

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة محمد السادس
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
البيولوجيا والعلوم الطبيعية والصيدلانية
المستقبلية

.....A 8.42..... République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique



Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et Sciences

De la Nature et de La vie

Département de Biologie Moléculaire

et Cellulaire

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية

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

Option : Microbiologie

Intitulé

*Champignons entomopathogènes
(Hyphomycètes)
et leur utilisation en lutte biologique*

Membres du Jury :

Examinatrice : D^r Akroum S.

Encadreur : M^r Bouhous M.



Présenté par :

Bouhbila Nadjat.

Boucherit Widad.

Messadi Imene.

Année Universitaire : 2011- 2012

Remerciements

Nous remercions « Dieu » qui nous a donné la santé et la volonté durant ces 4 années afin d'établir ce présent mémoire.

*Nous tenons à exprimer notre vif remerciement pour notre encadreur **Mr BOUHOUS M** pour toute son aide et conseils, ainsi que pour sa grande patience et sa gentillesse jusqu'à la fin de ce mémoire.*

*Nous remercions également notre jury **M^{LLE} AKROUM S** qui nous a fait l'honneur de jurer et examiner notre travail.*

Un immense merci à nos familles, nos chers amis et collègues pour leur affection, leur amitié et leur fidélité.

NADJET IMENE WIDAD

Exa _____ nathica : Dr. ARBUCI

~~14~~

Som aire

Sommaire

Introduction.....	1
CHAPITRE I : Les germes entomopathogènes utilisés dans la lutte biologique.	
I.1. Les germes entomopathogène	2
I.1.1. Les virus	2
I.1.2. Les bacteries.....	3
I.1.3. Les nématodes.....	3
I.1.4. Les champignons.....	4
I.2. Les Biopesticides.....	5
I.2.1. Les Biofongicides.....	5
CHAPITRE II : Les champignons entomopathogènes.	
II.1. Classification des champignons.....	6
II.1.1. Gymnomycota.....	6
II.1.2. Mastigomycota.....	6
II.1.3.1. Zygomycètes	6
II.1.3.2. Ascomycètes.....	7
II.1.3.3. Basidiomycètes.....	7
II.1.3.4. Deuteromycètes.....	7
II.1.3.4.1. Les Blastomycètes	8
II.1.3.4.2. Les Coelomycètes.....	8
II.1.3.4.3. Les Hyphomycètes.....	8
II.2. Les caractères généraux des Hyphomycètes.....	9
II.2.1. Mode de vie.....	9
II.2.1.1. Parasitisme.....	9
II.2.1.2. Symbiose.....	10
II.2.1.3. Saprophytisme.....	10

II.2.2. La reproduction.....	10
II.3. Les facteurs qui influencent la croissance des champignons.....	11
II.3.1. Les facteurs de l'environnement	11
II.3.1.1. La lumière.....	11
II.3.1.2. La température.....	12
II.3.1.3.L'humidité.....	12
II.3.2. Les facteurs liés aux l'hôte.....	13
II.4. Mode d'action.....	13
II.5. Morphologie des champignons entomopathogènes.....	15
II.5.1. Morphologie microscopique de <i>Beauveria bassiana</i>.....	15
II.5.2. Morphologie microscopique de <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>.....	16

CHAPITRE III : La lutte biologique

III.1. L'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique.....	17
III.1.1. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre l'acridien.....	17
III.1.2. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre les aleurodes.....	20
III.1.3. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre les nématodes.....	22
III.1.3.1. Les champignons prédateurs.....	22
III.1.3.2. Les champignons ovicides.....	23
III.1.3.3. Les champignons nématophage à spores adhésives.....	24
III.1.4. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre le puceron	24
Conclusion.....	26
Références bibliographiques	

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : classification générale des champignons.....	08
Figure 02 : cycle de développement des Hyphomycètes.....	11
Figure 03 : Schéma du monde d'infection illustrant la composante majeure interaction entre les insectes et les pathogène durant la pénétration.....	14
Figure 04 : Conidies unicellulaires disposées en grappes au sommet de cellules à croissance sympodiale, solitaires ou disposées en bouquets denses sur les filaments végétatifs (objectif 40).....	15
Figure 05 : Conidiospores en microscopie électronique à balayage (2A) et conidiogènes (2B) de <i>paecilomyces fumosoroseus</i>	16
Figure 06 : Conidies de <i>Beauveria bassiana</i>	18
Figure 07 : Criquet pèlerin infecté par <i>Beauveria bassiana</i>	18
Figure 08 : Conidies de <i>Metarhizium flavoviride</i>	19
Figure 09 : Criquet pèlerin infecté par <i>Metarhizium flavoviride</i>	19
Figure 10 : Criquet pèlerin infecté par <i>Metarhizium anisopliae</i>	20
Figure 11 : adulte d'aleurode infecté.....	21
Figure 12 : Nématode capturé dans le réseau engluant d'un champignon prédateur.....	22
Figure 13 : œuf de nématode parasité par un champignon ovicide.....	23
Figure 14 : Puceron infecté.....	25
Figure 15 : la formation de la fumagine.....	25

Liste des Tableaux

Tableau 01 : quelques Biopesticides commercialisés à base des champignons.....	05
Tableau 02 : les intervalles de temps requis pour un taux de mortalité de temps requis pour un taux de mortalité de 50% (LT 50) parmi <i>A.gossypii</i> changé avec différentes contraintes fongiques	26

Liste des Abréviations

B t : *Bacillus thuringiensis*

L1: Stade Larvaire 1

L2: Stade Larvaire 2

L3: Stade Larvaire 3

L4: Stade Larvaire 4

L5: Stade Larvaire 5

R H: Humidité relative

UV: Ultraviolettes

Introduction



Introduction

La lutte chimique a entraîné le développement de résistance de quelques insectes, et de son impact négatif sur l'environnement a favorisé le développement des stratégies alternatives de gestion des ravageurs, dans lequel le control microbien peut jouer un rôle important (Faria et Wraight, 2001).

La lutte biologique consiste à l'utilisation des organismes vivant pour supprimer la densité de la population ou l'impact d'un organisme nuisible déterminé ,ce qui rend moins abondante ou moins néfaste que ce quelle serait autrement (Eilenberg et al, 2001).

Les micro-organismes entomopathogènes ayant un potentiel d'agent de lutte biologique contre les insectes nuisibles et les nématodes, plus de 700 espèces de champignons, sont susceptibles d'infecter des insectes (Starnes et al, 1993).

La plupart, des champignons entomopathogènes ont un cycle de vie qui se synchronise avec les étapes de l'infection de l'hôte et aussi avec les conditions de l'environnement.

Les champignons entomopathogènes les plus fréquentes appartienne à la classe des Deutéromycètes, sous classe des Hyphomycètes (Rakotoson et al, 2009). Ces champignons constituent plusieurs espèces pathogènes d'insectes, qui attirent l'attention de pathologistes, en raison de leur forte capacité d'utilisation dans le contrôle biologique contre les ravageurs (Marek et Ludovit, 2006).

Dans ce contexte, nous avons réalisé notre travail dont les objectifs visent à :

- Estimer l'importance des champignons Hyphomycètes dans la régulation des populations d'insectes.
- Identifier les caractères généraux des champignons Hyphomycètes et les conditions d'environnement et leur influences sur eux.
- Signaler les espèces les plus utilisées dans la lutte biologique.



les germes entomopathogènes dans la lutte biologique

I.1. Les germes entomopathogènes

Les organismes vivants peuvent être considérés comme des ennemis naturels selon l'angle avec lequel on examine leur écologie. Cependant dans un contexte de lutte biologique en agriculture et en foresterie, et surtout en ce qui concerne la lutte biologique contre les insectes ravageurs (**Kouassi, 2001**).

Micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les nématodes, et les champignons. (**Ignoffo, 1973 ; Cantwell et Cantello, 1984**). Ils sont naturellement présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infectent généralement leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate (**Youcef et al, 2011**). Tous ces micro-organismes possèdent des formes de résistance leur permettant de persister dans l'environnement et de perpétuer leur cycle de vie (**Jourdheuil et al, 1992**).

I.1.1. Les virus

Les virus sont des parasites obligatoires et ne peuvent se reproduire que dans les cellules vivantes. On connaît environ 650 espèces de virus pathogène d'insectes (**khachatourians, 1986**). Au cours de processus d'infection dans le noyau des cellules, ces virus forment des corps d'inclusion appelés polyèdres qui sont constitués de nombreuses particules virales dans une matrice protéinique composé principalement d'un simple polypeptide, la polydrine. Les polyèdres ingérés vont être dégradés par les protéases du tube digestif de l'insecte et les virions libérés traversent les cellules intestinales pour se multiplier dans les hémocytes et dans les tissus adipeux. Il est rapporté par (**Meynadier et al, 1993**) que dans certains cas, les virus liquéfient les corps gras entraînant une turgescence de l'insecte suivi de sa mort. Les caractéristiques principales des bioinsecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (**Dent, 1991**).

Les plus connus sont les baculovirus et affectent principalement les lépidoptères et les hyménoptères phytophages. Le principal désavantage des virus entomophages demeure la difficulté de les propager en masse à faible coût, compte tenu du caractère obligatoire de leur multiplication à partir de tissus intacts d'insectes (**Street et Mc. Guire, 1990**).

I.1.2. Les bactéries

Les bactéries sont des microorganismes le plus souvent associés aux insectes (**poinar thomas, 1985**). Selon (**Starnes et al, 1993**), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Ces bactéries entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les Bacilluaceae, Enterobacteriaceae et Pseudomonaceae (**Greathead et al, 1994**).

