

Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et Sciences  
de la Nature et de La vie

Département de Biologie Moléculaire et  
Cellulaire

جامعة محمد الصديق بن يحيى  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
رقم الجرد : 4609



جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية

## Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme des études supérieures en biologie

Option : Microbiologie

Intitulé

Les champignons entomophthorales et leur utilisation  
en lutte biologique

Membres du Jury :

Examinatrice : M<sup>lle</sup> AKROUM S.

Encadreur : M<sup>R</sup> BOUHOUS M.



Présenté par :

√ BENSAADA HAYET  
√ MELEDJEM MALIKA  
√ LOUNIS AIDA

Année Universitaire : 2009- 2010

## Remerciement

*Nous remercions Dieu qui nous a donné du courage pour réaliser ce travail, et de la volonté pour réussir dans notre vie éducationnelle et privée.*

*Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à notre prometteur M Bouhous Mostefa qui a suivi notre travail, pour sa patience, ses précieux conseils et ses encouragements qui nous ont permis de trouver constamment l'aide dont nous avons besoins.*

*Notre respect aux membres du jury pour avoir examiner et critiquer le contenu de notre mémoire.*

*Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département de biologie qu'ils n'ont pas épargné d'efforts durant notre formation.*

*A nos parents, à nos frères et soeurs, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux pour leur compréhension, leur encouragement incessant, leurs soutiens, leurs disponibilités et leur aide.*

*Et à nos camarades de notre promotion pour les bons moments et les souvenirs inoubliables que nous avons vécus ensemble.*

*Aida, Malika, Hayet*



# Sommaire

Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Les germe entomopathogènes dans la lutte biologique .</b>	
<b>I – L'utilisation des germes entomopatogène dans la lutte biologique.....</b>	<b>2</b>
I-1- Les virus.....	2
I-2- Les bactéries .....	3
I-3- Les protozoaires .....	4
I-4 – Les nématodes.....	4
I-5- Les champignons.....	5
<b>Chapitre II: Les champignons entomopathogènes</b>	
<b>II-1- La classification des champignons .....</b>	<b>6</b>
II-1-1- Les Chytridiomycota .....	7
II-1-2- Les Ascomycota .....	7
II-1-3- Les Basidiomycota .....	8
II-1-4- Les Zygomycota.....	8
<b>II-2- Les champignons entomophthorales .....</b>	<b>8</b>
II-2-1- Les caractères généraux des champignons entmophthorales .....	11
II-2-1-1- L'appareil végétatif .....	11
II-2-1-2- Cytologie et physiologie.....	11
II-2-3-3- Mode de vie.....	11
A- Le saprophytisme.....	11
B- Le parasitisme .....	12
C- Le symbiose .....	12
II-2-3-4- Les facteurs qui influencent sur les champignons entomophthorales .....	12
A- L'effet de la température.....	12
B- L'effet d'humidité .....	13
C- L'effet de la lumière.....	14
II-2-3-5- Les exigences nutritif des champignons .....	14
A- Source de carbone ou d'énergie .....	14

B- Source d'azote .....	14
C- Eléments minéraux et métaux .....	14
II-2-3-6- La reproduction .....	15

### Chapitre III : La lutte biologique

III-1 –La lutte biologique par les entomophthorales contre les pucerons .....	18
III-1-1-Généralité sur les pucerons .....	19
III-1-2-Mode d'infection.....	19
III-2-Les espèces d'entomophthorales les plus utilisé dans la lutte biologique .....	20
III-2-1-Neophidis pandora .....	20
III-2-2-Neozygite fresenii.....	22
III-2-3-Neozygite fumosa .....	22
III-2-4-Entomophthora muscae .....	24
III-2-5-Entomophthora mainaga .....	24
III-2-6-Entomophoga grylli.....	25
III-2-7-Zoophthora radican .....	26
<b>Conclusion</b> .....	28
<b>Références bibliographiques</b>	

## *Liste des abréviations*

**ADN** : Acide désoxyribonucléique.

**ARN** : Acide ribonucléique.

**°C** : Degré Celsius.

**Mn** : Magnésium.

**Cu** : Cuivre.

**Zn** : Zinc.



## *Liste des figures*

<b>Figure(1) : Classification des champignons (selon KIRK et al.,2001) .....</b>	<b>6</b>
<b>Figure(2) : Mode de production des spores chez les entomophthorales (Selon de Chabasse, 2002) .....</b>	<b>15</b>
<b>Figure 03: Le cycle de développement des entomophthorales (zygomycèt ) (selonrèjean etal.,2000) .....</b>	<b>17</b>
<b>Figure04 : Schéma du mode d'infection illustrant les composantes majeures des interactions entre les insectes et les pathogènes durant la pénétration cutile [Vey et al. 1982] .....</b>	<b>20</b>
<b>Figure 05 : <i>Neoaphidis pandora</i> .....</b>	<b>21</b>
<b>Figure06 : <i>Neozygit fresenii</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 07: <i>Neozygite fumosa</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>Figure08: <i>Entomophthora muscae</i> .....</b>	<b>24</b>
<b>Figure09: <i>Entomophthora maimaga</i> .....</b>	<b>25</b>
<b>Figure10:<i>Entomophaga grylli</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>Figure11: <i>Zoophthora radicans</i>.....</b>	<b>27</b>

*Liste des tableaux:*

**Tableau 01 :Différent classification des champignons entomophthorales ..... 10**

# INTRODUCTION



## Introduction

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, plus de 500 espèces de champignons sont susceptibles d'infecter des insectes [starnes et al.,1993].

La plupart, si non la totalité 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.

Beaucoup d'espèces de champignons entomopathogènes en cour de recherche, appartienne à la classe des Zygomycètes, l'ordre des Entomophthorales [somson et al.,1988], 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 entomophthorales dans la régulation des populations d'insectes.
- ✓ Identifier les caractères généraux des champignons entomophthorales et les condition d'environnement et leur influences sur eux.
- ✓ Signaler les espèces les plus utilisées dans la lutte biologique.

# CHAPITRE I

## Les germes enthomopathogène



## I- L'utilisation des germes entomopathogènes dans la lutte biologique

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.

Micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les nématodes, les protozoaires et les champignons. (Ignoffo, 1970,1973 ; Cantwell & Cantelo, 1981,1984). 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. Tous ces micro-organismes possèdent des formes de résistance leur permettant de persister dans l'environnement et de perpétuer leur cycle de vie (Jourdeuil *et al.*, 1992).

### I-1- Les virus

Les virus sont des organismes extrêmement petits, de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres soit  $10^{-6}$  mm, non cellulaires, essentiellement composés d'acides nucléiques et des protéines.

Le nombre d'espèce de virus pathogènes aux insectes varie selon les auteurs de 650 (Cloutier et Cloutier, 1992) à 1200 (Martignoni et Iwai 1981), la plupart (70%) ayant été décrits chez les Lépidoptères. On divise les virus Entomopathogènes en 16 familles de virus à ADN ou ARN, à brins doubles ou simple. Deux familles seulement, les Baculoviridae et les Tetraviridae, n'infectent que des arthropodes, les autres familles ayant des représentants associés aux mammifères ou à d'autres groupes non-arthropodes, ce qui limite évidemment leur intérêt en lutte biologique.

Les virus se multiplient à partir d'une synthèse indépendante de leurs composants. Ces composants s'assemblent pour produire une progéniture virale à l'intérieur de la cellule hôte.



En général, les virus infectent l'hôte par voie buccale. La couche protéique du virus se dissout dans l'intestin et libère des particules virales (virions). Ces virions envahissent les parois de l'intestin puis se multiplient dans les cellules. Il s'ensuit une répétition massive dans les parties adipeuses, les hémocytes et l'hypoderme. La mort survient généralement en l'espace de trois à dix jours.

## I-2- Les bactéries

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 se retrouvent chez les bactéries asporogènes telles les Pseudomonadaceae (*Pseudomonas*) et les Enterobacteriaceae (*Aerobacter*, *Cloaca*, *Serratia*) et les bactéries sporogènes tels les Bacillaceae (*Bacillus*, *clostridium*). Environ une centaine d'espèces sont spécifiquement entomopathogènes (Cloutier & Cloutier, 1992).

Les bactéries asporogènes, sont présentes dans le sol et souvent dans le système digestif des insectes (Van Driesche & Bellows, 1996). Ce sont souvent des opportunistes qui envahissent un insecte suite à une blessure, un stress ou en conjonction avec un autre pathogène.

Les bactéries sporogènes s'attaquant aux insectes sont plus spécifiques et spécialisées. Ce sont surtout des espèces de *Bacillus* telles *B.thuringiensis*, *B.popillae* et *B.sphaericus* qui ont été étudiées. Pour *B. sphaericus*, la toxine est localisée dans la paroi sporale et va être libérée par une digestion partielle de la bactérie dans le tube digestif de la larve de l'insecte. La toxine pénètre dans la membrane péritrophique du tube digestif et empoisonne la larve (Burgess, 1981).

Le *B. thuringiensis* est efficace contre certaines espèces de coléoptères, lépidoptères et diptères (Morris, 1983; Ahmed *et al.*, 1994). Cependant il ne serait pas efficace contre les acridiens en raison de l'acidité intestinale (Greathead *et al.*, 1994). Ces bactéries ne doivent pas oblitérer l'utilisation d'autres bactéries qui se sont révélées efficaces comme le genre *Xenorhabdus* (Enterobacteriaceae), très connu pour sa virulence contre les acridiens. Dans le cas de *B. popillae*, les spores ingérées germent dans le tube digestif et traversent la membrane épithéliale, l'insecte meurt par septicémie (Burgers, 1982). L'utilisation répétée des bactéries peut toutefois, comme les pesticides chimiques, entraîner une résistance chez certaines espèces (Dunphy et Tibelius, 1992).



### I-3- Les protozoaires

Les protozoaires appartiennent à sept phyla, dont quatre, les Ciliophora, Sarcomastigophora, Apicomplexa et Microspora sont pathogènes des insectes (Dent, 1991). Les familles les plus utilisées en lutte biologique sont les Amoebidae et les Nosematidae (Greathead *et al.*, 1994).

Ce sont des parasites intracellulaires obligatoires qui forment des spores caractéristiques. Chez les microsporidies du genre *Nosema*, l'infection se réalise par ingestion des spores, celles-ci germent dans le tube digestif et traversent les tissus épithéliaux (Maddox, 1987). Les protozoaires provoquent des maladies chroniques à évolution lente ou des enzooties, qui affaiblissent et affectent la croissance ou la fécondité de leur hôte plutôt que d'entraîner une mort rapide (Poinar *et al.*, 1985; Cloutier et Cloutier, 1992).

