isolated from insects and from soil. *Acta Botanica Neerlandica* 22, p : 518-521.

Galagan, J.E., Calvo, S.E., Borkovich, K.A., Birren, B. (2003). The genome sequence of the filamentous fungus *Neurospora crassa*. *Nature*. 422. p : 859-868.

Gardner, W. A., Sutton, M. R. et Noblet, R. (1977). Persistence of *Beauveria bassiana*, *Nomuraea necatrix* on soybean foliage. *Environ. Entomol.* 6, p : 616-618.

Gindin, G., Barash, L., Harari, N. et Raccach, B. (1994). Effect of endotoxin compounds isolated from *Verticillium lecanii* on the Sweetpotato Whitefly *Bemisia tabaci*. 22 (3). P:189-196.

Glare, T.R. (1992). Fungal pathogens of Scarabs, pp. 63-77. In : Jackson, T.A., Glare, T.R. [eds.]. *Use of Pathogens in Scarab Pest Management*. Andover, Hampshire, England, p : 297.

Goettel, M. S., Koike, M., Jun Kim, J., Aiuchi, D., Shinya, R et Brodeur, J. (2008) .Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases .*Journal of Invertebrate Pathology* .98. P : 256–261

Gottwald, T .R et Tedders ,W .L.(1984) . Colonization, transmission and longevityof *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina :Hypomycetes) on Pecanweevillarvae (Coleoptera : Cucurlionidae) in the soil. *Environmental Entomology*.13. p : 557-560.

Greathead, D. J., Kooyman ,C., Launois-Luong ,M. H et Popov ,G. B. (1994).Les ennemis naturels des criquets du sahel. Ministère des affaires étrangères des Pays-Bas et Cirad-Gerdad-Prifas) - Collection Acridologie Opérationnelle. ISBN : 2 - 87614 - 159 - 0. P : 8.

H

Hall, R. A. (1981) .The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: *Microbial Control of Pests and Plant Disease*. (Burgess, H. ed.), Academic Press, London, p : 483-498.

Hall, R.A. (1984).Epizootic potential of aphids of different isolates of the fungus *Verticillium lecanii*. *Entomophaga*.29 (3) .P: 311-321.

I

Ignoffo, C. M. (1970). Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecology of Animal Contributions by Habitat Management, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station. p : 47-57.

Ignoffo, C.M et Hostetter, D. L. (1977). Environmental stability of microbial insecticides. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 10 p :1-80.

J

Johanne, C et Lucie, L (2003).Amélioration des qualités nutritionnelles du milieu de culture utilisé pour produire *Trichoderma*, afin d'en maximiser le potentiel antagoniste Horti-Protection inc. p : 4-44.

Johnston, J .R. (1915).The entomogenous fungi of Puerto-pico.puerto-rico Board of commissioners. *Agricultural Information Bulletin USDA Forest Service*.10.p :1-33.

Jorge, H et Alan, R.(2009).Pour éliminer un ravageur. Le recours aux rayonnements améliore la lutte biologique contre les insectes nuisibles. *IAEA Bulletin*. P : 1-51.

K

Kanga, L.H.B., James, R.R., Boucias ,D.G. (2002). *Hirsutella thompsonii* and *Metarhizium anisopliae* as potential microbial control agents of *Varroa destructor*, a honey bee parasite, *Journal of Invertebrate Pathology*. 81.p: 175-184.

Koike, M., Sugimoto, M., Aiuchi, D., Nagao, H., Shinya, R., Tani, M et Kuramochi, K. (2007). Reclassification of Japanese isolate of *Verticillium lecanii* to *Lecanicillium* spp..Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 51, P : 234-237.

Kpindou, O. K. D., Djegui, D. A., Glitho, L. A. et Tamò, M. (2012). Réponse des stades larvaires de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) à l'application de champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. ISSN: 1370-6233. 16 (3) .P: 283-293.

L

Laird, M., Lacey, L.A. et Davidson, E.W. (1990). Safety of microbial insecticides. CRC Press .Inc Baton Rouge. P: 55-63.

Laird, M., Lacey, L.A et Davidson, E.W. (1990). Safety of microbial insecticides. Boca Raton, CRC Press, Inc. p : 247.

Laurent- DARTHOUT, C. (2006). Les moyens alternatifs de protection des cultures État des lieux et perspectives. 222 .P :6 .