Une bactérie est plus répandue dans la lutte biologique est isolée à partir du sol *Bacillus thuringiensis*, à la base de nombreuses préparations commerciales qui se stockent et s'utilisent aisément comme des insecticides. L'avantage de cette technique est la spécificité du produit qui ne touche que les insectes broyeurs donc essentiellement les défoliateurs (l'épidoptères, tenthrèdes) et épangneaux auxiliaires utiles ainsi que les vertébrés. *Bacillus thuringiensis* est une bactérie aérobie du sol capable de sporuler qui se multiplie aisément sur milieu artificiel. Certaines souches de *Bacillus thuringiensis* possèdent une spore et une inclusion parasporale composée d'une ou plusieurs toxines protéiques. (**Heimpel, 1967**). Dans le mésenteron de l'insecte, en présence d'un pH stomacal basique (8,9), le cristal va se désintégrer pour libérer une endotoxine, un polypeptide toxique qui va provoquer une rapide baisse de l'ATP au niveau des cellules stomacales, un gonflement de cellules épithéliales, une paralysie du tube digestif et un déséquilibre ionique dans l'hémolymphe. L'insecte meurt par inanition (**Greathead et al, 1992; Miller et al, 1983**) ou par une septicémie provoquée par la multiplication de la bactérie dans l'hémolymphe et les tissus. Des préparations à base de *Bacillus thuringiensis* comme la (Bactospeine) sont commercialisées dans beaucoup de pays (**Zamoum et al, 2005**).

I.1.3. Les nématodes

On a connu plus de 3000 associations d'insectes-nématodes, on trouve parmi celles-ci une variété de nématodes qui sont des parasites facultatifs ou obligatoires d'insectes, en particulier dans le sol et l'eau (**Boilly, 1994**). L'infection se fait à partir d'œufs déposés sur les feuilles des plantes. Les œufs déposés sur les feuilles des plantes. Les œufs éclosent et les larves regagnant l'hémocèle et au quatrième stade quittent l'hôte par perforation des tissus inters segmentaires, il s'ensuit la mort de l'insecte (**Kouassi, 2001; Pelsoneer et al, 2006**).

Chapitre I Les germes entomopathogènes utilisées dans la lutte biologique

Certaines espèces de nématodes entomopathogènes ont été testées pour lutter contre des insectes nuisibles aux arbres. Les nématodes *Steinernerma carpocapsae* est utilisé sous la forme de suspension dans l'eau pure on additionné de divers produits (huile, glycérine, *Bacillus thuringiensis*). Au stade juvénile infectieux, les nématodes hébergent dans leur intestin une bactérie symbiotique du genre *Xenorhabdus*. Ils pénètrent dans les insectes par les orifices naturels ou par effraction à travers le tégument. Une fois dans l'hémocoel, ils libèrent leurs bactéries qui en se multipliant, provoquent une septicémie et tuent l'insecte (Chaufaux, 1993).

I.1.4. Les champignons

Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique, plus de 700 espèces de champignons sont entomopathogènes (Starnes et al, 1993) et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (Wraight et Roberts, 1987; Ferron, 1978). Ils appartiennent à la classe des Chytridiomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina et Deuteromycotina. Le plus grand nombre de pathogènes se trouvent dans la classe des Zygomycètes, mais les plus utilisées en lutte biologique proviennent des Deuteromycètes (*Fungi imperfecti*). Les espèces des genres *Beauveria*, *Metharizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga* sont les plus utilisées en lutte biologique (Wraight et Roberts, 1987; Goettel, 1992). Ils ont un intérêt agronomique considérable dans la lutte biologique contre les ravageurs de cultures et sont donc l'objet d'études de plus en plus poussées. La pathogénicité de l'inoculum sporal et la spécificité de l'hôte sont deux paramètres importants dans le choix de l'isolat fongique (vincent et al, 2007).

Les champignons entomopathogènes sont des agents de lutte très intéressants du fait de leur aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact pendant tous les stades, œuf, larve, adulte sensibles ainsi que les succeurs-piqueurs (Carruthers et Soper, 1987). Ils peuvent être produits en masse à moindre coût et peuvent être appliqués avec les méthodes conventionnelles. Les principaux facteurs limitant l'utilisation en champ des champignons sont abiotiques et vont entraîner la perte d'efficacité de l'inoculum fongique sur le couvert végétal. Les effets de certains facteurs sur la viabilité des conidies ont été très étudiés comme la température (Stathers et al, 1993), l'effet du rayonnement solaire sur la rémanence ou l'inactivation de l'inoculum infectieux (Burgess, 1981; Gardner et al, 1977), l'effet de l'humidité (Hall et Papierok, 1982; Ramoska, 1984; Khachatourians, 1986).

Chapitre I Les germes entomopathogènes utilisées dans la lutte biologique

I.2. Les Biopesticides :

Les Biopesticides sont des pesticides dérivés d'organismes vivants comme les bactéries, les champignons ou les virus (Hulton et Reilly, 2001 ; Vincent, 1992). Ils ont les mêmes principes de base que les pesticides chimiques sauf que l'agent biocide est un organisme vivant ou sa toxine (Heuzé, 1995). A la fin de l'année 1998, 175 biopesticides actifs ont été homologués (Hulton et reilly, 2001). Ils sont répartis en 03 classes principales à savoir : les biopesticides bactériens, les biopesticides viraux et les biopesticides fongiques.

I.2.1. Les Biofongicides :

L'utilisation des champignons dans l'élimination de nombreux insectes nuisibles n'a pas connu la même réussite que *Bacillus thuringiensis*. Les champignons infectent les insectes à travers la cuticule et non pas le tube digestif, ils sont donc très sensibles aux conditions climatiques et nécessitent une humidité très élevée surtout au début de l'infection. Pour cela, leur emploi n'a pas connu beaucoup de développement. Cependant, et malgré ces difficultés, il était possible d'utiliser quelques genres à une échelle industrielle. Il s'agit de *Beauveria*, *Metarhizium* et *Verticillium* tous les trois appartenant à la classe des Deuteromycètes. (Silvy et Riba, 2001).

Le tableau suivant représentant quelques Biopesticides commercialisés à base des champignons.

Tableau 01 : quelques Biopesticides commercialisés à base des champignons. (Silvy et Riba, 2001).

champignons	Insectes cibles	Nom commercialisé
<i>Beauveria bassiana</i>	Aleurode, puceron, cochenille	Mycotrol WP
<i>Metarhizium anisoblie</i>	Termites	Bioplast
<i>Verticillium lecanii</i>	Aleurodes, thrips, cochenilles, pucerons	Mycotalec Vertalec
<i>Metarhizium anisobliae</i>	blattes	Ecoscience

Chapitre II:

Les Champignons Comopathogènes

La majorité des Deutéromycètes sont des formes imparfaites d'Ascomycètes. Ces champignons sont unicellulaires ou à thalle filamenteux septé. Chez les Deuteromycètes, les spores asexués sont formées de manière exogène, généralement par bourgeonnement à partir d'une cellule spécialisée appelée cellule conidiogène. On appelle les spores ainsi produites des conidies (Bedossa, 2002). Les Deutéromycètes sont divisés en 3 sous classes :

II.1.3.4.1. les Blastomycètes

Qui regroupent l'ensemble des champignons levuriformes (Bedossa, 2002).

II.1.3.4.2. les Coelomycètes

Champignons auxquelles les conidies sont produites dans des structures de protection: les pycnides (Sphaeropsidales) et les acervules (Mélanoniales) ; les Coelomycètes comprennent des agents de biodégradation mais aussi des moisissures utiles aux biotechnologies (Botton, 1990).

II.1.3.4.3. les Hyphomycètes

Champignons filamenteux, stériles ou produisant des spores directement sur les hyphes ou sur des conidiophores simples ou agrégés (Moniliales) (Botton, 1990).

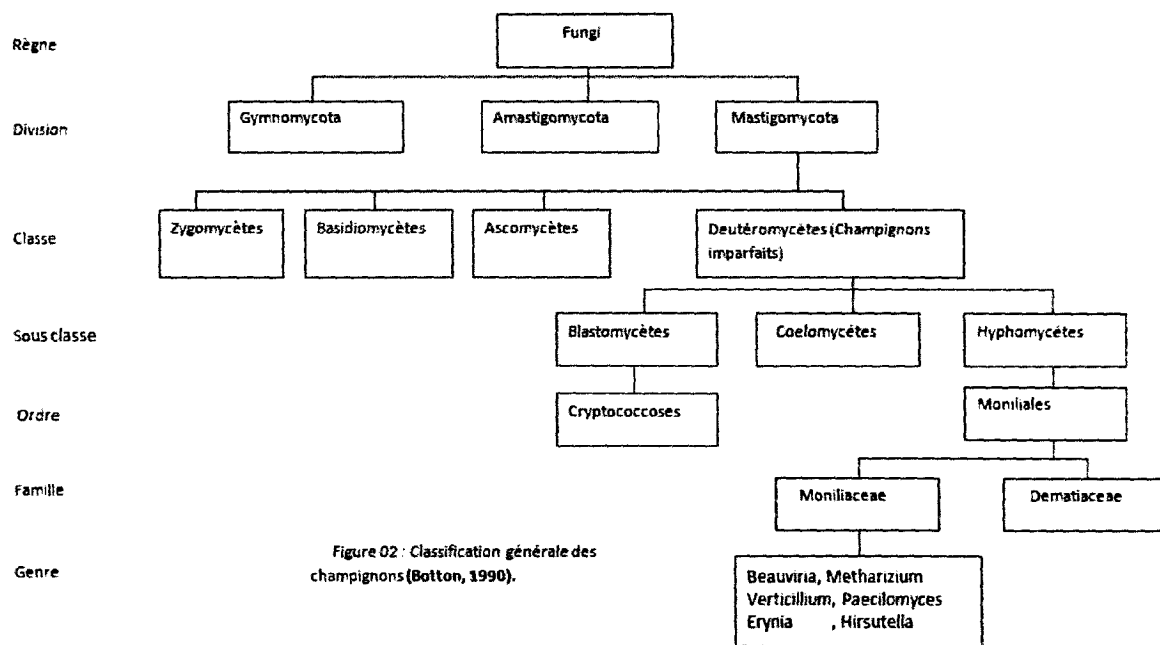


Figure 01 : classification générale des champignons (Botton, 1990).