Les microsporidies sont les protozoaires pathogènes des insectes les plus prometteurs pour l'utilisation dans la lutte microbienne. Les insectes, dont presque tous les ordres taxonomiques sont sensibles aux microsporidies (Tanada & Kaya, 1993).

### I-4 Les nématodes

Les nématodes ou vers ronds, sont parmi les plus nombreux des organismes pluricellulaires dans les écosystèmes, et sont adaptés à presque tous les milieux humides (Freckman & Baldwin, 1990., De Ley, 2000., Lee, 2002., Coleman *et al.*, 2004).

Les nématodes entomophages exploitent les insectes comme ressource pour se développer et se reproduire. On retrouve des nématodes entomophages dans 30 familles différentes ce qui représente environ 4.000 espèces (Van Driesche & Bellows, 1996). La relation avec leur hôte va du simple commensalisme, sans aucun effet néfaste, jusqu'au parasitisme obligatoire, causant la mort de l'insecte.

Parmi les principales familles où se retrouvent ces espèces, les Steinernematidae, Heterorhabditidae et Mermithidae sont celles offrant le meilleur potentiel en lutte biologique (Doucet & Doucet, 1990). L'utilisation des nématodes en zone sèche est limitée par les facteurs abiotiques particulièrement les ultraviolettes qui sont délétères pour tous micro-organismes (Gardner *et al.*, 1977 ; Burges, 1981) et peuvent entraver le processus d'infection de l'hôte (Greathead *et al.* 1994).

L'infection se fait à partir d'œufs déposés sur les feuilles des plantes. Les œufs éclosent et les larves regagnent l'homocèle et au quatrième stade quittent l'hôte par perforation des tissus intersegmentaires. Il s'en suit la mort de l'insecte.

### I-5- 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 au sous-taxon des *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* et *Deuteromycota*. 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).

Les champignons de l'ordre *Entomophthorales* causent principalement des épizooties chez les insectes foliaires et les acariens (Pell *et al.*, 2001). Par exemple, les espèces *Erynia neoaphidis* et *conidiobolus coronatus* causent la mortalité de 70% de nymphes et des adultes de *Pemphigus penax*.

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 rendant tous les stades, œuf, larve, adulte sensibles ainsi que les suceurs-piqueurs (Carruthers & Soper, 1987). Les principaux facteurs limitant l'utilisation en champ des microchampignons 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 (Doberski, 1981; Stathers *et al.*, 1993), l'effet du rayonnement solaire sur la rémanence ou l'inactivation de l'inoculum infectieux (Ignoffo et Hostetter, 1977; Burges, 1981), l'effet de l'humidité (Ramoska, 1984; Riba et Marcandier 1984; Khachatourians, 1987).



## CHAPITRE II

# Champignons entomophthorales

II-1- La classification des champignons

Les champignons appelés aussi mycètes, sont des organismes eucaryote, uni-ou pluricellulaires, incluant des espèces macroscopiques (macromycètes) et d'autres microscopiques (micromycètes), d'aspect filamenteux ou levuri forme. Ils sont hétérotrophes, immobiles qui se nourrissent par absorption, ils constituent un règne à part entière, plus proche à celui des animaux que de celui des végétaux (Chabasse et al.,2002).

Les champignons qui sont maintenant considéré comme de vrai champignons, ont les mêmes ancêtres sont grandes dans le règne des Fungi, ce règne contient quatre phylum selon la classification des Kirk (Kirk et al., 2001).

Les *Chytridiomycota*, les *Ascomycota*, les *Basidiomycota* et les *Zygomycota* (figure 01)

Cette classification est basée sur les spores sexuées ou selon la modalité de reproduction sexuée, est les plus utilisé actuellement.

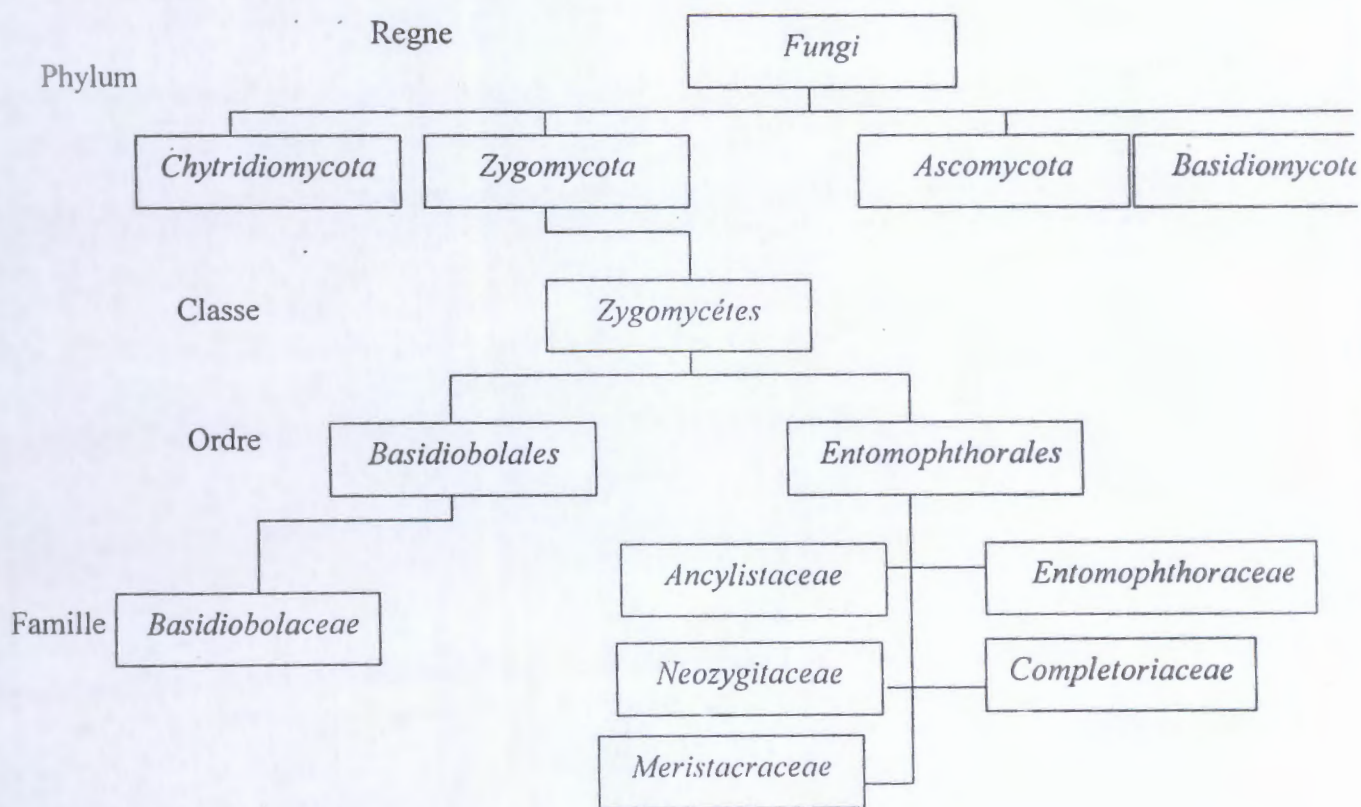


Figure01: Classification des champignons (selon KIRK et al.,2001)



### II-1-1- Les *Chytridiomycota*

Le phylum des *Chytridiomycota* contient plus de 900 espèces décrites qui sont aquatiques ou terrestres, saprophytes ou pathogènes, certaines d'entre elles sont anaérobies obligatoires. Ces espèces appartiennent à une seule classe, celle des *Chytridiomycetes* (les chytrides).

Les *Chytridiomycetes* sont des vrais champignons qui produisent des cellules mobiles à un certain stade dans leur cycle biologique, à l'exception de quelques espèces avec cellules polyflagelées, les cellules mobiles et la pluparts des autres espèces possèdent un seul flagelle, dirigé postérieurement. Une autre caractéristique des *Chytridiomycota* partagé avec les *Zygomycota*, est d'avoir un thalle coenocytique quand il est filamenteux (Bouزيد, 2006). Le thalle peut aussi être unicellulaire. La paroi cellulaire contient la chitine et les glucanes, bien que la cellulose a été démontrée existante chez au moins une espèce.

Les sols des digues et les berges des étangs et rivières sont également habités par les chytrides, où on trouve même dans les sols désertiques et dans le rumen des grands mammifères herbivores comme les bovins (Raven et al .2007).

### II-1-2- Les *Ascomycota*

Les *Ascomycota* sont les plus grands groupe de champignons avec plus de 32700 espèces d'écrites qui sont majoritairement terrestres plutôt qu'aquatiques, saprophytes, symbiotes ou parasites spécialement des plantes (Bouزيد, 2006).

Ces champignons, à thalles filamenteux septés ou levroides, présentent une structure caractéristique appelée asque, qui est sporocyste particulier formé au cour de la reproduction sexuée (Botton et al.,1990)

Ces asques généralement octospores, seront libres (levure ascosporees ou hemiascomycetes) où produites à l'intérieur d'un organe protecteur de forme variable appelé ascocarpe (*ascomycètes vrais* ou euacomycetes (Chabasse et al.,2002).



### II-1-3- Les *Basidiomycota*

Ce phylum qu'on retrouvera comme étant le plus grand groupe diversifié de champignons contenant près de 30000 espèces décrites. Ces champignons sont caractérisés par la production de basides portant des basidiospores après plasmogamie, caryogamie et méiose. Le thalle des *Basidiomycota* consiste généralement en des hyphes cloisonnées bien développées et moins fréquemment en levures unicellulaires. Le mycélium formé d'hyphes est d'habitude de couleur blanche, jaune ou orange chez certaines espèces (Bouزيد, 2006).

La plupart de *Basidiomycètes* sont des saprophytes de l'environnement ou par fois des pathogènes de plantes, mais ils sont peu impliqués en pathologie humaine, ceux qui vivent en parasite chez l'homme sont le plus souvent des *Cryptococcus*.

Les *Basidiomycota* sont caractérisés par la production de spores sexuées (appelées basidiospore) formées par bourgeonnement à l'épex de cellules allongées, les basides ont un thalle cloisonnés avec présence de «boucles» au niveau de cloisons.

Les *basidiomycètes* comprennent deux groupes principaux : Les hétérobasidiomycètes (ustilaginales) à basides divisées ou ramifiées et les homobasidiomycètes à basides simples (Chabasse et al.,2002).