Lazreg, F., Shaukat, A., Shunxiang, R et Afzal, M. (2007) Biological characteristics and pathogenicity of *Verticillium lecanii* against *Bemisia tabaci* (homoptera: aleyrodidae) on egg plant . 29(2) .P : 64-72.

Luis Vicente, L. L et Toñi, C. (1999). Characterization of Spanish strains of *Verticillium lecanii*. Universidad d'Alicante, Spain. 16 p : 136-142.

M

Magalhaes, B.P., Butt, T.M., Humber, R.A, Shields, E.J. et Roberts, D.W. (1989). Formation of appressoria in vitro by the entomopathogenic fungus *Zoophthora radicans* (Zygomycetes: entomophthorales). j. Inv. Pathol. 55.p: 284-288.

Markham, P.G., Bedford, I.D., Liu, S., Pinner, M.S. (1994) The transmission of geminiviruses by *Bemisia tabaci*. Pesticide Science 42, p : 123-128.

McCoy, A., Quitela, E.D et Faria, M. (1990). Environnemental persistence of Entomopathogenic fungi .in New direction in biological control .(Baker .R.R. et Dunn.p.E .Eds). A.R.LISS, NewYork, p : 139-159.

Mehta, J., Dhaker, J., Kavia, A., Sen, P., Kaushal, N et Datta, S. (2012). Biomass Production of Entomopathogenic Fungi using various Agro Products in Kota Region, India . International Research Journal of Biological Sciences. ISSN 2278-322. 1(4), p: 12-16.

Meikle, W., Mercadie, G., Girod, V. (2007). Les micro-champignons, Nouvel espoir dans la lutte biologique contre *Varroa* des Truques. Abeilles & Cie. 118 .P :14-19.

Mendonça, A.F. (1992). Mass production, application and formulation of *Metarhizium anisopliae* for control of sugarcane froghopper, *Mahanarva posticata*, in Brazil. – In : Lomer C.J. et Prior C. (Biological control of locusts and grasshoppers). Proceedings of a workshop held at the International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Benin, April 29-May 1st, 1991. – CAB International :Oxon (UK).p: 239-244.

Meyer, S. L. F., Huettel, R. N. et Sayre, R. M. (1990) Isolation of fungi from *Heteroderaglycines* and in vitro bioassays for their antagonism to eggs. Journal of Nematology.22, p : 532-537.

Meyer, S. L. F et Meyer, R.J. (1996). Greenhouse studies comparing strains of the fungus *Verticillium lecanii* for activity against the nematode *Heterodera glycines* .ISSN 1164-5571. 19 (3).P :305-308.

Meyer, S. L. F. (1999). Efficacy of the fungus *verticillium lecanii* for suppressing root knot nematode egg numbers on cantaloupe roots. P : 443-447.

Michalaki, M.P., Athanassiou, C.G., Steenberg, T et Buchelos, C.Th.(2007). Lutte biologique, Biological Control.40(2).p :280-286.

Michèle. L. (2007). La maladie de la môle sèche du champignon de couche, *agaricus bisporus* variabilité du pathogène, *Verticillium fungicola*, et perturbation morphologique et transcriptionnelle chez son hôte. Thèse de doctorat l'université de Pau et des Pays de l'Adour Ecole doctorale des sciences exactes et de leurs applications .p: 224

Milat-Bissaad, F. Z., Bounaceur, F., Halouane, F., Outtar, Fet Doumandji-Mitiche, B.(2011). Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae varacridum* sur le comportement alimentaire de *schistocerca gregaria*. ISSN 2170-1318. 1(2). P: 40-51.

Milner, R.J., Lutton, G. G. (1986). Dependence of *Verticillium lecanii* (Fungi: Hyphomycetes) on high humidities for infection and sporulation using *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as host Environ. Entomol. 15. : 380-382.

Milner, R.J. (1997). Les perspectives de biopesticides pour la lutte contre les pucerons. *Entomophaga*, 42, p :227-239.

Millet, S., Bonhomme, A et Panchaud, K. (2007). Vers un moyen de lutte biologique contre *Paysandisia archon*. Un champignon. Au secours des palmiers. 604. P : 40.

Moubasher, A. H., Abdel-Rahman, M. A.A. A., Abdel-Mallek, Y et Hammam G. H. A.(2010). Biodiversity of entomopathogenic fungi infecting realand cabbage aphids in Assiut. University Omalkora.

