

# République algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté par

**SEBIH Hocine**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité :** Protection des cultures

**THÈME**

**Évaluation préliminaire de l'effet *in vitro* de  
l'entomopathogène autochtone *Beauveria* sp.  
(Hypocreales: Clavicipitaceae) sur les larves du ver blanc**

Soutenu publiquement le 16 /09/2018

**Devant le jury :**

Présidente	M <sup>me</sup> SAIAH F.	MCB Univ. Mostaganem
Encadreur	M <sup>me</sup> BADAOUI M.I.	MCB Univ. Mostaganem
Examineur	M <sup>r</sup> DEBBA B.	MCB Univ. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire de Protection des Végétaux*

Année universitaire : 2017-2018

# REMERCIEMENT

*Mes remercie vont d'abord à dieu tout puissant de nous avoir donné la patience de réaliser ce modeste travail.*

Je remercie ma promotrice de mémoire M<sup>me</sup> BADAOUI M.I., Maitre de Conférences à l'Université de Mostaganem pour avoir dirigé mon travail de recherche. Je lui suis extrêmement reconnaissant pour ses conseils judicieux. Mes plus vifs remerciements pour son dynamisme, son soutien, ses conseils et sa confiance qui m'a permis de mener à bien cette mémoire.

Je suis très honoré par la présence de M<sup>me</sup> SAIAH F., Maitre de Conférences à l'Université de Mostaganem pour avoir accepté de présider le jury.

Mes remerciements et reconnaissances vont à M<sup>r</sup> DEBBA B. Maitre de Conférences à l'Université de Mostaganem pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier M<sup>r</sup> ADEL, et M<sup>me</sup> HOURIA les ingénieurs de laboratoire pédagogique de Protection des Végétaux de l'Université de Mostaganem.

Je remercie également M<sup>r</sup> BOUTAIBA M. doctorant à l'Université de Mascara pour l'identification préliminaire du ravageur

Je tiens à remercier mes chères amis HADJI H., CHERKI S. A., AYADE A., SLIMANI T., DARKAOUI M., KALACHE k. et BELAHMAR L., pour leur présence, leur aides et leur conseils.

Je remercie également mes chères collègues BOUGHANDJA N.H., BOUTAMRA N., SEKOUTI A.S. et ALOUTE N. pour leur aides prestigieuses et leur entière présence au cours de la réalisation de la partie expérimentale de ce travail.

Enfin Mes profonde remerciements a toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

# Dédicaces

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

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

*A mes frères ; AMINE ,MADJID,RABEH*

*A mes sœurs*

*A mes neveu ,et mes nièces « Abed el fateh ,Abdrrahmne, youcef ,Mohamed,  
Mohamed,Sara ,Amira,Rim,lina,yassmine,sirine*

*A mes amis ;*

*Ibrahim,Riyadh,Aboubakr,Omar, Oussama,Houssem,Salih,  
Sofain,SeyyidAhmed,Hamouche,Omar,Djarwad, Abderraouf,Hamza,Morade,  
Khayradine,Othmane,Tayeb,Abdelkader,Tofk,Azeddine.*

*HOCINE*

## Résumé

Les vers blancs sont des ennemies naturelles des cultures. Les pertes causées par ces derniers sont importantes, ce qui a conduit à la mise au point de nombreuses méthodes de lutte. La présente étude a pour but de proposer une solution alternative basée sur l'utilisation des entomopathogènes autochtones pour lutter contre ces ravageurs.

L'objectif principal de notre travail est d'évaluer *in vitro* l'effet insecticide du champignon entomopathogène *Beauveria* sp. sur les larves du ver blanc en présence et en absence du sol. Puis une identification préliminaire du phytophage basée sur la morphologie des larves et des adultes a été réalisée.

Les résultats obtenus montrent que sous l'effet de la même concentration de *Beauveria* sp., la morbidité des larves, est influencée par le sol. En effet, seulement 33.33% des larves ont été éliminés dans le lot qui contient du sol, tandis que pour les larves exposées directement à l'effet du champignon, un maximum de 80% de mortalité a été enregistré.

Après l'identification du ravageur, il s'est avéré que l'espèce étudié est probablement *Phyllognathus* sp.

**Mots clés :** Effet larvicide, *Beauveria* sp, ver blanc, identification, *Phyllognathus* sp.

**Abstract**

White grubs are natural enemies of crops. The losses caused by the latter are important, which led to the development of many control methods. The present study aims to propose an alternative solution based on the use of indigenous entomopathogens to control these pests.