### II-1-4- Les *Zygomycota*

Ce phylum contient environ 1100 espèces décrites (Bouزيد, 2006). La plupart qui vivent sur la matière végétale et animale en décomposition dans le sol, mais certains sont des parasites de plantes, d'insecte ou petits animaux du sol, d'autres encore forment des associations symbiotiques des endomycorhises avec des plantes et quelques-uns provoquent des infections graves chez l'homme et les animaux domestiques. Les hyphes des *Zygomycètes* sont coenocytiques, contenant de nombreux noyaux haploïdes (Raven et al ., 2007).

Les *Zygomycètes* comprennent deux ordres principaux les *Basidiobolales* et les *Entomophthorales* (Kirk et al.,2001). Ces derniers sont utiles dans la lutte biologique contre les aphidés, chechnilles.....

### II-2- Les Champignons *Entomophthorales*

Les champignons *Entomophthorales* appartiennent au phylum de *Zygomycota* et la classe des *Zygomycète* qui est constituée de plusieurs espèces Zoopathogeniques et en raison de leur haute capacité pour utilisation dans le contrôle biologique des ravageurs dans

l'agriculture. Ces champignons se trouvent dans le monde entier, principalement dans les habitats terrestres à l'exception des membres de genre *Ancyliste* qui se trouvent dans les eaux. (Balazy, 1993)

Les conidies des *Entomophthorales* sont relativement de plus grande taille avec une couche de mucus sur leur surface et ils germent rapidement. Un nombre relativement faible des conidies est produit par cadavre d'insecte infecté (Pell et al., 2001).

Les caractères de la classification se base sur les caractéristiques suivant : libération des conidies primaire, la structure de paroi des conidies, le nombre de noyaux des conidies, la forme des conidies primaires et secondaires, le mode de formation des conidies secondaires, la présence de cystide et rhizoïdes, et la capacité de pouvoir pathogène (Humber, 1987, 1989, et Keller, 1991, 1999).

L'ordre *d'Entomophthorales* est composé de cinq familles : *Completoiriaceae* (Humber), *Meritacraceae* (Humber), *Ancylistaceae* (C, Theighen) *Entomophthraceae* (Nowakowski) et *Neozygitaceae* (Ben-zéev et Kenneth) (Eilenberg, 2002) (figure 01). Avec un total de 20 genres et 200-300 espèces (Keller 1991, 1997, Balazy, 1993 ; Eilenberg, 2002).

Les champignons de cet ordre sont isolés et identifiés à partir de nombreux ordres d'insectes. Parmi lesquels les Diptères, des Homoptères, Lépidoptères, des Coléoptères, Héteroptère, Hyménoptères, Orthoptères et Dermoptères (Keller, 1987 ; Balazy, 1993) et également isolés à partir des acariens (Keller, 1997) et certains espèces ont également été identifiées à partir de collemboles (Steenberg et al., 1996).

Les quatre systèmes de la classification *des Entomophthorales* sont normalement dénommés : Classification des Ben-zéev et Kenneth, classification de Balazy, classification de Keller, et enfin classification de Humber (tableau 01).



Tableau 01 : Différents classifications des champignons Entomophthorale

ben-ze' ev kenneth (1982a , b) petrini	blazy (1993)	humber (1989,1997)	keller (1987a , 1991 , 1999) keller et  (2005)
Ancylistaceae Conidiobolus Subg.conidiobolus Subg.delacroixia Subg.capillidium	Ancylistaceae Conidiobolus subg.conidiobolus subg.delacrixia subg.capillidium	Ancylistaceae Conidiobolus	Ancylistaceae Conidiobolus
Entomophthoraceae	<i>Entomophthoraceae</i>	<i>Entomophthoraceae</i>	<i>Entomophthoraceae</i>
entomophaga entomophthora Massospora Strongwellsea Erynia S/g.zoophthora S/g.Neopondora S/g.Erynia S/g.Furia Tarichium Triplosporium Entomophthora	Entomophaga Batkoa Entomophthora Eryniopsis Massospora Strongwellsea Zoophthora S/g.zoophthora S/g.Neopondora S/g.Erynia S/g.Furia Neozygites	entomophaga batkoa Entomophthora Eryniopsis Massospora Strongwellsea Zoophthora Pondora Erynia Furia Tarichium	Entomophthoroideae Entomophaga Batkoa Entomophthora Eryniopsis Erynioideae Orthomyces Strongwellsea Zoophthora Pondora Erynia Furia Massosporoideae Massospora Tarichium
		Neozygitaceae Neozygites	Neozygitaceae Neozygites Apterivorax
	Basidiobolaceae Basidiobolus	Basidiobolaceae Basidiobolus	Basidiobolaceae Basidiobolus



## II-2-1- Les caractères généraux des champignons *Entomophthorales*

### II-2-1-1- L'appareil végétatif

L'organisation cellulaire de base des champignons est le thalle qui constitue l'appareil végétatif (généralement en phase haploïde) (Boiron, 1996). Tous les ordres des Zygomycètes ont un mycélium siphonné ou coenocytique, c'est-à-dire généralement ils ne sont pas cloisonnés, alors, le noyau cohabite dans le cytoplasme commun (Chabasse, 2002). La croissance des filaments permet la croissance du champignon et la pénétration dans le substrat (Boiron, 1996).

### II-2-1-2- Cytologie et physiologie

Les champignons *Entomophthorales* sont comme tous les eucaryotes c'est-à-dire que les cellules possèdent : Un appareil mitochondrial, un noyau, paroi cellulaire, vacuole.... L'absence de chloroplaste en fait des organismes hétérotrophes comme les animaux (Boiron, 1996).

La paroi cellulaire des champignons renferme 80 à 90% de polysaccharide, associés principalement à des protéines (enzymatique ou non) et à des lipides, la paroi des champignons présente parfois une couleur sombre, due à des composés mélaniques dérivant d'acide aminé phénolique (Lepoivre, 2003).

Le noyau est typiquement un noyau de cellule eucaryote. La seule différence avec les organismes les plus complexes concernent la petite taille, la petite quantité d'ADN, les histones et certains détails de la division méiotique.

### II-2-3-3 - Mode de vie:

Les champignons *Entomophthorales* sont des hétérotrophes. Ils doivent trouver le carbone nécessaire à leur vie dans leur environnement immédiat, sous la forme de matière organique selon les trois modes de nutrition:

#### A - Saprophytisme :

Le saprophytisme (de grec, sapos, pourri, phyton, plant) ou alimentation aux dépens de substrat organique mort (Boullard, 1997). C'est l'un des trois modes principaux de nutrition hétérotrophe des champignons, les saprophytes exploitent des substances organiques mortes. Dont ils provoquent (avec l'aide de bactéries) la décomposition: Débris végétaux (feuilles et fruits tombés, bois morts, herbes sèches ....etc.), débris animaux, humus de sol (Ozenda; 2006).



Le genre *Conidiobolus coronatus* saprophyte la litière de feuilles, et le genre *Basidiobolus eidam* est un agent pathogène des mammifères, le *Basidiobolus ranarum*, saprophyte de la grenouille (Lanier et al., 1978).

### B- parasitisme

Plusieurs champignons sont des parasites qui obtiennent leur nourriture à partir d'autres organismes vivants (hôtes) avec les quels ils vivent en association intime. Ils parasitent principalement les plantes, mais aussi les animaux (surtout les insectes et les nématodes), l'homme et même d'autres champignons (Bouزيد, 2006).

L'ordre des *Entomophthorales* essentiellement parasite des plantes et d'animaux, et sont utilisés dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles. Par exemple *Entomophthora muscae* (= *Myophyton muscae*) parasite de la mouche domestique dans les lieux chauds et humides (Lanier et al., 1978).

### C- Symbiose

Les champignons peuvent aussi vivre en association symbiotique avec d'autres organismes vivants ou chaque partenaire tire bénéfice de cette association, les cas les plus connus sont les lichens et les mycorhizes (Bouزيد, 2006).

Les *Zygomycètes* peuvent s'associer aux racines végétales pour former des mycorhizes. Ce mode de vie (symbiose) est rare chez les *Entomophthorales*.

## II-2-3-4- Les facteurs qui influencent la croissance des champignons

### A-L'effet de température

La température est un facteur qui influe de manière efficace sur le conidiogénèse, la germination des conidies et l'incubation au moment de l'infection par l'*entomophthorales* et influe aussi sur la décharge des conidies (Milner et Bourne, 1983; Glare, 1991).

La température optimale pour la plupart des champignons *entomophthorales* est normalement entre 20°C et 25°C avec un minimum d'environ 5-10°C (Zimmermann, 1986)

Le temps pour tuer le puceron du petit pois par *Pondra neoaphidis* et *Conidiobolus obscurus* dépend de la température et l'infection ne se produit pas à 0°C ou 30°C. La mortalité est observée entre le 5<sup>ème</sup> à 16<sup>èmes</sup> jour à une températures de 20 et 10°C, respectivement (Wilding, 1970b).

Les infections par les champignons peuvent varier selon la température (Feng et al; 1999, Shah et al., 2002). Le *Conidiobolus coronatus* se développe à des températures de 16-30°C,



l'optimum de 20°C (Papierok, 1985). *Pandora neoaphidis* sporulé a des températures environ a 25°C (Sivčev, 1993, Sivčev et Manojlovic, 1995), ces résultats correspondent aux résultats de Shah et al (2002).

Krejzova (1971b) a signalé que les organites des hyphes de *Conidiobolus obscurus* perdent leur viabilité à une température de 40°C. Les spores ne germent pas lorsque ils sont exposés à une température de 60°C pendant 24 minutes, ou de 100°C pendant 15 minutes.

### B- L'effet d'humidité

L'humidité est un facteur plus important de l'environnement affectant le cours de l'épizootie dans la population d'insecte. Une sature d'eau est essentielle pour la décharge des conidies actives, la germination et l'initiation de l'infection (Stein Kraus et al ;1999).

Une décharge relative des conidies s'est produit lors de l'humidité de la récolte qui dépasse 91%, Ce résultat correspond aux observation antérieures de la décharge des conidies chez les deux espèces *Pandra neoaphidis* et *Conidiobolus obscurus* qui augmente avec l'augmentation d'humidité lorsque elle est produite à partir de cadavre qui contacte avec l'eau liquide ou d'une atmosphère saturée (Wilding, 1971). La sporulation est presque complètement inhibée lorsque l'humidité relative est inférieure à 93% (Sivčev et Manojlovic.,1995).