Morel, D., Batlle, B., Vignaud, A et Lascaux, E. (2010). La décennie du virage écologique. *Koppert Biological Systems*, 25.P : 8

N

Nahar, P., Ghormade, V., Deshpande, M.V. (2004) .The extracellular constitutive production of chitinase in *Metarhizium anisopliae*: possible edge to entomopathogenic fungi in the biological control of insect pests. *J. Invertebr. Pathol.* 85. p: 80-88.

Nasraoui, B. (2001). Les champignons parasites des plantes cultivées .p :67.

Nedstam, B. (1992). Report on biological control of pests in Swedish pot plant production. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* .22, p : 417-420.

Noémie, L. (2010) .Applicabilité De La Lutte Biologique Aux Ravageurs Au Québec. Université de Sherbrooke, p : 1-87.

O

Oborník, M., Jirku, M et Doležel, D.(2001). Phylogeny of mitosporic entomopathogenic fungi: Is the genus *Paecilomyces* polyphyletic .*Can. J. Microbiol.* 47.p: 813–819.

OEPP/EPPO (1989) .Data sheets on quarantine organisms No. 178, *Bemisia tabaci*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* .19, p : 733-737.

Osborne, L.S et Landa, Z. (1992). Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. *Fla. Entomol.* 75. p: 456–471.

Oudard, E. (1999). Evolution de la lutte contre l'aleurode des serres. *PHM revue horticole*. 407, p : 17-20.

Ozenda, P. (2006). Les végétaux. Organisation et diversité biologique. 2^{ème} édition. Paris .ISBN :2 10 050724 9. P : 131-134.

P

Pasco, B., Averya, B., Gilbert, L., Queeley, C., Jane, F et Monique, S.J. S. (2010). Effect of photoperiod and host distribution on the horizontal transmission of *Isaria fumosorosea* (Hymenozoa: Cordycipitaceae) in greenhouse whitefly assessed using a novel model bioassay. *ISSN 0958-3157*. 20(10).p : 1097-1111.

Patrick, B. (1996). Organisation et biologie des champignons. Paris. 70405. ISBN 2.09.190443.0 p:99-100.

R

Rademaker, W et Jong, J. (1985) [Rouille japonaise à quel point les chrysanthèmes sont-ils résistants ou sensibles?]. *Vakblad voor de Bloemisterij*. 40, p : 45, 49.

Rademaker, W et Jong, J. (1987). Types of resistance to *Puccinia horiana* in chrysanthemum. *Acta Horticulturae* .197.p : 85-88.

Ray, C. (1999). The Entomopathogen *Verticillium lecanii* .University of Illinois . VI. N°. 12.

Razafindrakoto , R. C., Rakotoarisoa,H.L., Razafindrakoto ,M.A .,Ratnadass ,A et Vercambre,B.(2010). Lutte biologique intégrée contre des insectes terricoles, *Heteromychus spp* à Madagascar, par un champignon entomopathogène sur riz pluvial en semisdirect sous couverture végétale. Etude et Gestion des Sols. 17(2).p : 159 -168.

Regnault-Roger,C .(2005).Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement .Lavoisier, Paris .p :625-650.

Regnault-Roger ,C., J,R Philogène, B et Vincent ,C. (2008).Biopesticides d'origine végétale. Lavoisier, Paris .2^{ème} édition .ISBN :978-2-7430-1081-2. 581(79).p :15-18.

Rispail, P. (2008). Principaux Champignons impliqués en pathologie humaine Mycoses chez l'Homme .1er cycle – PCEM2 – MB7 – Parasitologie – M1 – Champignons et mycoses. Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes. p : 1-6.

Roberts, D. W. et Campbell. A. S. (1977). Stability of entomopathogenicfungi. Misc Publ. Entomol Soc. Am. 10. p: 19-76.

Ronzon, B. (2006) .Biodiversité et lutte biologique. Comprendre quelques fonctionnements écologiques dans uneparcelle cultivée, pour prévenir contre le puceron de la salade .Ces Agriculture Biologique, ENITA C.p :7-22.

S

Sahayaraj, K et Karthick Raja Namasivayam , S.(2008) .Mass production of entomopathogenic fungiusing agricultural products and by products .African Journal of Biotechnology . 7 (12), p : 1907-1910.