The main objective of our work is to evaluate in vitro the insecticidal effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria* sp. On whiteworm larvae in presence and absence of soil. Then a preliminary identification of phytophage based on the morphology of larvae and adults was carried out.

The results obtained show that under the effect of the same concentration of *Beauveria* sp. The morbidity of the larvae is influenced by the soil. In fact, only 33.33% of the larvae were eliminated in the lot containing soil, while for larvae exposed directly to the effect of the fungus, a maximum of 80% of mortality was recorded.

After the identification of the pest, it turned out that the species studied is probably *Phyllognathus* sp.

**Key words** : Larvicide effect, *Beauveria* sp, white grub, identification, *Phyllognathus* sp

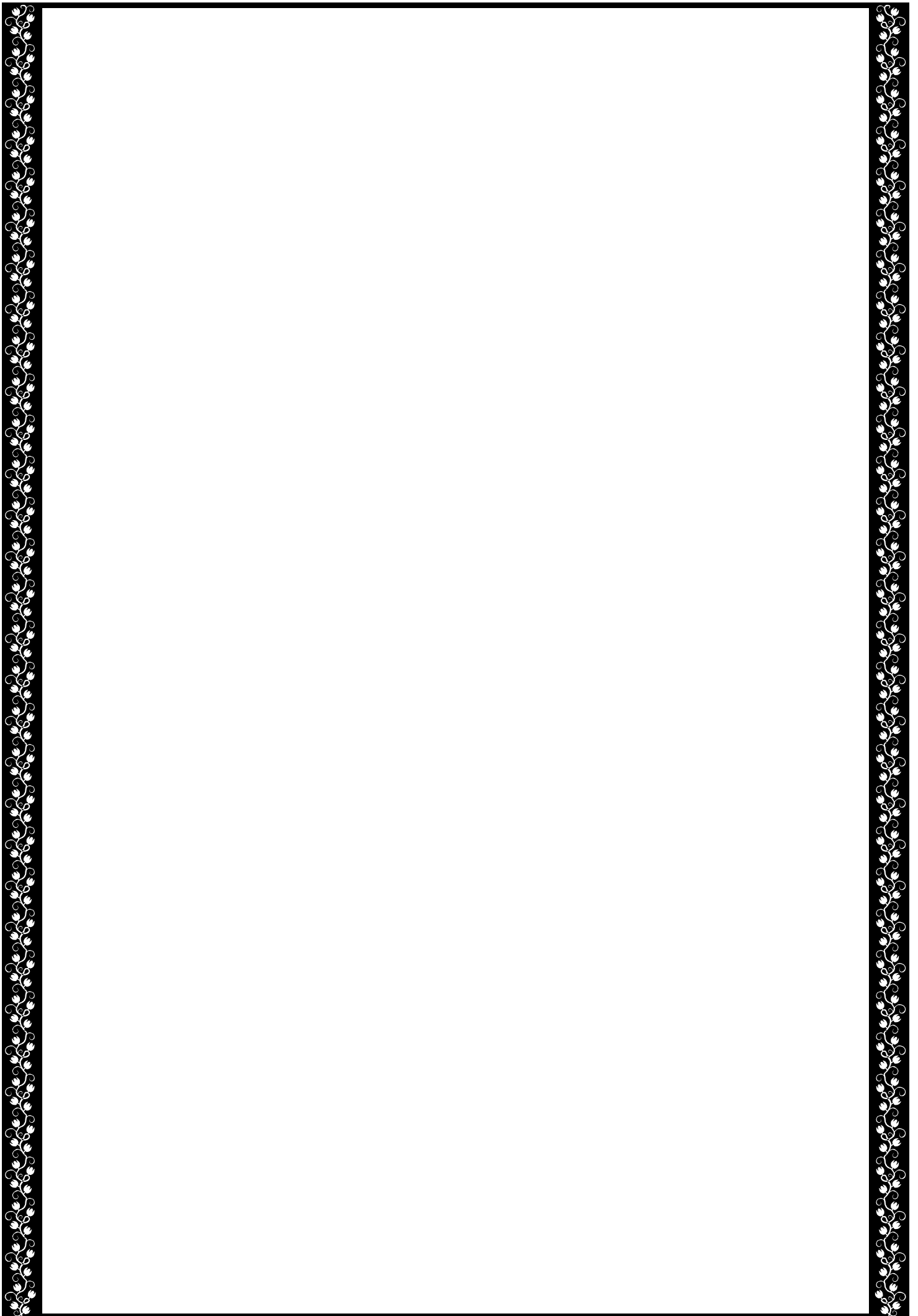
## المخلص

اليرقات البيضاء هي أعداء طبيعية للمحاصيل. الخسائر الناجمة عنها مهمة، الأمر الذي أدى إلى تطوير العديد من أساليب مكافحتها، وتهدف هذه الدراسة إلى اقتراح حل بديل يقوم على استخدام أساليب طبيعية ضد هذه الآفات.