II.2. Les caractères généraux des Hyphomycètes

Les Hyphomycètes sont des champignons pour lesquels les conidies naissent de cellules banales ou de cellules spécialisées souvent portées par un filament différencié, le conidiophore. Certaines Hyphomycètes (*Rhizoctonia*, *Sclerotium*) ne forment jamais de spores; ils sont classés dans le groupe Miceliasterilia. Les spores peuvent être :

- Des chlamydospores, spores de résistance, souvent à paroi épaisse, terminales ou intercalaires, différenciées par transformation de cellules du mycélium (*Trichoderma*, *Fusarium*) ou de conidies (*Fusarium*).
- Des arthrospores (arthroconidies) formées par fragmentation d'hyphes non différenciées.
- Des conidies proprement dites, souvent bourgeonnées par des cellules spécialisées nommées phialides. La forme, les dimensions, la couleur, la structure (unicellulaires, bicellulaires, ...), l'ornementation des conidies représentent un ensemble de caractères très varié qui constitue des critères d'identification de genres et d'espèces. Les cellules conidiogènes ou les phialides bourgeonnent à l'apex des spores en succession basipète réunies en glomérules (*Phialophora*, *Stachybotrys*) ou en chaînes (*Aspergillus*, *Penicillium*) (Botton et al, 1990 ; Sutton et al, 1998).

Schématiquement, on oppose deux types d'Hyphomycètes :

Les hyalins ou claires (hyalohyphomycètes) appartenant à la famille des Moniliaceae.

Les foncés ou noirs appelés Dématiés ou (phaéohyphomycètes) appartenant à la famille des Dematiaceae (Bedossa, 2002).

II.2.1. Mode de vie

II.2.1.1. Parasitisme

Environ 20% des espèces de champignons connues sont capables de parasitisme. On trouvera des parasites obligatoires, facultatifs ou opportunistes (Lutzoni et al, 2004). Les opportunistes sont des organismes saprophytes qui vont s'attaquer aux organismes dont les défenses sont affaiblies (Rinaldi, 1989). Les champignons peuvent attaquer tous les groupes du vivant, comme par exemple les plantes, les insectes, les animaux mais aussi les bactéries et les autres champignons (Lutzoni et al, 2004).

II.2.1.2. Symbiose

Les associations symbiotiques entre champignons et végétaux supérieurs (mycorhize) constituent la forme de symbiose la plus répandue à l'échelle planétaire (**Jennings et Lysek, 1996**). On estime que 90% des végétaux contractent spontanément cette association (**Smith et Read, 1997**).

Les champignons vont développer un réseau de filaments mycéliens à partir de la racine et vont être impliqués dans la nutrition minérale des plantes. C'est d'ailleurs une association symbiotique qui aurait permis aux plantes de coloniser le milieu terrestre (**Simon et al, 1993**). Outre leur capacité à augmenter l'exploration du milieu extérieur, les champignons vont également contribuer à la phytoprotection par élévation des mécanismes de défense, et produire des substances antibiotiques permettant de lutter contre d'autres microorganismes pathogènes à la plante (**Smith et Read, 1997**).

II.2.1.3. Saprophytisme

Les champignons ont un rôle très important dans le recyclage de la matière organique sur Terre (**Galagan et al, 2003**). Leur capacité d'exploration via l'extension des hyphes, couplée à la capacité de largage d'enzymes hydrolytiques, ont permis une colonisation d'une grande variété de substrats. 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 matériels végétaux (**Lutzoni et al, 2004**).

II.2.2. La reproduction

La plupart des micromycètes se multiplient par des spores, d'origine sexuée et/ou asexuée. Ce sont des cellules au métabolisme réduit, entourées de parois protectrices épaisses qui les isolent du milieu ambiant. Elles sont produites en très grand nombre et peuvent survivre plusieurs mois à plusieurs années. C'est sous cette forme que les micromycètes sont dispersés puis se déposent sur de nouveaux supports. Lorsque les conditions environnementales deviennent favorables, elles germent comme des graines, et redonne du mycélium qui reformera, à son tour des spores (Figure 01) (**Roquebert, 1997**).

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 laquelle se forment les spores assurant la dispersion. La germination des spores est à l'origine de la phase végétative (Boissie ,2003).

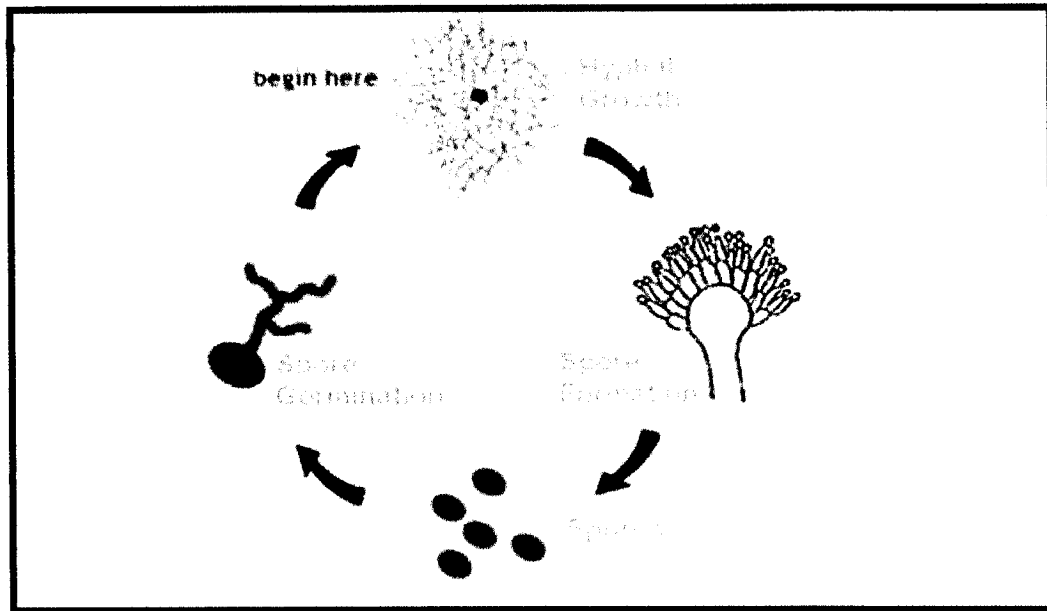


Figure 02 : cycle de développement des Hyphomycètes (Kubeldis, 2003).

II.3. les facteurs qui influencent la croissance des champignons

II.3.1. Les Facteurs de l'environnement

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

II.3.1.1. La lumière

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

La tolérance aux U.V des spores présente une variabilité interspécifique, mais en général *Paecilomyces fumosoroseus* est plus sensible que *Metarhizium*. (Vedol et fargues, 1997).

La lumière du soleil d'une longueur d'onde de 290 à 400 nm affecte la persistance des conidies sur le feuillage et peut directement affecter la composition génétique de champignon (McCoy et al, 1990). Malgré son effet nocif sur la persistance des conidies, la lumière peut stimuler certaines étapes du cycle évolutif des champignons entomopathogènes cultivés in vitro ou in vivo (Silvy et Riba, 1989). De plus, afin d'assurer une protection contre ces rayons, les coelomycètes, tels que le genre *Aschersonia*, produisent des cellules conidiogènes dans des pycnides fortement pigmentés (McCoy et al, 1990).

II.3.1.2. La température

La température est un autre facteur important qui peut affecter le taux de germination, la croissance, la sporulation et la survie des Hyphomycètes entomopathogènes. *Hastuti* et ses collaborateurs (1999) ont démontré que 100 % des larves de *Paropsischarybdis* (Coleoptera: Chrysomelidae) sont tuées par *Beauveria bassiana* après une incubation de 21 jours à 35°C, alors que 93 % des larves sont mortes à une température d'incubation de 15°C. La température optimale qui assure la survie d'un champignon diffère selon les taxa. Ainsi, les spores des entomophthorales semblent être plus sensibles que les spores de la plupart des deutéromycètes. Généralement, les températures au-dessus de 35°C empêchent la croissance et le développement des mycètes entomopathogènes. Les conidies de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* ne peuvent pas survivre plus que 15 minutes à 40°C (McCoy et al, 1990).

II.3.1.3. L'humidité

L'humidité affecte aussi la persistance et la survie des champignons entomopathogènes. La plupart de ces mycètes exigent au moins 95 % de l'humidité relative à la surface de l'insecte afin de germer (Hallsworth et Magan, 1999). L'humidité relativement élevée dans les endroits abrités fournit un microenvironnement favorable pour le développement des spores (Liu et al, 2003). Les Conidies de *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces farinosus* et *Metarhizium anisopliae* ont vécu plus longtemps à une humidité relative en dessous de 75% RH. Les effets de la température et de l'humidité sont intimement reliés d'où la tolérance de quelques mycètes à des températures extrêmes lorsqu'il y a plus d'humidité ou lorsque la condensation se produit aisément et la perte d'eau est réduite au minimum. Le vent peut aussi modifier de manière significative l'humidité microclimatique et considérablement influencer le comportement fongique (McCoy et al, 1990).