La plupart des conidies primaires de *Neozygites Fresenii* se produisent dans la nuit lorsque l'humidité est plus élevée (Steinkraus et al.,1999). Les conidies primaires de *Neozygites Fresenii* se germent pour former capilliconidia, qui sont résistants pour abaisser l'humidité (Steinkraus et slaymaker ,1994).

La meilleure viabilité des spores primaires des *Zoophtora radicans* est supérieur à 25% d'humidité relative (Griggs et al.,1999).

La plupart des champignons *entomophthorales* exigent une forte humidité ,pour produire des spores. Cependant au moins une espèce *Entomophthora muscae* moins exigeant à l'humidité est capable de sporuler sur des cadavres de mouches domestiques (*Muscae Domestica*) , à taux d'humidité relative bas que 20%(Mullens et Etradrique,1985). Les champignons ont été reportés par Newman et Carmer (1975) à spuoler sur éventail plus large d'humidité relative . *Entomophthora gammae* (*Pandora gammae*) sporulé à partir de cadavre d' *Includens pseudophusia* (Walker) d'environ 80-100% humidité relative.



### **C- L'effet de la Lumière**

La lumière n'est pas indispensable au développement végétative des champignons mais elle influence le rythme de croissance et la sporulation de certains d'entre eux (Nassoroui et Lepoivre, 2003) .

La germination des conidies de *Pandora neoaphidis* a été plus rapide à la lumière que dans l'obscurité (Sivcev et Manojlovic,1995) . Certaines recherches indiquent qu'il y a des effets négatifs de la lumière, en particulier sur la persistance des conidies par exemple dans la nature.

Le rayonnement ultraviolet est le facteur le plus important de la mortalité des conidies, la survie de la conidie est rapidement réduite après plusieurs minutes d'exposition aux rayons ultraviolets (Furlong et Pell, 1997).

## **II-2-3-5- Les exigences nutritives des champignons**

### **A-source de carbone ou d'énergies**

Tous les composés carbonés semblent pouvoir être utilisés au moins par quelques espèces des champignons, peu d'espèces sont capables cependant de dégrader les hydrocarbures, la lignine ou la kératine. Les champignons peuvent dégrader les hexoses, les pentoses, ainsi que les glucides (Larpent et al.,1990).

### **B- Source d'azote**

L'azote peut être fourni sous forme minérale ou organique. La plupart des champignons peuvent en générale assimiler aussi bien l'azote ammoniacal que l'azote nitrique (Davet et Rouxiel, 1997) et aussi métaboliser les acides aminés et l'urée.

Les sources complexes d'azote comme les peptides et les protéines ne sont utilisables par les hyphes qu'après leur destruction par les protéases en acides aminées (Nicklin et al.,1996).

### **C-Les élément minéraux et métaux**

Le soufre est utilisé sous forme de sulfate pour la plupart des champignons ainsi que le phosphore qui pénètre activement à l'intérieur de la cellule sous forme d'ions.

D'autres éléments doivent également être assimilés par les champignons, comme le potassium, le magnésium, des traces d'éléments tels que le Mn, Cu et Zn est nécessaires à la plupart des espèces fongiques (Boiron, 1996).



### II -2-3-6-La reproduction:

L'ordre des entomophthorales se reproduit d'une manière asexuée par des spores asexuées, ou d'une manière sexuée par union de filaments sexuels dont les extrémités qui, dilatées, fusionnent pour former une zygospore plurinucléée.

#### A) La reproduction asexuée:

La reproduction asexuée est basée sur la production des spores asexuées, c'est le stade anamorphe du champignon.

Dans ce mécanisme, la cellule fongique se divise par simple mitose, la conservation du génotype assure la propagation de lignée stable (Chabasse et al.,1999).

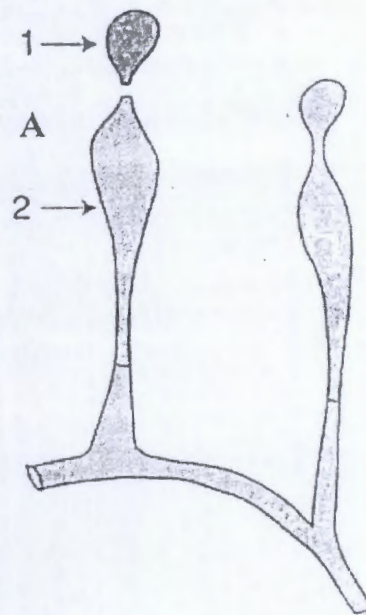


figure02: Mode de production des spores chez les entomophthorales.

A) *Entomophthorale* : 1.Ballistospore; 2.Conidiophore.

(Selon de Chabasse,2002)

Chez les *Entomophthorales*, les spores appelées conidies, sont issues d'un filament spécialisé appelé conidiophore, elles sont habituellement projetées à partir de l'extrémité de ce dernier par un système papillaire très élaboré, on les appelle les ballistospores (Chabasse et al.,1999 ).

**B) La reproduction sexuée:**

Alors que les noyaux de spores asexuées se forme par simple mitose, les noyaux des spores sexuées se forme après des processus plus complexe.

- ❖ La première étape est la plasmogamie qui réunit dans un même thalle deux noyaux compatibles.
- ❖ La deuxième étape appelée caryogamie, correspond à la conjugaison de noyaux haploïde pour donner un noyau diploïde.
- ❖ la troisième étape est une division réductrice ou méiose, qui conduit a des noyaux a nouveau haploïdes (Boiron., 1996).

La formation des zygosporos caractérise les zygomycètes, on constate que les zygotes résultent de la fusion de deux gamétanges, donnent naissance a une zygospore haploïde unique à paroi épaisse.

La plasmogamie, la caryogamie et la méiose sont des événements qui se succèdent sans interruptions, mais la germination terminale ne se produira que lorsque les conditions extérieures seront favorables (Chabasse ; et al2002).



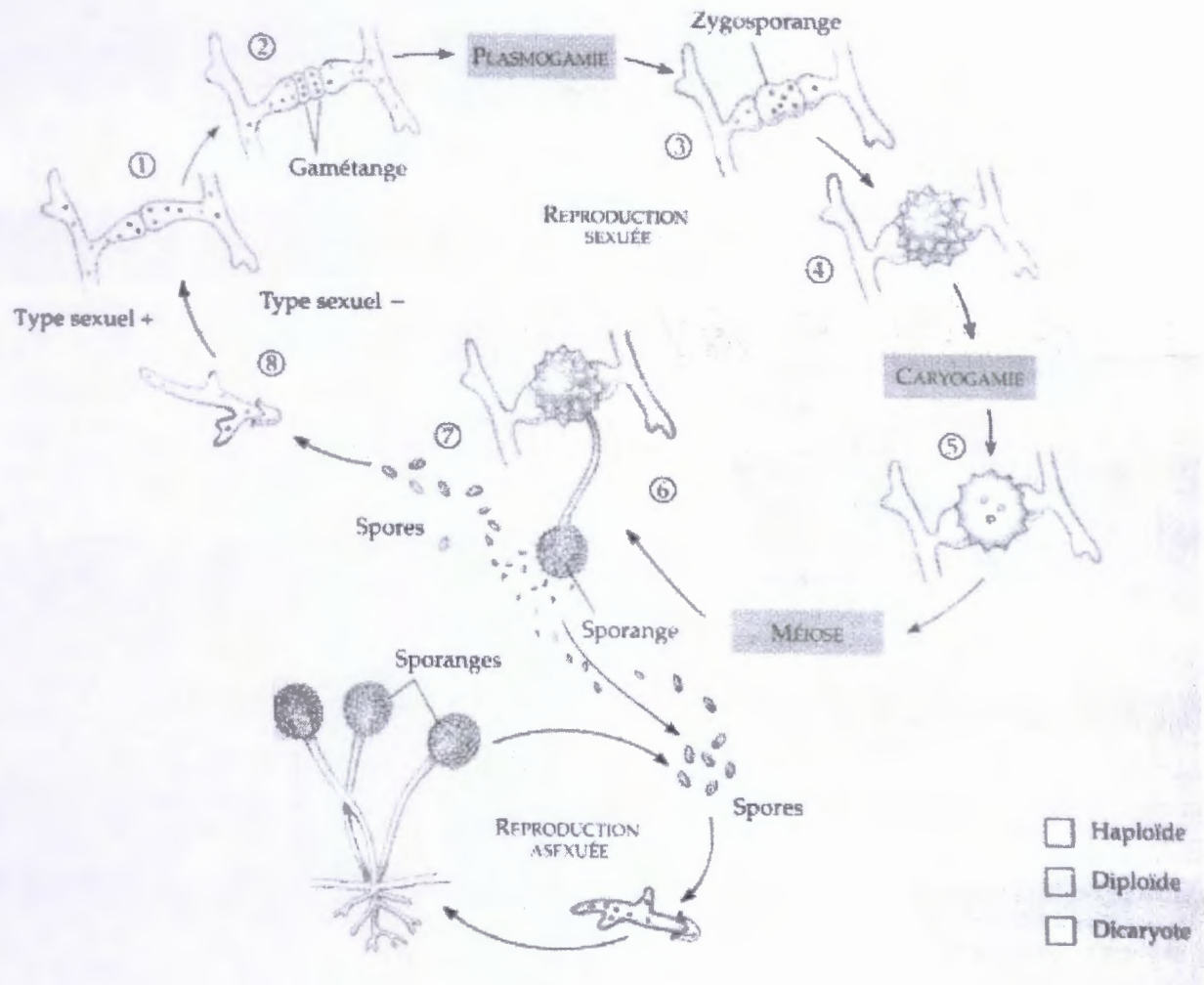


Figure 03: Le cycle de développement des Entomophthorales.

(selon règean et al.,2000)

- ① Des mycéliums de types sexuels opposés.
- ② Forment des prolongements appelés gamétanges cloisonnés à plusieurs noyaux.
- ③ Les gamétanges haploïdes fusionnent et forment un zygosporange diploïde.
- ④ La cellule se recouvre d'un revêtement épais et rugueux pour résister aux rigueurs du climat
- ⑤ Lorsque les conditions s'améliorent, la méiose survient.
- ⑥ Le zygosporange germe et produit des petits sporanges.
- ⑦ Les spores haploïdes se dispersent.
- ⑧ Les spores germent et deviennent des nouveaux mycéliums.

# CHAPITRE III

## La Lutte biologique



### III -1-La lutte biologique par les Entomophthorales contre les pucerons

L'utilisation des entomophthorales en lutte biologique n'a pas pour l'objectif le déclenchement artificiel d'une épizootie car ceci est favorisé par la présence d'une forte population de pucerons.