الهدف الرئيسي من عملنا هو تقييم في المبيد تأثير مبيد الحشرات للفطر *Beauveria sp* على يرقات الدودة البيضاء في الوجود وغياب التربة. ثم تم إجراء تحديد أولي للفيتوباج على أساس الشكل المورفولوجي لليرقات والبالغين. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أنه تحت تأثير نفس تركيز *Beauveria sp* تتأثر مراضة اليرقات بالتربة. في الواقع، وقد تم استبعاد فقط 33.33% من اليرقات في الدفعة التي تحتوي على التربة، في حين أن اليرقات التي تعرضت مباشرة لتأثير الفطر، وسجلت وفيات تقدر بـ 80%. كحد أقصى.

بعد التعرف على الآفة، اتضح أن الأنواع التي تمت دراستها هي على الأرجح *Phyllognathus sp.*

الكلمات الرئيسية: تأثير مبيد اليرقات، *Beauveria sp*، تحديد، *Phyllognathus sp.*



Remerciement	
Résumé	
Liste des figures et des planches	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	01

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### *Chapitre 1 : Vers blancs*

I. Introduction.....	02
II. Systématique des vers blancs.....	02
III. Air de répartition .....	04
III.1 En Algérie .....	04
III.2 A Mostaganem.....	04
IV. Stades de développement.....	05
IV.1 L'œuf.....	05
IV.2 Les larves.....	05
IV.3 La nymphe.....	05
IV.4 L'adulte.....	05
V. Principales espèces.....	06
V.1 Description.....	06
V.1.1 Hanneton Européen ( <i>Rhizotrogus majalis</i> ).....	06
V.1.2 Hanneton Commun ( <i>Phyllophaga</i> spp).....	06
V.1.3 Scarabée japonais ( <i>Popillia japonica</i> ).....	06
V.1.4 Ver blanc des céréales ( <i>Geotrogus deserticola</i> ).....	07
V.2 Cycle biologique.....	08
V.2.1 Hanneton Européen ( <i>Rhizotrogus majalis</i> ).....	08
V.2.2 Hanneton Commun ( <i>Phyllophaga</i> spp).....	08
V.2.3 Scarabée japonais ( <i>Popillia japonica</i> ).....	09
V.2.4 Ver blanc des céréales ( <i>Geotrogus deserticola</i> ).....	10
VI. Plantes hôtes.....	11
VII. Méthode de lutte.....	11
VII.1 La lutte mécanique.....	11
VII.2 La lutte chimique.....	12
VII.3 La lutte biologique.....	12

## **Chapitre II : Champignons Entomopathogènes**

I. Introduction .....	14
II. Position systématique des champignons entomopathogènes.....	14
III. Exemple de champignon entomopathogène <i>Beauveria bassiana</i> .....	16
III.1 Taxonomie.....	16
III.2 Mode d'action .....	16

### **PARTIE EXPERIMENTALE**

#### **Chapitre I : Matériel et méthodes**

I. Evaluation de l'activité insecticide du champignon entomopathogène <i>Beauveria sp</i> sur les larves du ver blanc.	
1.1 Matériel biologique.....	17
1.1.1 Matériel animal .....	17
1.1.2 Matériel fongique.....	17
1.2 Tests biologiques .....	18
I.2.1 Préparation de solution sporale .....	18
I.2.2 Méthode d'inoculation .....	18
<b>II. Identification de l'insecte</b>	
11.1 Identification des larves.....	21
11.2 Identification des adultes.....	21

#### **Chapitre II : Résultats et discussion**

I. Evaluation de l'activité insecticide du champignon entomopathogène <i>Beauveria sp</i> sur les larves du ver blanc.	
I.1 Effet larvicide des différentes concentrations de <i>Beauveria sp.</i> sur le ver blanc .....	23
1.2 Comparaison de l'efficacité de l'entomopathogène <i>Beauveria sp.</i> en présence et en absence du sol .....	25
<b>II. Identification de l'insecte</b>	
II.1 Identification des larves.....	28
II.2 Identification des adultes.....	29
Conclusion .....	31
Références bibliographiques	
Annexe	