II.3.2. Les Facteurs liés aux l'hôte

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

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

Le potentiel infectieux des champignons entomopathogènes comme agents de lutte biologique dépend de leurs propriétés physiologiques de la population de l'hôte et des conditions du milieu (Ferron et al, 1991).

II.4. Mode d'action

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 de champignon est divisé en quatre phases distinctes soit les phases d'adhésion, de germination, de différenciation et de pénétration.

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 (Vey et al, 1996). Ce phénomène peut être déclenché par des polysaccharides fongiques extracellulaires, des lectines et des enzymes extracellulaires (Boucias et Pendland, 1991). La phase de germination dépend des conditions environnementales et également de la physiologie de l'hôte (composition biochimique de la cuticule) qui peut favoriser ou inhiber la Germination (Ferron, et al, 1991). Il a été démontré que la germination des spores était affectée par des lipides épicuticulaires et les acides gras (Boucias et Pendland, 1991).

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).

Finalement, 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). 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 (Léger et al, 1993).

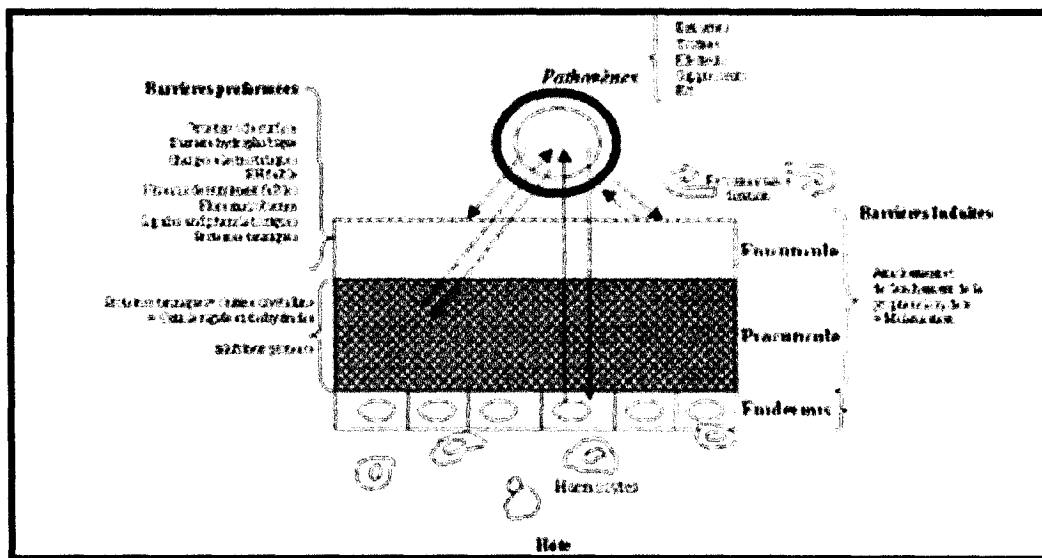


Figure 03 : Schéma du monde d'infection illustrant la composante majeure interaction entre les insectes et les pathogène durant la pénétration cutile (Vey et al, 1982).

II.5. Morphologie des champignons entomopathogènes

II.5.1. Morphologie microscopique de *Beauveria bassiana*

Multiplication végétative, initialement solitaires ou disposée en petits bouquets de 2 à 5 élément le long des filaments végétatif ou sur de courtes ramification, les cellules conidiogènes apparaissent très rapidement agrégées en bouquets denses (figure 04) .Ces cellules à croissance sympodiale présentent une partie basale légèrement dilatée, ampulliforme, de 3à 6 μm de long sur 2 ,5 à 3,5 μm de large. L'aspeç de la cellule conidiogène est très étroit (20 à 25 μm de long sur 1 mm de large) et présent un aspect plus ou moins géniculé. Les conidies, unicellulaires, sont hyalines et lisses. Globuleuses à subglobuleuses, elles mesurent 2 à 3 μm de long sur 2 à 2,5 μm de large (Bedossa, 2002).

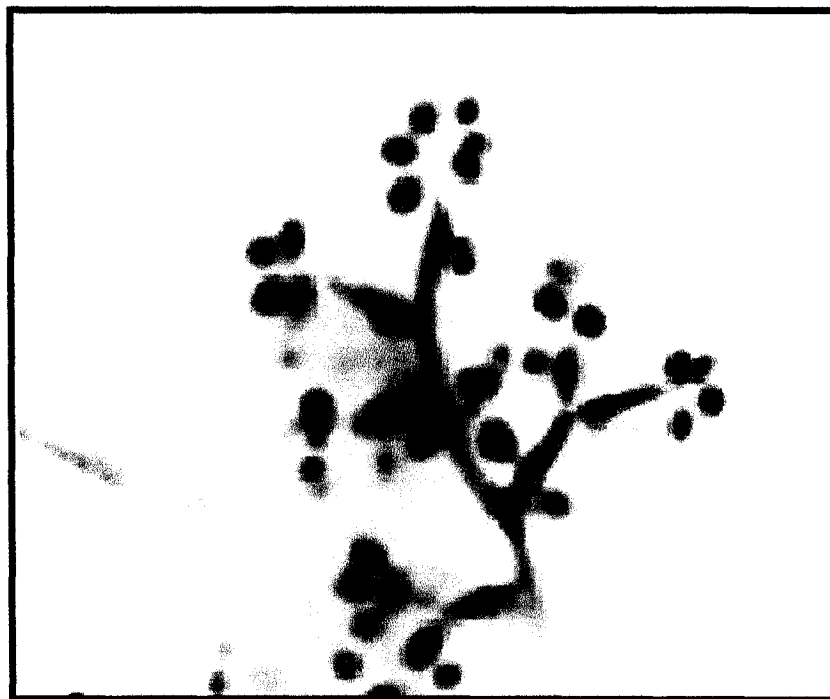


Figure 04 : Conidies unicellulaires disposées en grappes au sommet de cellules à croissance sympodiale, solitaires ou disposées en bouquets denses sur les filaments végétatifs (objectif 40) (Bedossa, 2002).

II.5.2. Morphologie microscopique de *Paecilomyces fumosoroseus*

Caractérisés par des conidiophores érigés isolement ou en groupes appartient de la famille des phialosporés se distinguant par leurs cellule conidiogènes en forme de bouteille (phialides) produisant des spores en chaîne à leur extrémité, ces spores ont une ovoïde, une longueur de 3 à 4µm, un diamètre de 1à 2 µm (figure 05). Ces champignons ont un développement très dépendant des conditions climatiques (température, rayonnement) et sont caractérisés par un grand potentiel adaptatif (ferron et al, 1991).

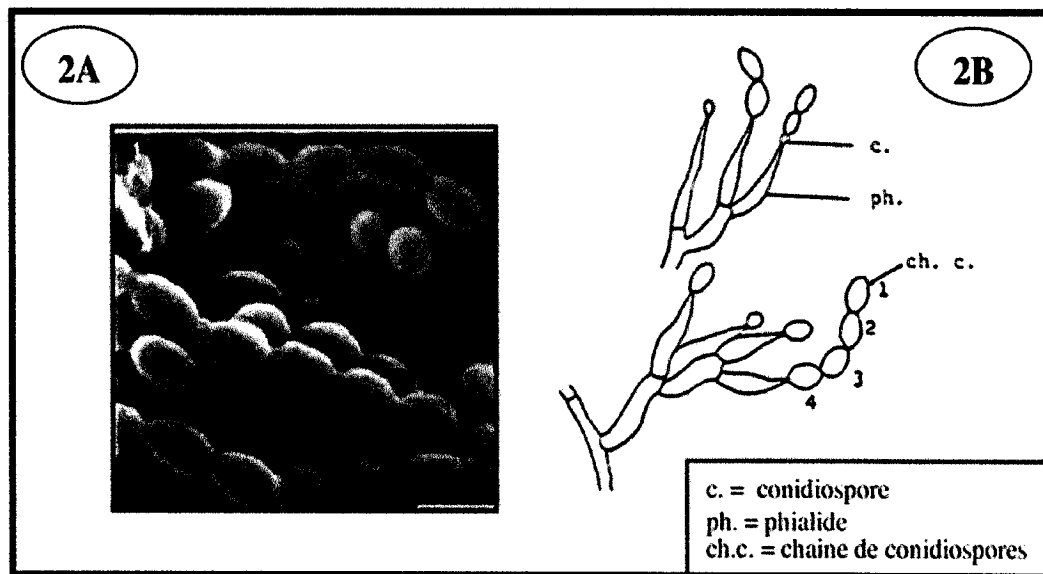


Figure 05: Conidiospores en microscopie électronique à balayage (2A)

et conidiogène (2B) de *Paecilomyces fumosoroseus* (Ferron et al, 1991).



Chapitre III: La lutte biologique

III.1. L'utilisation des champignons entomopathogènes en lutte biologique

La lutte biologique utilise des organismes vivants pour diminuer les niveaux de population d'autres organismes, généralement nuisibles (**Kouassi, 2001**).

Les ennemis naturels les plus souvent utilisés en lutte biologique comprennent les virus, les bactéries, les microchampignons, les nématodes qui sont naturellement présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infecte généralement leur hôte soit par ingestion, par la cuticule ou par orifices. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui plus ou moins immédiate (**Zidane et al, 1998**).