L'apport d'inoculum doit être précoce, discret, donne des colonies encore peu fournies, l'installation de foyers secondaires de pucerons pourra ainsi être évitée et limitée.

L'inoculum utilisé doit avoir les caractéristiques d'un produit agricole:

Il doit être stable, peu coûteux, facilement manipulable, et stockable.

Au laboratoire, (Latge et Remaudière, 1975) cherchent un inoculum à fort pouvoir germinatif, ils ont étudié au *Conidiobolus thrambai* qui germe à 80% après 3 jours d'incubation à l'humidité saturante, et *Conidiobolus obscurus* qui germe à 2.5% après 3 semaines dans l'eau (Latge, 1975).

Des stimulations physiques ou chimiques peuvent augmenter le pouvoir germinatif: la photopériode du jour, il faut utiliser le champignon dans sa forme la plus pathogène vis à vis du ravageur à combattre, la plus adaptée au condition microclimatique, au stockage et ayant plus une bonne stabilité du pouvoir pathogène.

Le pouvoir pathogène est évalué selon 2 méthodes:

- 1) par application d'une suspension aqueuse de conidies sur les insectes.
- 2) par exposition de l'insecte à la projection de conidies provenant de culture d'insecte ou de spores durables ayant germé. C'est cette méthode qui permet d'établir des relations fiables entre la dose du champignon et la mortalité.

Les champignons *Entomophthorales* comprennent 33 espèces pathogènes obligatoires ou non obligatoires de pucerons, comme : *Conidiobolus* (*Ancylistaceae*), *Neozygites* (*Neozygiteaceae*), *Entomophthora. Pondora* et *Zoophtora* (*Entomophthoraceae*) (Barta et Gagan, Keller, 2006). Ces agents pathogènes sont saisonniers et présentes dans des populations d'hôte (Stemkrans et al., 2002).

La plupart des *Entomophthorales* pathogènes des pucerons peuvent former des zygosporos (résulte de la conjugaison de deux organismes des hyphes), et des azygosporos (la production sans conjugaison) [Barta et Gagan, 2006].

### III-1-1- Généralités sur les pucerons

Les pucerons sont des insectes piqueurs suceurs de longueur variant de 1 à 5 mm. Ils sont souvent de couleur verte, mais cette dernière varie selon les espèces de pucerons, l'alimentation et le sexe ou l'environnement (Bruno et al., 2010).

Ce sont des ravageurs importants des cultures à travers le monde, causant des dommages indirectes comme des vecteurs de maladies des plantes et des dommages directs par l'alimentation (Van Emden et Harrington, 2007).

### III-1-2- Mode d'infection

Le champignon entomopathogène doit être pulvérisé directement sur les insectes ravageurs pour que le traitement soit efficace. Il attaque les organes internes provoquant l'arrêt du processus d'alimentation de l'insecte et causant sa mort 24 à 48 heures après l'infection (Anonyme, 2003).

Le mode d'infection se divise en quatre étapes distinctes qui sont : **L'adhésion, la germination, la différenciation; la pénétration.**

- 1) **L'adhésion** : Caractérisée par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des conidies avec les cellules tégumentaires de l'insecte (Vey *et al.* 1982). Cette phase se scinde en deux étapes distinctes, la première passive ou l'attachement à la cuticule est réalisée grâce à des forces hydrophobiques et électrostatiques (Fargues 1984; Butt, 1990, Boucias *et al.*, 1988) et la seconde active caractérisée par la production d'un mucilage qui va engendrer une modification épicuticulaire (Wraight *et al.*, 1990) aboutissant à la germination.
- 2) **la germination** : va être dépendante des conditions environnantes et aussi de la physiologie de l'hôte; (composition biochimique de la cuticule de l'hôte) qui peut favoriser ou inhiber la germination (St-Leger *et al.* 1989; Butt *et al.* 1995, Smith et Grula, 1982, Butt, 1990; Butt et Becket, 1994).
- 3) **la différenciation** : Caractérisée par la production d'appressorium, structures terminales qui vont servir de point d'encrage, de ramollissement de la cuticule et favoriser la pénétration. La production des appressoria est très dépendante de la valeur nutritive de la



cuticule de l'hôte (St-Leger *et al.*, 1989). Une cuticule nutritive va stimuler la croissance myceliale plutôt que la pénétration (St-Leger *et al.*, 1989).

4) la pénétration de l'hôte : qui se fait par la combinaison de pression mécanique (Pekrul et Grula, 1979) et enzymatique (Butt, 1990; Charnley, 1989; St-Leger 1993, 1995) telles que les lipases, les protéases et les chitinases (Kucera et Samsinakova 1968, Leopold et Samsinakova, 1970), la plus importante dans la pénétration étant les protéases. (St-Leger *et al.* 1988; 1989; Butt *et al.* 1990; Bidochka et Khachatourians; 1988).

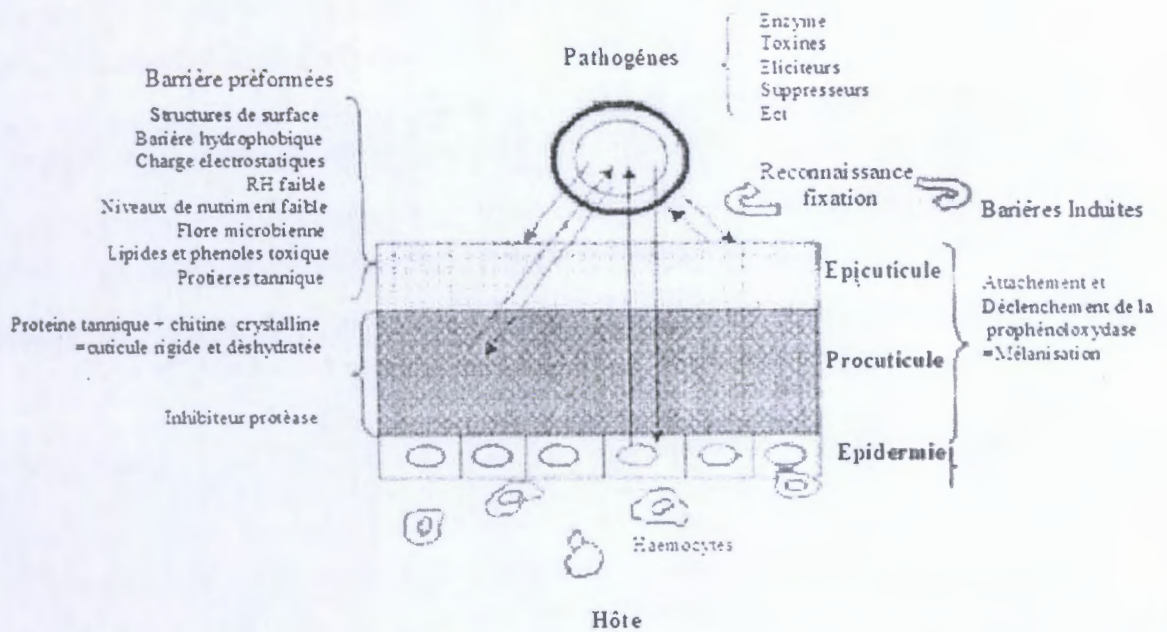


Figure04 : Schéma du mode d'infection illustrant les composantes majeures des interactions entre les insectes et les pathogènes durant la pénétration cutile [Vey *et al.* 1982]

### III-2- Les espèces d'entomophthorales les plus utilisées dans la lutte biologique

#### III-2-1- *Neoaphidis pandora* (*Erynia neoaphidis*)

*Neoaphidis pandora* est un pathogène commun de pucerons avec une distribution à travers le monde, bien qu'il soit moins fréquent dans les régions tropicales.

Cette espèce provoque régulièrement des épizooties chez les pucerons ravageurs et sa prévalence peut dans certaines périodes atteindre plus de 60% (Feng *et al.*, 1999; Steenberg *et al.*, 1996).



[www.sipweb.org/Fungi/index.cfm](http://www.sipweb.org/Fungi/index.cfm)



[www.biolib.cz/.../?letter=80&taxonid=14893](http://www.biolib.cz/.../?letter=80&taxonid=14893)

**Figure 05 : *Neoaphidis pandora***

Ce qui montre un grand potentiel pour l'utilisation de *Neoaphidis pandora* pour le contrôle microbien de pucerons, soit par inoculation ou par la conservation dans l'environnement.

Une grande attention est accordée aux effets du champignon *Neoaphidis pandora* sur les populations de pucerons dans les cultures d'importance économique pendant la période d'été, alors que les connaissances relatives à sa performance pendant l'hiver et le début des infections au printemps sont limitées.

Dans la littérature, plusieurs hypothèses ont été présentées sur le suivi hivernal de *Neoaphidis pandora*.

Une hypothèse dit que le champignon suivi par l'infection continue de conidies dans les populations de pucerons et se disperse ensuite au début d'été ( Feng et Chen, 2002; Wilding, 1973).

Cette hypothèse est étayée par le fait que *Neoaphidis pandora* est capable d'infecter les pucerons à des températures aussi basse à 5°C (Wilding, 1970), mais aussi les infections de *Neoaphidis pandora* ont été observées dans les populations de puceron dans le nord de littoral en France toute l'année, même pendant l'hiver (Bemaudière et al ., 1981).

Alors il est manifesté que *Neoaphidis pandora* a la capacité de survivre pendant de longues périodes (Lateur, 1977).

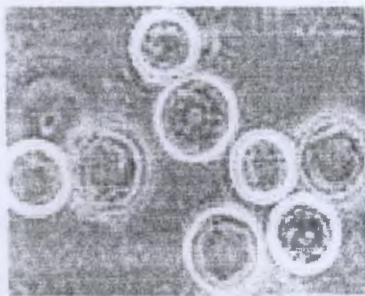
Les conidies primaires de *pandora Neoaphidis* à  $21-32 \times 11-14 \mu\text{m}$ ,  $L/D= 1.7$  à  $2.3$ .

[ $21$  à  $28.1 \times 10.8$  à  $14.5$ ,  $L/D= 1.6$  à  $2.2 \mu\text{m}$ ]. (Remaudiere et Hennebert, 1980).



### III-2-2- *Neozygite Fresenii*

*Neozygite Fresenii* est un champignon Entomophthorale largement pathogène de pucerons est observé dans divers pays, il a été signalé en Europe (Keller 1991. Steemberg et Eilemberg, 1995 ; Barta et Cagan, 2006), en Amérique du nord (feng et al.1990),et en Afrique du sud [Hatting et al, 1999].