<b>Figure 01</b> : Phylogénie et distribution des <i>Rhizotrogini</i> .....	03
<b>Figure 02</b> : Évolution des superficies infestées par le ver blanc dans la wilaya de Mostaganem.....	04
<b>Figure 03</b> : Stades de développement du ver blanc.....	06
<b>Figure 04</b> : Cycle biologique de Hanneton Européen ( <i>Rhizotrogus majalis</i> ).....	08
<b>Figure 05</b> : Cycle biologique de Hanneton Commun ( <i>Phyllophaga spp</i> ).....	09
<b>Figure 06</b> : Cycle biologique de Scarabée japonais ( <i>Popillia japonica</i> ).....	10
<b>Figure 07</b> : Cycle biologique du ver blanc des céréales ( <i>Geotrogus deserticola</i> ).....	10
<b>Figure 08</b> : Dégâts des vers blancs.....	11
<b>Figure 09</b> : Oiseaux prédateurs des vers blancs.....	12
<b>Figure 10</b> : Larve d' <i>Heteronychus plebejus</i> , recouvert de muscardine verte.....	13
<b>Figure 11</b> : Larves de ver blanc vivantes.....	17
<b>Figure 12</b> : Champignon entomopathogène autochtone <i>Beauveria sp</i> .....	18
<b>Figure 13</b> : Dispositif expérimental du test de pathogénicité.....	20
<b>Figure 14</b> : Effet de différentes concentrations de spores de <i>Beauveria sp</i> . sur la mortalité des larves de ver blanc.....	23
<b>Figure 15</b> : Mortalité corrigée des larves de ver blanc traitées par <i>Beauveria sp</i> .....	24
<b>Figure 16</b> : Mortalité des larves de ver blanc exposées à la concentration 10 <sup>8</sup> spores/ml de <i>Beauveria sp</i> . en présence (D1) et en absence (CD) du sol... ..	25
<b>Figure 17</b> : Temps létal moyen (TL <sub>50</sub> ) des larves de ver blanc traitées par <i>Beauveria sp</i> . en présence (D1) et en absence (CD) du sol .....	26
<b>Figure 18</b> : Développement de l'entomopathogène <i>Beauveria sp</i> . sur une larve de ver blanc morte après l'inoculation.....	27
<b>Figure 19</b> : Femelle de l'espèce <i>Phyllognathus sp</i> .....	30
<b>Planche 01</b> : Espèces des hannetons.....	07
<b>Planche 02</b> : Etapes du test biologique .....	19
<b>Planche 03</b> : Différentes formes de l'écusson anal des larves des vers blancs .....	22
<b>Planche 04</b> : Description de la larve de ver blanc .....	28
<b>Planche 05</b> : Description de l'adulte de ver blanc. ....	29

**Tableau 01** : Champignons entomopathogènes appartenant à différents Phylums..... 15

**DL<sub>50</sub>** : Dose létale médiane

**INPV** : Institut Nationale de la Protection des Cultures

**ml** : millilitre

**TL<sub>50</sub>** : Temps létal moyen

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les dégâts provoqués en agriculture par les vers blancs sont importants dans le monde. Les dommages se caractérisent dans les cas les plus graves par une destruction complète du système racinaire en laissant la terre à nu (Balachowsky , 1962 ).

Les pertes économiques provoquées par ce ravageur ont conduit à la mise au point de nombreuses méthodes de lutte. La lutte chimique reste le moyen le plus fréquent pour contrôler les populations de ce déprédateur. Cependant, il a été démontré que l'utilisation des pesticides chimiques avait des effets néfastes tant sur la santé humaine que sur l'environnement (Lee et *al.*, 2004). De plus, elle engendrait un phénomène d'adaptation des ravageurs, qui développent des mécanismes de résistance aux produits phytosanitaires (Gullino et *al.*, 2000). Ce qui nécessite la recherche de nouveaux moyens de bio-control.

Parmi les interventions en faveur d'une lutte biologique, il y a l'emploi des entomopathogènes. Ces derniers occupent une place particulière dans la recherche d'organismes capables de réguler les pullulations des insectes nuisibles (Lacey et *al.*, 1996).

La lutte biologique, précisément par l'utilisation des champignons entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante. L'objectif principal de cette étude ; est de vérifier la possibilité d'utiliser l'entomopathogène autochtone *Beauveria sp.* pour contrôler les populations larvaires du ver blanc. C'est dans cette perspective, que notre travail s'insère en se focalisant sur :

1. L'évaluation de l'activité insecticide de l'entomopathogène *Beauveria sp.* sur les larves du ver blanc afin d'envisager son utilisation comme moyen de lutte alternatif préservant l'environnement.
2. L'identification du ravageur