La lutte biologique, précisément par utilisation des microorganismes entomopathogènes est une alternative 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 (**Eilenberg et al, 2001**).

III.1.1. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre l'acridien

Dans le cadre d'une lutte biologique contre les acridiens, quelques entomopathogènes ont été testés sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* et le criquet migrateur *Locusta migratoria*, qui sont des ravageurs majeurs pour de nombreux pays d'Afrique, du Proche et Moyen-Orient. (**Youcef et al, 2011**).

Les champignons : *Beauveria bassiana* (figure 06) et *Metarhizium flavoviride* (figure 08), les souches fongiques sont de provenances différentes. La première a été isolée d'un individu adulte de *Schistocerca gregaria* échantillonné en décembre 1996 dans une oasis à Adrar au niveau d'un pivot d'irrigation de céréales; la seconde espèce a été isolée à partir de *Locusta migratoria* originaire de Madagascar (**Doumandji-Miticheet al, 1997**).

Ces deux souches ont été multipliées et conservées sur un milieu nutritif PDA (Potatoes Dextros Agar). Les différentes concentrations sont évaluées à l'aide de la cellule de Malassez. Les traitements des locustes sont faits par ingestion, par contact ou par injection. Les études ont porté notamment sur leur efficacité, leurs effets sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de ces acridiens (figure 07). L'éclosion des œufs atteint 32 % et 24 % respectivement pour les deux champignons. 100 % de mortalité pour les L1, L2 et L3 sont obtenues 2 à 3 jours après traitements. Les larves âgées et les adultes résistent encore quelques

jours avant de mourir. Quelque soit la dose utilisée et le stade traité, on enregistre une diminution significative du nombre d'ouvertures du stigmate méta thoracique dans la série traitée par rapport aux témoins (Doumandji-Mitiche et al, 1997). Au niveau de l'hémolymph, une forte activité toxicogène des cytoparasites a été détectée se traduisant essentiellement par des altérations structurales marquées totalement absentes chez les témoins. Les hémocytes atteints se rétractent, leur contenu cytoplasmique est déversé et des amas de spores sont observés, leur nombre assez élevé pourrait être à l'origine de la mort des criquets par septicémie. Notons aussi que le traitement a sévèrement diminué le nombre des hémocytes (prohémocytes, plasmatocytes et granulocytes) (Doumandji-Miticheetal, 2001).



Figure 06 : Conidies de *Beauveria bassiana*.



Figure 07 : Criquet pèlerin infecté par *Beauveria bassiana*.



Figure 08 : Conidies de *Metarhizium flavoviride*.



Figure 09 : Criquet pèlerin infecté par *Metarhizium flavoviride*.

Le *Metarhizium anisopliae* var *acridium* (code IMI : 300189) dont le nom commercial est le Green Muscle retrouvé sur *Ornithacri scavroisi* (Finot, 1907). (Orthoptera, Cyrtacathacridinae) au Niger s'est avéré le plus virulent (Zakaria et al, 2003). Les traitements effectués par ce champignon en plein champ ont montré qu'il agit en 10 jours et que tous les stades de l'acridien (Criquet pèlerin) sont sensibles (Greathed et al, 1994). Quand il est appliqué sur terrain (figure 10), la mortalité des insectes peut atteindre 22 jours après traitement 100% (Smagghe, 1997). Au laboratoire, l'application topique du Green Muscle chez les jeunes larves L5 de *S.gregaria* a permis de déterminer une DL50 estimée à 31×10^6 sports /ml (Youcef, 2007).

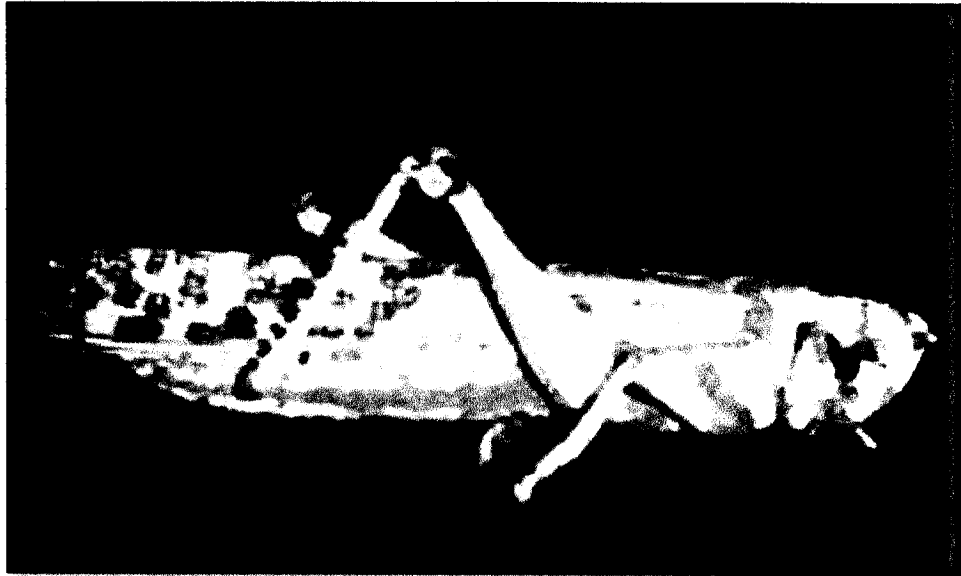


Figure 10 : Cricquet pèlerin infecté par *Metarhizium anisopliae*.

III.1.2. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre les aleurodes

La mouche blanche, *Bemisia tabaci* (Gennadius), est un important ravageur des cultures à l'intérieur et à l'extérieur dans des climats chauds dans le monde entier. Il provoque des dégâts directs en se nourrissant de feuilles et dommages indirects, en favorisant la croissance de la fumagine noire sur leur sécrétion de miellat et de guidage par économiquement virus de plantes importantes (Faria et Wraight, 2001; Osborne et Landa, 1992; Varma et Mlathi, 2003).

Bien que *B.tabaci* soit un problème dans les pays méditerranéens, *Trialeurodes vaporarium* Westwood, reste parmi les principaux insectes ravageurs et polyphages des cultures de serre en Europe. Contrôle de *B.tabaci* et *T.vaporarium* est principalement accompli grâce à l'utilisation des insecticides conventionnels. Des études au laboratoire sous terrain ont révélé *Beauveria bassiana* d'être un agent pathogène excellent de *B.tabaci* et *T.vaporarium* lors qu'il est appliqué directement comme une suspension concentrée de conidies (Carruthos et al, 1993; Eyal et al, 1994; Fargues et al, 2003; Garza et Arredondo, 1993; Popracoski et Jones, 2000; Wraight et al, 1998; Wright, 1992), et avec *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) et *Lecanicillium*; ont montré aussi leur efficacité comme agents de lutte microbiens pour la gestion des aleurodes (Bolckmans et al, 1995; Faria et Wraight, 2001; Ravensberg et al, 1990; Wright, 1992).

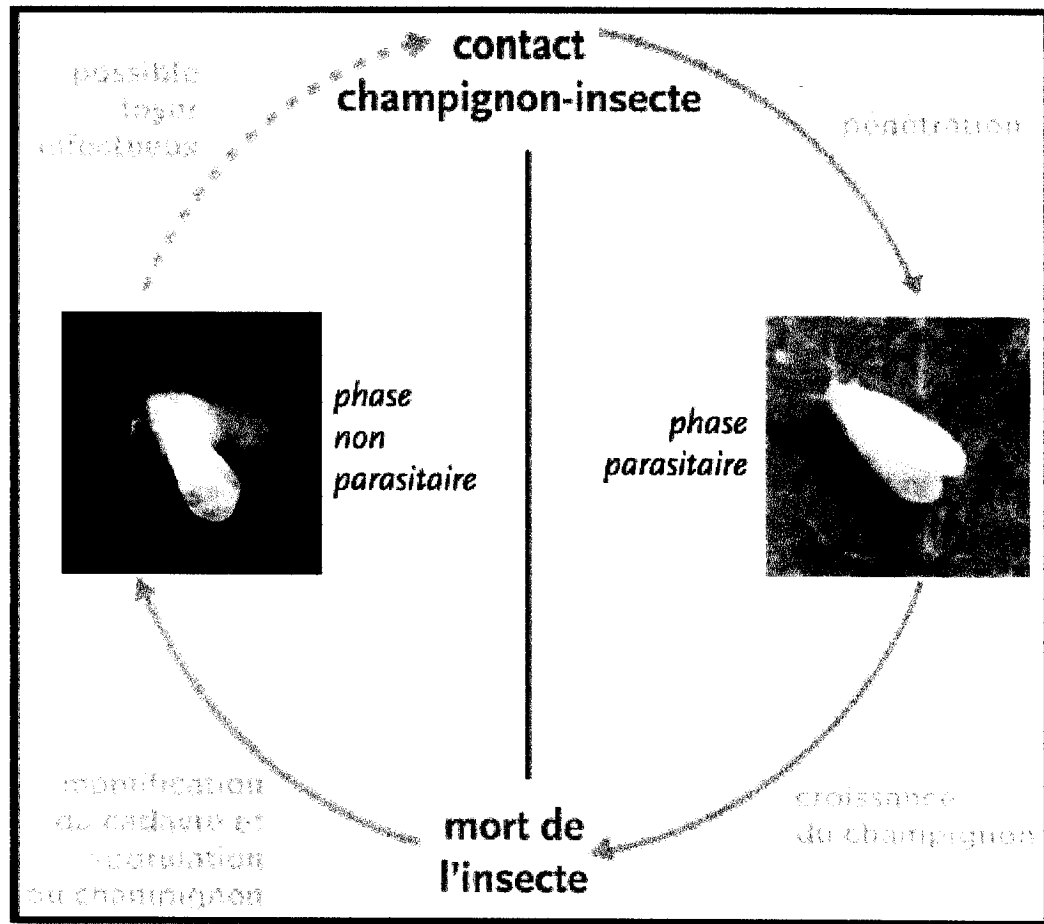


Figure 11 : adulte d'aleurode infecté. (Jean et al, 2011)

Néanmoins, l'acceptation de ces produits a été limitée sans doute en raison de la générale perception chez les agriculteurs que par rapport aux classiques produits chimiques, ils ne sont pas aussi à action rapide et perdent de leur efficacité plus rapidement (Saint-Léger et Screen, 2001). En conséquence, pour le contrôle des aleurodes, il est nécessaire de choisir des isolats fongiques qui combinent les meilleures caractéristiques pour tuer les insectes cibles tels que la haute virulence contre les organismes cibles, la capacité à persister et infecter dans l'environnement (Yeo et al, 2003).