[www.gouli.110mb.com/my\\_work.html](http://www.gouli.110mb.com/my_work.html)



[ipm.ncsu.edu/.../06News14/pestnews](http://ipm.ncsu.edu/.../06News14/pestnews)

Figure06 : *Neozygite fresenii*

*Neozygite fresenii* cause des épizooties très répandues dans la population des pucerons à travers le monde, comme les pucerons du genre *Aphis* en particulier l'espèce *aphis fabae* (Robert et al. 1973).

*Neozygite fresenii* a des conidies primaires  $18-22 \times 14-18 \mu\text{m}$  [ $17-21 \times 14-17 \mu\text{m}$ , L/D= 1.1à 1.5] principalement avec 4 noyaux (Keller, 1997).

### III-2-3-*Neozygite fumosa*

Ce champignon est retrouvé en République Populaire du Congo [Reamandière et Keller, 1980], où il attaque la cochenille du manioc (*phenacoccus manihoti*).

Cet insecte a été signalé pour la première fois sur le continent africain en 1973 au Congo (Silvestre, 1973) et au Zaïre (Hahn et Williams, 1973). Il est considéré comme l'un des plus importants ravageurs du manioc en Afrique. Originaire des zones tropicales d'Amérique du Sud. Les conidies de ce champignon *Neozygite fumosa* sont sphériques à pyriforme à 4 noyaux, les

capilloconidies amygdali sont surmontées d'une gouttelette adhésive. Les spores de résistance à épisore pigmentée (brune ou noir) contiennent 2 noyaux.



Figure 07: *Neozygite fumosa*

[www.fao.org/wairdocs](http://www.fao.org/wairdocs)

La comparaison des observations effectuées en république populaire du congo avec celle de Speare (1922) en Floride et en Louisiane et celle de Rees en 1932 en Floride, révèle de légères variations d'ordre biométrique au sein de l'espèce *Neozygite fumosa*

Les conidies primaires issues de *phenacoccus manihoti* en Afrique sont un peu plus petites ( $14.0 \times 9.7 \mu\text{m}$ ) que celles observées par Speare en Louisiane ( $16-20 \times 8-10 \mu\text{m}$ ).

En revanche, les capilloconidies sont plus grandes ( $12.3 \mu\text{m}$ ) en Afrique contre  $8 \mu\text{m}$  de longueur en Louisiane, mais les dimensions des spores de résistance sont identiques.

Comme toutes les espèces du genre *Neozygite*, *Neozygite fumosa* n'est pas cultivable sur les milieux artificiels actuellement utilisés (Reamandière et Keller, 1980).

A l'heure actuelle sur un totale de plus de 100 espèces d'entomophthorales pathogènes d'insectes et d'acariens (Waterhouse et Brady, 1982), il n'y a que deux espèces inféodées aux cochenilles *conidiobolus pseudococci* et *Neozygite fumosa*, toutes deux connues uniquement sur les pseudococcidae .



### III-2-4- *Entomophthora muscae*

Le champignon *Entomophthora muscae* (Zygomycètes : Entomophthorales) est un pathogène bien connu des adultes des diptères avec une large gamme d'hotes potentiels, d'abord décrits par Cohn en 1855 d'une épizootie de mouche domestique, cette espèce a été connue comme un agent de contrôle biologique depuis nombreuses années.



[www.virtualmuseum.ca/](http://www.virtualmuseum.ca/)



[www.amentsoc.org/.../terms/biological-control](http://www.amentsoc.org/.../terms/biological-control)

**Figure08: *Entomophthora muscae***

L'épizootie de l'*Entomophthora muscae* se produit habituellement au printemps et en automne de l'année dans les régions les plus tempérées (Watson et Petersen, 1993). Depuis les premières observations de Cohn les épizooties ont été observées chez les adultes dans les familles de diptères : *Muscidae*, *Calliphoridae*, *Sarcophagidae*, *Tachinidae*, *Drosophilidae*, *Scatophagidae*, *Culicidae* et *Syrphidae*.

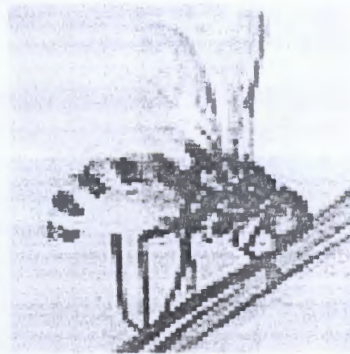
### III-2-5- *Entomophthora maimaga*

En 1989, les chenilles de la spongieuse ont été trouvées infectées par le champignon entomophthorale *Entomophthora maimaga* aux États-Unis, et depuis cette année, ce champignon largement documenté, s'est propagé à travers les forêts dans le Nord-Est des USA (Elkington et al. 1991; Hajek et al. 1995).

Le développement de ce champignon a été dû à une combinaison de circulation aérienne de conidies ainsi que par la manipulation de l'homme.

Ce champignon ne peut pas être facilement cultivé sur les milieux artificiels : Donc deux méthodes ont été mises au point pour libérer l'*Entomophthora maimaga* dans les zones où les insectes venaient d'être créés. Tout d'abord, le sol contenant les spores ont été recueillis à partir

des bases d'arbres qui avaient un grand nombre de cadavres infectés. D'autre part, les cadavres infectés recueillis dans la nature ont été récoltés à la main pour la redistribution (Hajek et al., 1998).



**Figure09: *Entomophthora maimaga***  
[tolweb.org/Zygomycota](http://tolweb.org/Zygomycota)

A l'heure actuelle, le champignon *Entomophthora maimaga* est réparti sur une grande partie de la zone infectée par la spongieuse "*Lymantria dispar*", dans le Nord-Est des USA, mais il y'a encore une demande pour établir ce champignon dans les nouveaux foyers de la spongieuse (Pell et al. 2001).

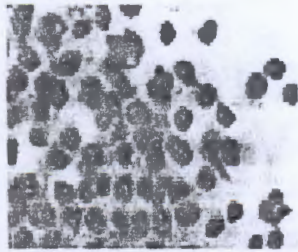
### III-2-6- *Entomophaga grylli*

Ce champignon entomophthorale (zygomycète), qui infecte naturellement certaines espèces acridiennes, entraîne d'importantes d'épizooties : celles-ci ont été décrites par de nombreux auteurs en Afrique et ailleurs dans le monde (Roffey, 1968; Chapman et Page, 1979).

*Entomophaga grylli* est un complexe à deux espèces pathotype distinctes en Amérique du nord : *Entomophaga macleodii* et *Entomophaga calopterri*, en outre un autre nombre complexe, *Entomophaga paraxibuli*, a été introduit en Australie.

L'un des ravageurs infectés est *Zonocerus variegatus*, c'est un criquet polyphage qui s'attaque a une large gamme de plantes cultivées est considéré dans beaucoup du pays de la zone humide d'Afrique comme un ravageur important (Chapman et al., 1986; Modder, 1994). la liste de ces plantes hôte atteint 250 espèces (Chiffaud et Mestre, 1990).





[www.biolib.cz/.../?letter=69&taxonid=14897](http://www.biolib.cz/.../?letter=69&taxonid=14897)



[people.uleth.ca/~dan.johnson/htm/update04.htm](http://people.uleth.ca/~dan.johnson/htm/update04.htm)

**Figure 10: *Entomophaga grylli***

*Entomophaga grylli* est un facteur important pour la mortalité des larves du criquet (*Zonocerus variegatus*) comme l'avait rapporté par ailleurs (Chapman et Page, 1979). Les infections de *l'Entomophaga grylli* sont plus importantes chez les larves agrées du criquet que chez les plus jeunes larves et les adultes, cela pourrait s'expliquer par le fait que la densité de l'inoculum peut être supposée faible au moment de l'émergence des premiers stades du criquet. En outre, la quantité de spores chez les jeunes larves est plus faible du fait de leur petite taille et sont souvent peu mobiles et regroupés sur les plantes.

L'infection a atteint 46% sur l'un des sites et dépasse 10% sur les autres.

La température, la pluviométrie, l'humidité relative et la radiation solaire, sont des facteurs très importants pour la régulation des épizooties.

### III-2-7- *Zoophthora radicans*

Le champignon entomophthorale *zoophthora radicans* est un entomopathogène fréquent et un important facteur de mortalité naturelle dans les populations de nombreux insectes nuisibles, pouvant être utilisé comme bio pesticide pour lutter contre les insectes, notamment l'ordre des lépidoptères et des espèces homoptères.

Ce champignon a été l'objet de nombreuses recherches visant à tirer partie de son potentiel naturel de haute épizootie pour la lutte biologique (Pell et Wilding, 1994).