Samantha, M., Antoine ,B et Karine ,P.(2007).Vers un moyen de lutte biologique.contre *Paysandisia archon*.

Samson, R. A. (1974).Notes on entomogenous fungi form Ghana .II.the genous *Akanthomyces* . Acta Botanica Neerl .23. p : 28-35.

Senn-Irlet, B., Egli, S., Boujon, C., Kùchler, H., Kùffer, N., Neukom, H.P et Roth, J.J. (2012).Protéger et favoriser les champignons.Not.parat. ISSN 1012-6554. 49 .P: 12.

Samson, R.A. (1974). *Paecilomyces* and some allied Hyphomycetes. Stud. Mycol.6.p: 1–19.

Shinya, R ., Watanabe ,A .,Aiuchi, D .,Tani, M ., Kuramochi ,K ., Kushida, A et Koike, M. (2008) .Potential of *Verticillium lecanii*(*Lecanicillium spp.*) hybrid strains as biological control agents for soybeancyst nematode:Is protoplast fusion an effective tool for development of plant-parasitic nematode control agents. 38(1).p :10-15..

Silvy, C et Riba ,G(1999).Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises Herbes. *In* : Fraval, A., Silvy, C.(eds). La lutte biologique (II). Dossiers de L'environnement de l'INRA. Paris, 19 .p : 274.

Simpson, A.G.B., Roger, A.J. (2002). Eukaryotic evolution: getting to the root of the problem. *Current Biology* .12, p : 691-693.

Simpson, A.G.B., Roger, A.J. (2004). The real 'kingdoms' of eukaryotes. *Current Biology* .14, P : 693-696.

Smith, R. J. et Grula. E. A. (1982). Toxic components on the larval surface of the corn earworm (*Heliothis zea*) and their effects on germination and growth of *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol* .39: 15-22.

Srivastava, A.K. , Défago, G., Kern, H. (1985) Hyperparasitism of *Puccinia horiana* and other microcyclic rusts. *Phytopathologische Zeitschrift* .114.p :73-78.

Steinberg, S., Heinz ,K.M., Barash, L, Hoelmer,K.H., Rose ,M.,Nordlund D.A.,Nordlund,D.A., Hall,R.A., Minkenberg ,O., Gerling,D.(2004).Nouvelles du projet Une nouvelle espèce de mouche blanche émerge comme un ravageur des céréales en Amérique centrale .Thème 7: La lutte biologique contre *Bemisia USA*

St Leger, R.J. (1993). Biology and mechanisms of insect-cuticle invasion by deuteromycete fungal pathogens. In: *Parasites and pathogens of insects* . Beckage, N.E, Thompson, S.N., Federici ,B.A (eds.). Academic Press Inc., New York, USA .p : 211-225.

Stranes, R., Lius, C.L et Maronep , G. (1993). History .use and future of microbial insecticides .*Amer .Entomol* .39.p :83-91.

Subramanian, C. V. (1983). *Hyphomycetes: Taxonomy and Biology*. Academic Press. New York, p. 28.

Sugimoto, M., Koike, M., Hiyama, N et Nagao, H. (2003).Genetic, morphological, and virulence characterization of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. *J. Invertebr. Pathol*. 82. P : 176-187.

Sutton, D. A., Fothergill, A. W et Rinaldi M. G.(1998).Guide to clinically significant fungi, Isted. Williams & Wilkins, Baltimore, p: 14.

T

Tanada, Y et Kaya, H. (1993). *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego, California. Estados Unidos. p : 666.

Thomas, B., Murphy, D.J., Murray, B.G. (2003). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. Londres, Elsevier Academic Press, p : 1319.

V

Vandermeer, J., Perfecto, I et Liere ,H.(2009). Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium Lecanii* , through a complex ecological web *Plant Pathology* .58 .p : 636-641.

Van Lenteren , J. C et Woets, J.(1988).Biological and interated control in green-houses. Annual Review of Entomology.33,p:239-269.

Veen, K.H. (1968). Recherche sur la maladie due à *Metarhizium anisopliae* chez le criquet pèlerin .meded. land bouwhogeschool,wagningen .68. p:1-77.

Vey ,A.L. ,Fargues ,J et Robert,P.(1982).Histological and ultra structural studies of factors determining the specificity of pathotypes of the fungus *Metarhizium anisopliae* for scarabied larvae .*Entomophaga*.27.p :387-397.