Un autre ravageur en cultures maraichères et horticoles *Bemisia argentifolii* transmetteur de virus phytopathogènes, seuls les champignons entomopathogènes, comme *Paecilomyces fumosoroseus* pour lutter contre *B. argentifolii*, nécessitent une meilleure connaissance de la variabilité des champignons et des contraintes climatiques de son application. Sur 37 isolats de divers origines géo-climatiques, est meilleure à la température élevée 32°-35°C pour les isolats

tropicaux. Les essais pathologiques sur *B. argentifolii* montre que 29 des isolats éprouvés de *P. fumosoroseus* provoquent une mortalité larvaire de 68% à 94% (dose de $3,8 \times 10^4$ spores) principalement au cours de quatrième stade larvaire. L'efficacité de *P. fumosoroseus* a été évaluée sous serre, 3variété de tomate, ils ont trouvé une mortalité supérieur à 70% (Vidal et Fargues, 1997).

III.1.3. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre les nématodes

III.1.3.1. Les champignons prédateurs

La méthode de lutte repose sur un principe simple : l'existence dans le sol de champignons qui ont la capacité de prendre au piège les nématodes et s'en nourrir. L'étude de ces champignons nématophages, comme moyen de lutte biologique contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. De nombreux champignons ont été essayés, en vue de sélectionner celui capable de piéger rapidement les larves infestèrent des nématodes mais aussi de se développer sans trop de problèmes dans certains sols et climats. *Arthrobotrys irregularis*, un hyphomycète, fut choisi. Des expérimentations en laboratoire et champ ont confirmé son efficacité, montrant par ailleurs sa préférence pour des sols de PH variant entre 6 et 8, l'effet néfaste d'une salinité excessive et sa résistance à des températures proche de -10° comme de 35°C , sa croissance optimale étant obtenue à 25°C (Cayrol et al, 1978).

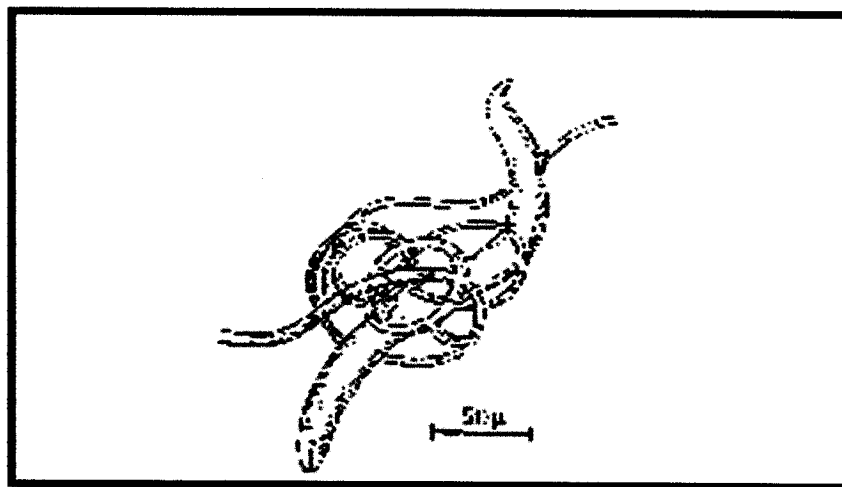


Figure 12: Nématode capturé dans le réseau engluant d'un champignon Prédateur (Cayrol et al, 1978).

III.1.3.2. Les champignons ovicides :

Ces champignons ont la propriété de tuer les œufs de nématodes. A l'intérieur de ces derniers, on peut trouver de nombreuses espèces de champignons (figure 12) Beaucoup d'entre eux vivent en saprophytes, envahissant secondairement des œufs déjà morts .Seuls de véritables parasites sont à retenir en vue d'être utilisés comme agent de lutte biologique .Parmi eux, *Paecilomyces lilacinus* et *Verticillium chlamydosporium*. (Tribe, 1980).

Paecilomyces lilacinus : les filaments de *P.lilacinus* persent la coque de l'œuf grâce à des enzymes appropriées, puis pénètrent l'intérieur et parasitent l'embryon .cette espèce a été éprouvé au Pérou par Jatala et al 1979 sur pomme de terre attaquée par *Meloidogyne incognita* et par *Globobodera pallida* .des essais en plein champ ont montré que l'apport de champignon dans le sol réduisait davantage le nombre de galles de *Meloidogyne* que des traitements classiques (Castet, 1982).

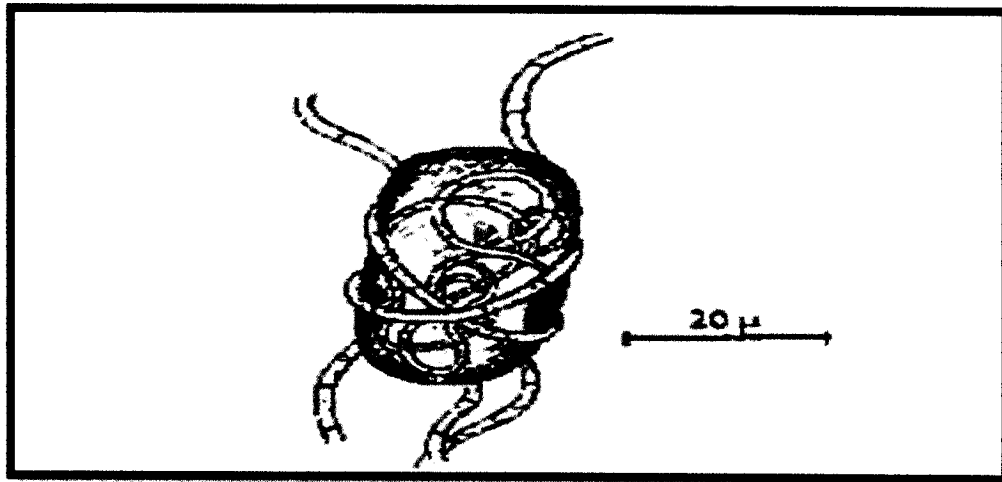


Figure 13 : œuf de nématode parasité par un champignon ovide (Castet, 1982).

Verticillium chlamydosporium: Signalé depuis déjà longtemps comme ennemi des œufs d'*Heterodera* c'est un parasite facultatif, capable de proliférer dans le sol même en absence de nématodes. Les filaments pénètrent dans les œufs en perforant la coque puis détruisent les embryons (figure 13), il s'attaque aussi bien aux œufs d'*Hetrodera* qu'à ceux de *Meloidogyne* (Castet, 1982).

III.1.3.3. Les champignons nématophage à spores adhésives

Les nématodes peuvent être parasités par les champignons à spores adhésives appartenant à plusieurs classes : Oomycètes, Zygomycètes, Deutéromycètes, Basidiomycètes et Hyphomycètes. Tous ces champignons pourraient a priori devenir des agents de lutte biologique intéressants contre les nématodes. En revanche, des Hyphomycetes à spores adhésives, du genre *Hirsutella* se cultive aisément sur plusieurs milieux artificiels. Le parasitisme des nématodes par les *Hirsutella* a été décrit pour la première fois par Sturhan et Schneider (1980) puis par Jaffee et Zehr (1982) (Castet, 1982).

III.1.4. L'utilisation des champignons entomopathogènes contre le puceron

La présence des pucerons du soya, *Aphis glycines* Matsumura (Homoptère : Aphididae), d'origine asiatique, a été rapportée pour la première fois en Amérique du Nord en 2000. Le puceron, *Aphis glycines* Matsumura par son mode d'alimentation ; il provoque des dommages directs sur les cultures : le ralentissement de la croissance des plantes, et des dommages indirects : la formation de fumagine qui donne au feuillage une coloration noire, puis le ralentissement de croissance (figure 15) (Jean, 2010).

Des champignons entomopathogènes des espèces *Verticillium lecanii* et *Paecilomyces fumosoroseus* réduisent la population des pucerons. La multiplication est favorisée par des taux élevés d'humidité relative et dans conditions propices, ces champignons se dispersent très rapidement, il peut causer des taux de mortalité élevés jusqu'à 84% ont été rapportés dans l'état de New-York dans des champs fortement infestés (Fraival, 2006).

Les pucerons infectés prennent une coloration brune à orangée puis apparition de mycélium (figure 14) (Jean, 2010).