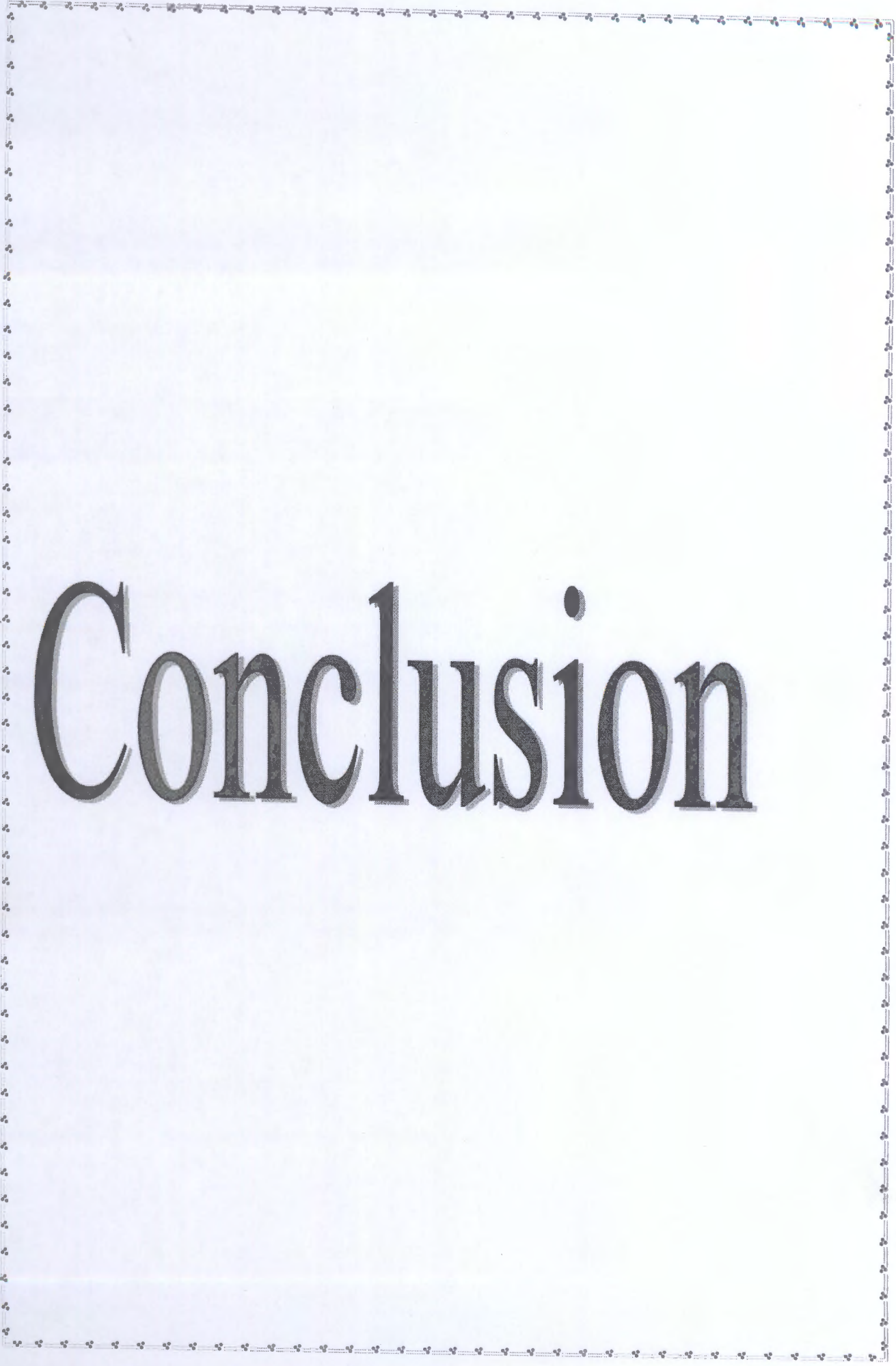


[www.fruit.affrc.go.jp/GDB/epfdb/Zygomy/Z](http://www.fruit.affrc.go.jp/GDB/epfdb/Zygomy/Z)

[www.ars.usda.gov/is/np/systematics](http://www.ars.usda.gov/is/np/systematics)

**Figure 11: *Zoophthora radicans***





# Conclusion

**Conclusion:**

Les champignons entomophthorales sont des agents infectieux qui provoquent des maladies chez les insectes, ils ont donc un effet bénéfique pour l'agriculture lorsque 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.





# Referances

## Références Bibliographiques

- Ahmed, S. I. et S. R. Leather.(1994). Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management - some points for consideration. Intern. J. Pest Management 40: 287-292. Afrikjan, E. G., V. A. Tchilingirln et L. A. Tchil-Akopln. 1969. Bakterialnii incekticidnii preparat BIP-805. Biol. j. Armenii, t. 22, 3-7.
- Balaz,S.(1993).Flora of poland.Fungi(Mycota),24:Entomophthorales.Polish Academy of science,
- Barta , M.& cagan, L.(2006).Observation on the occurrence of entomophthorales infecting aphid (Aphididae) in slovakia.biocontrol 47:1-14.
- Boiron, P.(2006).Organisation et biologie des champignons,paris-126.ISBN :2-9-190443,0
- Botton,B.,Breton,A.,Fevre,M.,Ganthier,S.,Guy,Ph.,Plarpent,J.,Reymond,P.,Sanglier,J.J.,Vayssier,Y.,Veau,P.(1990).Moisissures utiles et nuisibles d'importance industrielle.Ed-Masson, Paris(1985-1990).38,95,111,121,156,205,292,303.
- Boullard, B.(1997).Gerre et pais dans le règne végétal,325 p.
- Burgess, H. D. (1981). Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. Academic Press, London.
- Burgess, H. D. (1982). Control of insect by bacteria. Parasitology 84, 79-117. Butt, T.M. 1990. "Fungal infection processes. A mini-review" Vth Int. Colloq. Invertebr. Pathol. Adelaide. Soc. for Invertebr. Pathol. pp 121-124.
- Butt, T. M., L. Ibrahim, B. V., S. J. Clark et A. Beckett. (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, 119-49.
- Butt, T.M. (1990). "Fungal infection processes. A mini-review" Vth Int. Colloq. Invertebr. Pathol. Adelaide. Soc. for Invertebr. Pathol. pp 121-124.
- Butt, T.M. et Beckett, A., (1994). "Structural studies on the infection processes of entomogenous fungi". International Colloquium for Invertebr. Pathol., August 28th-Sept. 2nd, 1994., Montpellier, France. Proceedings, p311-314.
- Cantwel,C.E.et WW.Cantel. (1981). *bacillus thuringiensis* à pontential control agent for the colorado potato beetle. Am.potato J.58:457- 468.
- Cantwell, G.E et WW.cantelo (1984) .control of the Colorado potato beetle with *bacillus thuringiensis* varity *thuringiensis* ,Am.potato J,61:451-458.
- 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. pp. 357-416.
- Chabasse,D.,Bouchara,J.P.,Gentile,L.,Brun,S.,Cimon,B.,Penn.P.(2002).Cahier de formation N°25 :Les moisissures d'insert médical.230,bd Raspail 75014 Paris,47 :11-15.
- Chapman et page. W.W.(1979).Les facteurs que affectant la mortalité des sauterelle (*Zonocerus variegatus*) dans le sud de wigeria.



**Charnley, A.K.; (1989).** Mechanisms of fungal pathogenesis in insects. In: Biotechnology of fungi for improving plant growth (Whipps, J.M. and Lumsden, R.D. eds) pp 85-123. Cambridge Univ. Press.

**Chiffaud.J.et Mestre,j.(1990).**Les criquet *Zonocerus variegatus* (linné 1758).Essai de synthèse bibliographique.CIRAD-PRIFAS.Département GERDAT .138 p.

**Chiffaud.j.&Mestre,j(1990).**le criquet puant *zonocerus variegatus*(linné 1758).Essai de synthèse bibliographique.cirad-prifas.Département GERDAT 138p.

**Cloutier, C., et Cloutier, C. (1992).** Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. In La lutte biologique, sous la direction de C. Vincent et D.Coderre, p.19-88. Chicoutimi, Québec, Canada: Gaétan Morin éditeur ltée.

**Coleman,D.C.,Crossley,D.A.Jr.,&Hendrix,P.F.(2004).***Fundamentals of soil Ecology*.Elsevier Press,London.40-89.

**D.chabasse, claud guiguen, Neelly contet-audonneau (1999).**Mycologie médicale

**Davet,P(1996).**Détection et isolement des champignons de sol.ED.INRA.147.Rue de l'université.75338ParisCedex 07 :18,62,63,75.

**De Ley,P.(2002).**Lost in worm spase:Phylogen and morphology as road maps to nematode diversity. *Nemathology*2:9-169

**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: 372-383.

**Doberski, J. W. (1981).** Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: Effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. *J. Invertebr. Pathol.* 37: 195-200.

**Doucet MMA,doucet ME(1990).**steinernema ritteri(*nematoda:steinereimatidae*) with a key to the species of the genus.*Nematologia*,36: 275-265.

**Dunphy, G. B. et Tibelius, K. H., (1992).** Les progrès biotechnologiques augmentant l'efficacté de *Bacillus thuringiensis* et de *Bacillus sphaericus* en tant qu'insecticide microbien. In la lutte biologique, sous la direction de C. Vincent et D. Coderre, p. 305-322. Chicoutimi, Québec, Canada. Gaetan Morin éditeur ltée.

**Eilenberg,J.(2002).**Biology of fungi from the order *Entomophthorales* with emphasis on the genera *entomophthora* ,*strongwelsea* and *erynioposis*.D.Sc.Thesis.the royal veterinary and agriculture university, Copenhagen.407pp.

**Eilenberg,J.,Hajek.A. & Lomer,C.(2001).**Suggestions for unifying the therminology in biological control.*Biocontrol* 46:387-400.



- Ignoffo, C. M. (1973).** Effects of Entomopathogens on Vertebrates. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 217: 141-165.
- Ignoffo, C.M. and D. L. Hostetter. (1977).** Environmental stability of microbial insecticides. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 10: 1-80.
- Jourdheuil, P., P. Grison et A. Fraval. (1992).** La lutte biologique: un aperçu historique. La lutte biologique. Dossier de la Cellule environnement de l'INRA 5,11-35.
- Keller, S. (1999).** Identification of Arthropod-pathogenic *Entomophthorales*, IOBC/WPRS Working "Insect pathogens and insect parasitic nematodes», university boku,Vienna, 41pp.
- Keller,S.(1987)a.**Arthropod-pathogenic *Entomophthorales* of Switzerland I. *Gonidiobolus* Entomophaga and *entomophthora*.*Sydowia* 40:122-167.
- Keller,S.(1991).** Arthropod-pathogenic *Entomophthorales* of Switzerland.II.*Erynia*, *Eryniopsis*, *Neozygites*,*Zoophthora* and *Tarichium*.*Sydowia* 43:39-122
- Keller,S.(1997).** The genus *Neozygites* (Zycomycetes: Entomophthorales) with species found in tropical regions.*Sydowia* 49:118-146.
- Keller,S.(2006).** *Entomophthorales* attacking aphids with a description of tow new species.*sydowia* 58:38-74.
- Khachatourians, G.K. (1986).** Production and use of biological pest control agents. *Trends Bio. Tech.* 4: 120 - 124.
- Kirk,P.M.,Cannon,P.F.,David,J.C.& Staplers,J.A.(2001).**Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi .9<sup>th</sup> edition.CAB International, Egham,650pp.
- Krejzova,R.(1971)b.**Resistance and germinability of resting spores of some species of des genus *Entomophthora*.*Ceska mycology* 25(4):231-238.
- Kucera, M. et A. Samsinakova. (1968).** Toxins of the entomophagous fungus *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 12: 316-320.
- L.Janier, P.joly, P.bondoux, A.bellenere.(1979).**Mycologie et pathologie forestière.Edition masson.paris ,Neew york Barcelone milon p487
- Latge,J.P.(1975).**Croissance et sporulation de 6 espèces d'*entomophthorales*.I.Influence de la nutrition carbonée.*Etomophaga* 20 :201-207.
- Letteur,G.(1977).** Sur la possibilité d'infection dhrecte d'aphides par *Entomophthora* à partir de sols hébergeants un inoculum naturel .*C.R.Acad.Sci.Paris284D* :2253-1284.
- Lee,D.J.(1993).***The biology of nematodes*.Taylor&Francis London.211-265.
- Leopold, J. et A. Samsinakova. (1970).** Quantitative estimation of chitinase and several other enzymes in the fungus *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 15: 34-42.
- Lepoivre Ph.(2003).**Phytopathologie.Ed .Bruxelles.
- Maddox, J. V. (1987).** Protozoan diseases. In: Fuxa, J. R. and Tanada, Y. (eds), *Epizootiology of Insect Disease*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 417-52.