Vincent, C et Coderre , D.(1992).la lutte biologique .Gaetan Morin Éditeur (Montréal) et Lavoisier Tech Doc (paris),p :671.

Von Arx J. A. (1986). Tolypocladium, a synonym of Beauveria. *Mycotaxon*. 25.p :153-158.

W

Workneh, F et Van Bruggen, A.H.C. (1993).Varaibles associated with corky root and phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms .*phytopathology*.83. p :581-589.

Wraight , R. J et Roberts,D.W.(1987). Insect control effort with fungi develop .*Industr. Microbial*, 28, p : 77-87.

Z

Zare, R et Gams, W. (2001). Arevision of *Verticillium* section *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium*. *Nova Hedwigia* .73, p: 1-50.

Zimmermann, G. (1993) .The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* etits potential as a biocontrol agent. *Pesticides Science* .37.p: 375-379.

Zimmermann, G. (2007).Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, . 17(6).p : 553-596.

Site d'internet :

Site (1) [www.agriculture -de-demain.fr](http://www.agriculture-de-demain.fr).

Site(2) www.coprowed.free.fr .

Site (3) [www.Spices.in /photogallarz/biologicalcontrol/pages /Trichoderma.spp.htm](http://www.Spices.in/photogallarz/biologicalcontrol/pages/Trichoderma.spp.htm).

Site (4) **Koppert (s.d.)**. The Company. In *KoppertBiologicalSystems.KoppertBiologicalSystems and Natural Pollination*, [En ligne]. <http://www.koppert.com/company/> (Page consultée le 9 juin 2010).

Site (5) www.doctorfungus.org/therfungi/paecilomyces.php.

Site (6)[www.mycology.adelaide.edu .au](http://www.mycology.adelaide.edu.au).

Site (7)www.insectimagers.org.

Site (8) <http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/> **FungalBiology**.

Encadreur : Mr Bouhous Mostefa
Préparé par :
Belabrichel Saliha
Boulahmar Nawal
Boulamiz Ghania

Thème : Evaluation d'un champignon entomopathogène en lutte biologique.

Date : 17-06-2013.

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 (bactéries, virus, champignon).

On a étudié beaucoup des phénomène d'insectes sur quelque champignons entomopathogènes comme : *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassian*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Metarhizium anisoplia*.

Après l'évaluation des toutes les espèces. Montre que *Verticillium lecanii* est le plus efficace 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.

Mots clés : lutte biologique, champignons entomopathogènes, *Verticillium lecanii*

Abstract :

Insects and their harmful effects on plants in greenhouses and open fields induce the use of chemical control has adverse effects on human health and the environment. For this transmuted into biological control using microorganisms (bacteria, viruses, fungi).

We studied the phenomenon of many insects on some entomopathogenic fungi as: *Verticillium lecanii*, *Beauveria Bassian*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Metarhizium Anisoplia*.

After the evaluation of all species. Shows that *Verticillium lecanii* is most effective against aphids and whiteflies. In terms of the environment. Finally advisable to generalize the use of entomopathogenic fungi in biological control and that for its many benefits.

Key words: control biological, entomopathogenic fungi, *Verticillium lecanii*.

المخلص:

الحشرات وما تسببه من أضرار على النباتات داخل البيوت البلاستيكية وخارجها أدت إلى استعمال المكافحة الكيميائية التي لها تأثيرات سلبية على صحة الإنسان و البيئة . لهذا السبب تم التقليل من استعمالها و تعويضها بالمكافحة البيولوجية وذلك باستعمال الكائنات الدقيقة (البكتيريا، الفيروسات، الفطريات).

لقد تمت دراسة العديد من الآفات الحشرية باستعمال بعض الفطريات الممرضة مثل: *Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*

وبعد تقييم فعاليتها، تبين أن *Verticillium lecanii* هو الأكثر فعالية في مكافحة المن، الذباب الأبيض تحت ظروف بيئية. في الأخير ينصح بتعميم استعمال المكافحة البيولوجية باستعمال الفطريات الممرضة للحشرات وذلك لنتائجها الإيجابية.

الكلمات المفتاحية: المكافحة البيولوجية، الفطريات الممرضة للحشرات، *Verticillium lecanii*.