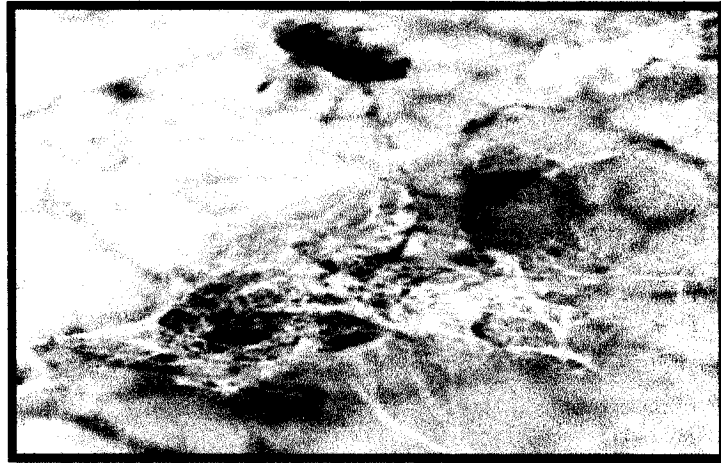


Figure 14: Puceron infecté (Jean, 2010).




Figure 15 : la formation de la fumagine (Jean, 2010).

L'aphis de coton (*Aphis gossypii*) est un de l'insecte le plus important que les parasites des récoltes végétales dans Corée. L'utilisation des Hyphomycètes *Beauveria bassiana*, *V. lecanii* (CS-625) et des espèces de *Paecilomyces* a montré que *V. lecanii* plus efficace avec (LT50) a été 2.74 jours sous forme des conidies et 3.31 jours utilisé sous forme de blastospore par rapport les autres souches (Jeong et al, 2001).

Tableau 02 : Les intervalles de temps requis pour un taux de mortalité de 50% (LT50) parmi

A. gossypii changé avec différentes contraintes fongiques (tableau 02) (Jeong et al, 2001).

	Conidies		Blastospores	
	La mortalité correcte	LT50 (jours)	La mortalité correcte	LT50
B.bassiana CS-1	63.8 ± 7.34bc	4.57	75.1 ± 2.14b	4.68
B.bassiana 829	57.1 ± 5.51bc	4.74	57.1 ± 4.37c	5.17
V .lecanii CS-625	100.0 ± 0.0a	2.74	97.6 ± 1.81a	3.31
P .tenipes 831	71.7 ± 9.63b	4.14	90.0 ± 4.10ab	3.73
P.fumosoroseus 833	65.4 ± 11.56b	4.31	82.9 ± 2.36b	4.20
P.farinosus 1023	-	-	51.0 ± 13.45d	4.97

A horizontal scroll graphic with a black outline and a white fill. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curling upwards at the ends. The word "Conclusion" is written in a bold, black, sans-serif font across the center of the scroll.

Conclusion

Conclusion

Les champignons entomopathogène sont des agents infectieux qui provoquent des maladies chez les insectes, ils ont donc un effet bénéfique pour l'agriculture lorsqu'ils s'attaquent à des ravageurs dans certains cas, ils sont à l'origine d'épizootie susceptible de décimer une population de ravageurs. Et leur utilisation dans la lutte biologique permet de remplacer en totalité ou en partie, les pesticides chimiques utilisés en agriculture et en foresterie.

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

Notre étude montre que les champignons entomopathogènes de la sous classe des Hyphomycètes (*Beauveria*, *Verticilium*, *Métharizium*, *Peacilomyces*) sont les plus efficace et les plus utilisés à cause de leurs virulence et leurs vitesse de germination.

BIBLIOGRAPHIE

A

Andersen S. O. (1979). Biochemistry of insect cuticle. Annual Review of entomol, 24, P: 6-29.

B

Bailly R. (1994). Guide pratique de défense des cultures: Reconnaissance des ennemis: notion de protection des cultures. Université de Batna. Algérie, p : 68.

Bedossa A. (2002). Cahier de formation- Les moisissures d'intérêt médical, p : 16-19.

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 intérieurs. Thèse de l'Université de Paris XII – Val de Marne, p : 133.

Bolckmans K., Sterk G., Eyal J., Stepman W., (1995). PreFeral, (*Paecilomyces fumosoroseus*) (Wize) Brown and Smith, strain Apopka 97), a new microbial insecticide for the biological control of whiteflies in greenhouses. Med . Fac. Landbouww. Univ. Gent, 60, p : 719-724.

Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J. P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y ; Veau P. (1990), Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Ed. Masson, Paris,1990, p : 38, 95, 111, 121, 156, 205, 292, 303.

Burgess H. D. (1982). Control of insect by bacteria. Parasitology 84, p: 79-117.

Butt T. M. (1990). Fungal infection processes. A mini-review Vth Int. Colloq. Invertebr. Adelaide. Soc. for Invertebr. Pathol, p : 121-124.

C

Cagani L. et Sversel M. (2001). The influence of ultraviolet light on pathogenicity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin to the European corn Borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). J Central Eur Agric, 2, p : 3-4

Cantwelle G. E et W.W ., Cantelo. (1984). Control of the Colorado potato beetle with bacillus thuringiensis varity thuringiensis, Am. potato J, 61, p: 451-458.

Carruthers R. I. et Soper R. S. (1987). Fungal diseases. In : Fuxa, J. R. and Tanada, Y. (eds). Epizootiology of Insect Diseases. Wiley-Interscience. New York, p: 357-416.

Carruthers R. I., Wraight S. P., Jones W. A. (1993) .An overview of biological control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*. In: Herber, D. J., Richter, D.A. (Eds.), Proceedings Beltwide Cotton Conferences, National Cotton Council of America, Memphis, TN, 2, p: 680-685.

Chaufaux J. (1993). Le cas du *Bacillus thuringiensis*. Phytoma. La défense des écosystèmes, 456, p : 18-23.

D

Dent D. R. (1991). Insect pest management, ed. CAB International, UK. v Debach, P. et B. Barlett (1951). Effects of insecticides on biological control of insect pest of citrus. J. Econ. Entomol, 44, p : 372-383.

Doumandji –Mitiche B., Halouane F., Bouhacein M. (2001). Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* (Bals.) et *Metarhizium flavoviride* (Gams et Rozy.) (*Hyphomycètes, Deuteromycotina*) sur l'hémogramme des L5 et des adultes de *Locusta migratoria* (*Orthoptera, Acrididae*) . Journées techniques phytosanitaires , Inst .Nat.Pro. Vég, p : 378-384.

Doumandji –Mitiche B., Halouane F., Chahbar N., Agrance S., Merabti N., Seddik A., Doumandji S. (1997). Note sur la présence de l'entomopathogène *Beauveria bassiana* (*Hyphomycète Deuteromycotina*) sur *Schistocera gregaria* (*Orthoptera, Acrididae*) sur le terrain à Adrar (Algérie) : Effet sur le rythme cardiaque et la respiration de cet acridien. Med. Fac. Landbouww, Univ. Gent, 62, p : 499-506.

E

Eyal J., Mabud M. D. A., Fiscbein K. L., Walter J.F., Osborne, L. S., Landa Z. (1994). Assessment of *Beauveria bassiana* Nov.EO-1 strain, which produces a red pigment for microbial control. Appl. Biochem. Biotechnol, 44, p: 65-80.

F

Fargues J., Vidal C., Smits N., Rougier M., Boulard T., Mermier M., Nicot P., Reich P., Jeannequin B., Ridray G., Lagier J. (2003). Climatic factors on entomopathogenic Hyphomycetes infection of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera:Aleyrodidae) in Mediterranean glasshouse tomato. *Biol.control*, 28, P: 320-331.

Faria M., Wraight S.P. (2001) . Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Corp Protect*, 20, p: 767-778.

Ferron P. (1978). Biological control of insects pests by entomogenous fungi. *Ann. Rev. Entomol*, 23, p: 409-442.

Ferron P., Fargues J. et Riba G. (1991). Fungi as microbial insecticides against pests. In *Handbook of Applied Mycology*. (Avara, D: K., Ajillo, L., Mukerji, K.G., Eds.). Marcel Dekker, New York, 2, P : 665-706.

Fidal C., Fargues J. (1997). Variabilité et potentialités de l'Hyphomycète *paecilomyces fumosoroseus*, Pathogène de l'aleurode *Bemisia argentifolii* .Thèse de doctorat de l'université de Montpellier, France, p: 147.

Fraval A. (2006). Les pucerons 2eme partie ,Edition Versailles –Grignon, p :29.

G

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.

Galaini W.S. (1998). Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* and *Beauveria* *bessiana* against the silverleaf whitefly,*Bemisia argentifolii* .*J.Invertebr.pathol*,71, P: 271-226.

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

Garza E., Arredono H. C. (1993). Sensibilidad in vitro de adultos de mosquita blanca de las hortalizas *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera, Aleyrodidae) a diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* (Bals.), *Paecilomyces* spp y *Verticillium lecanii* (Vuill) . congreso Nacional de Control Biologico,MONTERRY,N,L., México , Sociedad Mexicana de Control Biologico,p : 31-32.

Geathead D. J., kooyman C., Launois-Luong M.H. et Popor G. B., (1994). Les ennemis naturels des croquets du sahel.collection acridologie opérationnelle CILSS/DFPV Niamey,Niger, 8, p : 126.

Greathead D. J. (1992). La lutte biologique, arme prometteuse pour les acridiens. In la lutte biologique contre les acridiens, sous la direction de C. J. Lomer et C. Prior. Ibadan, Nigeria : CAB International/IITA, p: 4-7.

Greathed D. J., Kooyman C., Loanois-Luong G. B. (1994). Popov.Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed.Cirad :Prifas,Collection Acridologie Opérationnelle, Montpellier, 8, p: 147.