- Magalhaes, B. P., J. C. Lord, S. P. Wraight, R. A. Daoust et D. W. Roberts. (1981).** Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Zoophthora radicans* to the coccinellid predators *Coleomegilla maculata* and *Eriopis connexa*. J. Invertebr. Pathol. 52: 471-473.
- Martignoni ME, iwai PJ (1981)** A catalogue of viral diseases of insect, mites and ticks. In burges HD (éd), Microbial control of pests and plant diseases, 1970-1980. p.897-911. Academic Press, London.
- Milner, R. J. & Bourne, J. (1983).** Influence of temperature and duration of leaf wetness on infection of *Acyrtosiphon Kondoi* with *Erynia neoaphidis*. Ann. Appl. Biol. 102: 19-27.
- Morris, O. N. (1983).** Micro organisms isolated from forest insects in British Columbia. J. Entomol. Sci. BC. 80: 29-36.
- Nasraoui B et Lepoivre Ph. (2003).** Les champignons phytopathogènes, In « phytopathologie » Ed de boeck université bruxelles. PP. 111-143.
- Nasraoui, B. (2006).** Les champignons parasites des plantes cultivées. Centre universitaire tunis. 450.
- Ozernd, P. (2006).** Les végétaux organisation et diversité biologique. 2<sup>ème</sup> édition-Dunod, paris. 503. ISBN : 2100507245.
- Papierk, B. (1985).** Données écologiques et expérimentales sur les potentialités entomopathogènes de l'entomophthorale *Conidiobolus coronatus* (Constantin) Batko. Entomophage 30 : 303-312.
- Parta, M. & Cagán, L. (2006).** Observations on the occurrence of *Entomophthorales* infecting aphids (Aphidoidea) in Slovakia. Biocontrol 47: 1-14.
- Pekrul, S. et E. A. Grula. (1979).** Mode of infection of the corn earworm (*Heliothis zea*) by *Beauveria bassiana* as revealed by scanning electron microscopy. J. Invertebr. Pathol. 34: 238-247.
- Pell, J. K., Eilenberg, J., Hajek, A. E. & Steinkraus, D. C. (2001).** Biology, ecology and pest management potential of *Entomophthorales*, pp. 71-153. In: Butt, T. M., Jackson, C & Magan, N. (eds) Fungi as biocontrol agents, CAB International.
- Pell, J. K., Wilding, N. (1994).** Préliminaire du processus-cage sur le terrain, en utilisant le champignon pathogène *Zoophthora radicans* Brefeld (*Zygomycète : Entomophthorales*). 4 : 71-75.
- Poinar, G. O. et G. M. Thomas. (1985).** Laboratory guide to insect pathogens and parasites. Plenum Press, New York, P. 329.
- Ramoska, W. A. (1984).** The influence of relative humidity on *Beauveria bassiana* infectivity and replication in the ching bug, *Blissus leucopterus*. J. Invertebr. Pathol. 43: 389-394.
- Raven, Evert, Eichhorn. (2007).** Biologie végétale. Ed de boeck université bruxelles. PP. 268.
- Riba, Remaudière, G. & Hennebert, G. L. (1980).** Révision systématique d'*Entomophthora* aphidis Hoffm. in Fres. Description de deux nouveaux pathogènes d'aphid mycotaxon 11: 269-369.
- G. and S. Marcandier. (1984).** Influence de l'humidité relative sur l'agressivité et la variabilité des souches de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin et de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.)



Sorokin, Hyphomycètes pathogènes de la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hübn. Agronomie 4:189-194.

Roffey, J. (1968). La présence du champignon *Entomophaga grylli* sur les criquets et les sauterelles en Thaïlande. Invertebr. J. Pathol. 11:237-241.

Samson, R. A., Evans, H. C. & Latge, J. P. (1988). Atlas of entomopathogenic fungi. Springer-Verlag, Berlin, 127 pp.

Shah, P. A., Aebi, M. & Tuor, U. (2002). Effects of constant and fluctuating temperatures on sporulation and infection by the aphid-pathogenic fungus *Pondora neoaphidis*. Exp. Appl. 103:257-266.

Silvestre (1973). Aspects agronomiques de manioc à la ferme d'état de Mantsoumba (Rép. pop. Congo). Paris: Edition Masson, 350 p.

Silvestre, (1973). Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'état de Mantsoumba (Rép. pop. Congo). Paris: Editions Masson, 350 p.

Sivčev, I. & Manojlović, B. (1995). Effects of temperature and relative humidity on the germination of aphidopathogenic fungus *Pondora neoaphidis* condida. Plant protection (Zast. Bilja) 46:51-56.

Sivčev, I. (1993). Influence of temperatures on the sporulation of aphidopathogenic fungus *Pondora neoaphidis* (Remaudière et Hennebert) Humber. Plant protection (Zast. Bilja) 44:133-138.

Smith, R. J. et E. A. Grula. (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.

St. Leger, R. J., P. K. Durrants, A. K. Charnley et R. M. Cooper. (1988). Role of extracellular chymotrypsin in the virulence of *Metarhizium anisopliae* for *Manduca sexta*. J. Invertebr. Pathol. 52: 285-293.

St. Leger, R. J., T. M. Butt, R. Staples et D. W. Roberts. (1989). Production of appressoria by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Exp. Mycol. 13: 274-288.

St. Leger, R. J., T. M. Butt, R. Staples et D. W. Roberts. (1989). Production of appressoria by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Exp. Mycol. 13: 274-288.

St. Leger, R. J., Butt, T. M., Staples, R. et Roberts, D. W., (1989). Production in vitro of a cuticle-degrading protease by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Exp. Mycol. 13: 253-262.

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

Steenberg, T., Eilenberg, J. & Bresciani, J. (1996). First record of a *Neozygites* species (*Zycomycetes: Entomophthorales*) infecting springtails (Insecta: Collembola). J. Invertebr. Pathol. 68:97-100.

Steinkraus, D. C., & Slaymaker, P. H. (1994). Effect of temperature and humidity on formation, germination, and infectivity of conidia of *fresenii* (*Entomophthorales: Neozygiteaceae*) from *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). J. Invertebr. Pathol. 64:130-137.



**Steinkraus, D.C., Howard, M.N., R.G. & Boys, G.O. (1999).** Infection of sentinel cotton aphid (Homoptera: Aphididae) by aerial spores of *Neozygites fresenii* (Entomophthorales: Neozygiteaceae). *Biol. Control* 14: 181-185.

**Tanada, Y. et H.K. Kaya (1993).** "Insect pathology". Academic press. New York, 666pp.

**Vey, A.J., Fargues, J. 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: 387-397.

**Wilding, N. (1970).** The Effect of temperature on the infectivity and incubation periods of fungi *Entomophthora aphidis* and *E. thaxteriana* for the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*, pp. 84-88. In: Proceeding of the 4<sup>th</sup> international colloquium of insect pathology, Maryland. W. Szafer institute of botany, 356pp.

**Wilding, N. (1973).** The survival of *entomophthora* spp. in mummified aphid at different temperature and humidities. *J. Invertebr. pathol.* 21: 309-311.

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

**Wraight, S.P., Butt, T.M., Galaini-Wraight, S., Allee, L.L., Soper, R.S. & Roberts, D.W. (1990).** Germination and infection processes of the entomophthoralean fungus *eryniaradicans* on the potato leafhopper, *Empoasca fabae*. *J. Invertebr. pathol.* 56: 157-147.

**Zimmermann. (1986).** Insect pathogenic fungi as pest control agents, pp. 271-231. Franz, J. M. (ed). *Biological plant and health protection*, Gustav Fisher Verlag.

## *Sites d'internet*

[www.sipweb.org/Fungi/index.cfm](http://www.sipweb.org/Fungi/index.cfm)

[www.biolib.cz/.../?letter=80&taxonid=14893](http://www.biolib.cz/.../?letter=80&taxonid=14893)

[www.gouli.110mb.com/my\\_work.html](http://www.gouli.110mb.com/my_work.html)

[ipm.ncsu.edu/.../06News14/pestnews.](http://ipm.ncsu.edu/.../06News14/pestnews)

[www.fao.org/wairdocs](http://www.fao.org/wairdocs)

[www.virtualmuseum.ca/](http://www.virtualmuseum.ca/)

[www.amentsoc.org/.../terms/biological-control](http://www.amentsoc.org/.../terms/biological-control)

[tolweb.org/Zygomycota](http://tolweb.org/Zygomycota)

[www.biolib.cz/.../?letter=69&taxonid=14897](http://www.biolib.cz/.../?letter=69&taxonid=14897)

[people.uleth.ca/~dan.johnson/htm/update04.htm](http://people.uleth.ca/~dan.johnson/htm/update04.htm)

[www.fruit.affrc.go.jp/GDB/epfdb/Zygomys/Z](http://www.fruit.affrc.go.jp/GDB/epfdb/Zygomys/Z)

[www.ars.usda.gov/is/np/systematics](http://www.ars.usda.gov/is/np/systematics)



## Thème

### Les champignons entomophthorales et leur utilisation en lutte biologique

Présentés par :

Bensaada hayet

Meledjem malika

Lounis aida

Les nombre de jury:

Examinatrice: M<sup>elle</sup> Akroum S.

Encadreur : M<sup>r</sup> bouhous M.

#### Résumé:

Notre étude vise à définir l'ordre des entomophthorales et les espèces les plus utilisées dans la lutte biologique et les facteurs qui l'affectent; l'humidité, la température et la lumière et leurs effets. Et dans quelle mesure ces champignons utilisés dans le domaine agricole.

Mots clés: lutte biologique, champignons entomophthorales,

#### Abstract:

Our study aims to define the order Entomophthorales, and the species most used in biological control and factors affecting it, humidity, temperature, and light, and their effects And to what extent these fungi used in agriculture.

Key words: biological, fungi entomophthorale:.

#### ملخص:

تهدف دراستنا إلى التعريف بالفطريات ذات الرتبة Entomophthorales و أهم الأنواع المستعملة في مكافحة البيولوجية و العوامل المؤثرة عليه من رطوبة و حرارة و ضوء و كيفية تأثيرها و الى أي مدى يستعمل ضد الفطر في الميدان الزراعي

الكلمات الدالة: مكافحة البيولوجية فطريات Entomophthorales.