H

Hall R. A. et Papierok B. (1982). Fungi as biological control agents of arthropods of agricultural and medical importance. Parasitology, 84, p: 40-205.

Hallswolth et Magan K. E. (1999). Hallsworth and N. Magan, Water and temperature relations of growth of three entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*, J. Invertebr. Pathol, p: 261-266.

Heimpel A. M. (1967). A critical review of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner and other crystalliferous bacteria. Ann. Rev. Entomol, 12, p: 287.

Heuzé V., Destain J. et Tronart P. (1995). Les biopesticides, edition AV PE LF-UREF-John Libby Euronext Paris, p: 180.

I

Ignoffo C. M. (1973). Effects of entomopathogens on Vertebrates. Ann.N.Y.Acad.Sci, 217, P: 141-165.

J

Jean C., Yannie T., François V. (2011). Moyen Biologiques, pli-La production légumière intégrée,7, p: 157.

Jean C. (2010). La lutte intégrée contre le puceron du soya, Edition Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec [FPCCQ], p: 17.

Jennings D. H., Lysek G. (1996). Fungal biology: understanding the fungal lifestyle. (Bios Scientific publishers eds).

Jeong J. K., Min H. L. (2001). Control of cotton. Aphid and greenhouse Whitefly with a fungal pathogen. Cheol-Sil yoon department of Agrobiolgy, chonnam national university, Kwangju, p: 500-757.

Jourdheuil P., Grison P. et Fraval A. (1992). La lutte biologique :un aperqu historique . la lutte biologique. Dossier de la cellule environnement de l'INRA, 5, p :11-35.

K

Khachatourians G. K. (1986). Production and use of biological pest control agents. Trends Bio. Tech, 4, p: 120 - 124.

Kouassi M. (2001). Les possibilités de la lutte microbiologique- en phase sur le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*. Vertigo, p : 66.

Kubeldis D. E. (2003). Mold, the fungus among us. Water intrusion and mold claims seminar, The mold issue, Sterling education services, Pittsburg.

L

Liu H., Skinner M. et Parker B. L. (2003b). Bioassay method for assessing the virulence of *Beauveria bassiana* against tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hem, Miridae). J.Appl. Entomol, 127, p : 299-304.

Lutzoni F., Kauff F., Cox C. J., McLaughlin D., Celio G., Dentinger B. (2004). American Journal of Botany, 91, p: 1446–1480.

M

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

McCoy A., Quintela, E. D. et Faria M. (1990). Environnemental Persistence of Entomopathogenic Fungi. In, New direction in biological control. R.R. Baker and P.E. Dunn (eds), A.R. Liss, New York, p: 139-159.

Meynadier G., Margier A. A., Girardie J. et Vago C. (1993). Une entomopoxvirose chez l'orthoptère *Anacridium aegyptium*. *Entomophag*, 37, p: 453-464.

O

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

P

Pelseneer C., Duzo G. B., Lewis F., Mansour L., Moreth P. A., Oomen W. P. J., Overmeer L., Polgar W., Rieckmann L., Samsoe-Petersen A., Parie G., Mirand-rios J., Gustavot D. (2006). A *Bacillus thuringiensis* S-layer protein involved in toxicity against *Epilachna vativerstis* (coleopteran; coccinellidae). *Appl Environ Microbiol*, 372(1), p: 353-360.

Poinar G. O. et G. M., Thomas. (1985). Laboratory guide to insect pathogens and parasites, Plenum Press, New York, P. 329.

Poprawski T. J., Jones W. J. (2000). Host plant effects on activity of the mitosporic fungi *Beauveria bamisia* whiteflies (Homoptera:Aleyrodidae). *Mycopathologia*, 151, p:11-20.

R

Rakotoson M., Razafindrakoto C. (2009). Biopesticide ,promotion Vona ,p: 17.

Ramoska W. A. (1984). The influence of relative humidity on *Beauveria bassiana* infetivity and replication in the ching bug, *Blissus leucopterus*. *J. Invertebr. Pathol* , 43, p: 389-394.

Raven., Evert., Eichhorn. (2007). Biologie végétale. Ed de boeck université Bruxelles, p: 268.

Ravensberg A. C., Malais M., vander Schaaf D. A. (1990). Applications of *Verticillium lecanii* in tomatoes and cucumbers to control whitefly and thrips.*IOBC-WPRS bull*,13, p: 173-178.

Roquebert M. F. (1997). Les moisissures : nature, biologie et contamination. Documentation Muséum d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Cryptogamie, p : 77-85.

S

Samson R. A., Evans H. C and Latge J. P. (1988). Atlas of entomopathogenic fungi. Springer Verlag, Berlin, p: 127.

Silvy C. et Riba G. (1989). Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaise herbe. Dossier de l'environnement, 19, p :157-201.

Simon L., Bousquet J., Levesque R. C., Lalonde M. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363, p: 67-69.

Smaghe G., Auda M., Van Laecke K., Degheele D. (1997). Significance of penetration and metabolism on topical toxicity of deflubenzuron in *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*. *Entomol; Exp and Appl*, 82, p: 255-260.

Smith S. E., Read D. J. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Cambridge, 39, p: 15-22.

St Leger RJ. (1993). Biology and mechanisms of insect-cuticle invasion by Deuteromycete fungal pathogens. In: Parasites and pathogens of insects. Beckage NE, Thompson SN, Federici BA (eds.). Academic Press Inc., New York, USA, 2, p: 211-225.

Starnes R. L., Liu C. L. et Marone P. G. (1993). History, use and future of microbial insecticides. *Amer. Entomol*, 39, p: 83-91.

Street D. A. et McGuire M. R. (1990). Pathogenic disease of grasshoppers. In *Biology of grasshopper*, sous la direction de Chapman, R. F. et Joern. A. New York: John Wiley & son, p : 484-516.

Sutton D. A., Fothergill A. W. and Rinaldi M. G. (1998). Guide to Clinically Significant Fungi, 1st ed. Williams & Wilkins, Baltimore, p : 14.

T

Todorova S. J., Côté I. C., Martel P. et Coderre D. (1994). Heterogeneity of two *Beauveria bassiana* strains revealed by biochemical tests, protein profiles and bioassays on *Leptinotarsa decemlineata* (Col: Coccinelidae) larvae. *Entomophaga*, 39, p: 159-169.

V

Varma A. Malathi, V. G. (2003). Emerging geminivirus problems: A serious threat to crop production. *Ann. Appl. Biol*, 142, p: 145-164.

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

Vincent C. (1992). La lutte biologique. Ed . Gaetane morin éditeur, p: 671.

W

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

Wright J. E. (1992). Whiteflies:Development of Naturalis, a biorational mycoinsecticide for control .In:Herber,D.J.,Richter,D.A.(Eds),proceedings Brltwide Contton Conferences, National Cotton Council of America,Memphis,T N,2, p: 887-888.

Y

Yeo H., PELL J. K., Alerson P. G., Clark S. J., Pye B. J. (2003). Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and on their pathogenicity to two aphid species .*Pest Manag.Sci*,59, p: 156-165.

Youcef M. Bounacerur F. et Doumandjimitiche B., Bissaad F Z. (2011). Activité biologique d'un biopesticide le Green muscle sur le tégument du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). *Entomol;Exp and Appl*, 82, p : 250-255.

Youcef M. (2007). Efficacité de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* vis-à-vis des larves de *Schistocerca gregaria* (Forskål,1775) (Orthoptera,Cyrtacanthacridinase) et effet sur la cuticule.M2MOIRE D'ingénieur'Institut National Agronomque,El-Harrach,Algérie,92. Significance of penetration and metabolism on topical toxicity of deflubenuron in *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*.*Entomol;Exp and Appl*, 92, P: 255-260.

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

[

Présentation par :

**Bouhbila Nadjet.
Boucherit Widad.
Messadi Imene.**

Encadreur :

D^r Bouhous M.

Date :

28/06/2012

Thème

Les champignons entomopathogènes (Hyphomycètes) et leur utilisation en lutte biologique

Résumé :

Notre étude vise à définir la sous classe des Hyphomycètes et les genres les plus utilisées dans la lutte biologique (*Beauveria*, *Metharizium*, *Verticilium*, *Paecilomyces*, *Erynia*, *Hirsutella*) et les facteurs qui l'affectent; la lumière, la température et l'humidité, et leurs effets. Et dans quelle mesure ces champignons utilisés dans le domaine agricole.

Mots clés: champignons entomopathogènes, Hyphomycètes, lutte biologique.

Abstract :

Our study aims to define a sub class of Hyphomycetes, and the types most commonly used in biological control (*Beauveria*, *Metharizium*, *Verticilium*, *Paecilomyces*, *Erynia*, *Hirsutella*) and factors affecting it; light, temperatur and humidity, and their effects and to what extent these fungi used in agriculture.

Key words: entomopathogenic fungi, Hyphomycetes, biological.

ملخص :

تهدف دراستنا الى التعريف بالفطريات تحت قسم Hyphomycètes, واهم الاجناس المستعملة في المكافحة البيولوجية (*Beauveria*, *Metharizium*, *Verticilium*, *Paecilomyces*, *Erynia*, *Hirsutella*) والعوامل المؤثرة عليه من ضوء وحرارة ورطوبة، وكيفية تأثيرها، والى اي مدى يستعمل هذا الفطر في الميدان الزراعي. الكلمات الرئيسية: الفطريات Hyphomycètes، الفطريات الممرضة للحشرات، المكافحة البيولوجية.