# **Synthèse**

# **bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Vers blancs**

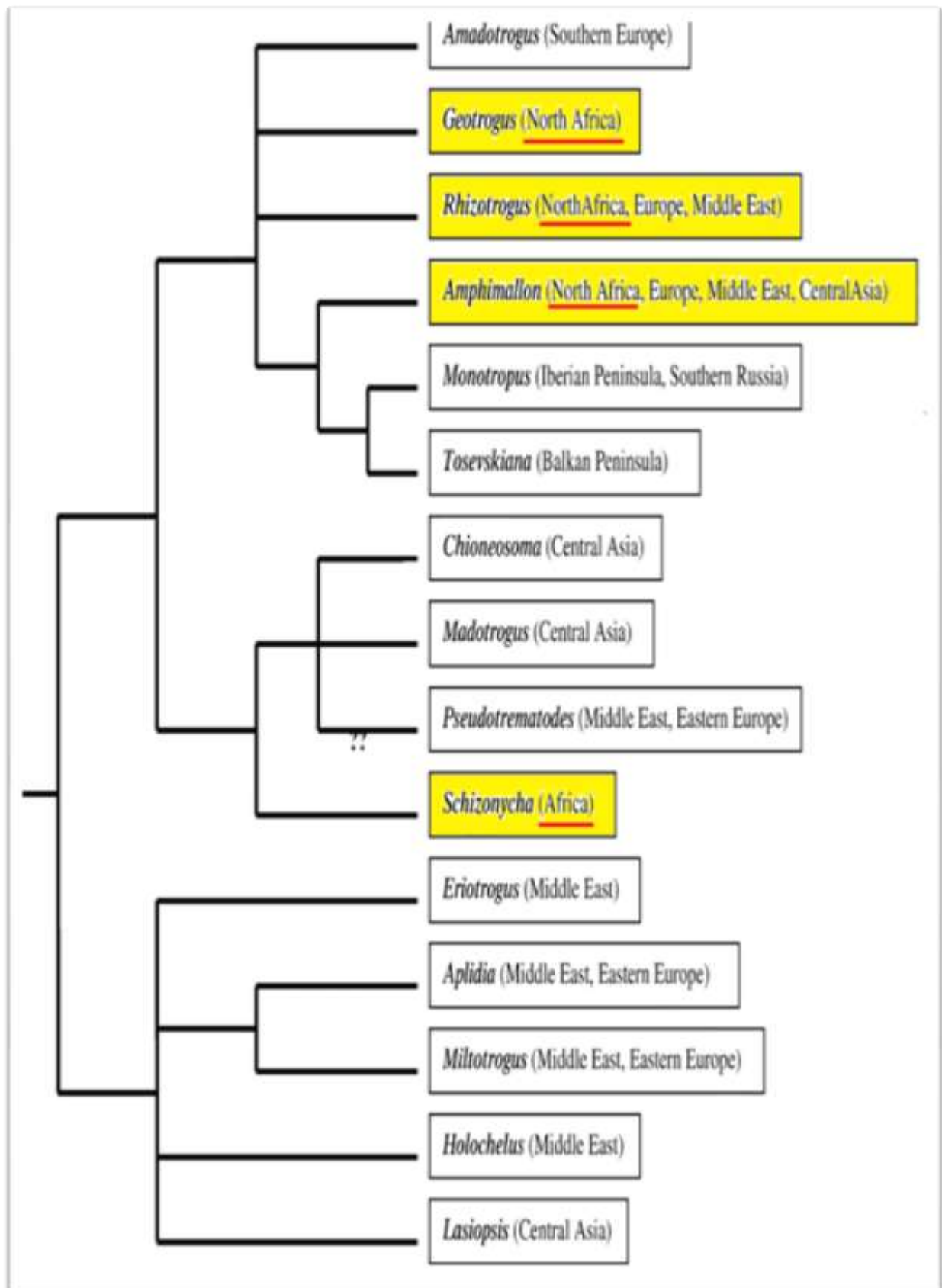
## I. Introduction

Les insectes phytophages représentent aujourd'hui plus de la moitié de toutes les espèces d'insectes (Strong et *al.*, 1984). Parmi les neuf ordres d'insectes phytophages, les coléoptères présentent la plus importante diversité (Farrell, 1998).

Les vers blancs sont les larves de certains coléoptères comme le hanneton (*Coleoptera* : *Scarabaeidae*). Ils forment un groupe important d'insectes qui se nourrissent des plantes, dont plusieurs peuvent causer des dégâts considérables sur le plan économique (Belbel et Smaili, 2015). Les cultures en Algérie sont menacés par les attaques de ces ravageurs ; dont les dommages sont localisés sur les racines qui sont rongées ou sectionnées complètement. Les dégâts sont signalés dans toutes les zones céréalières de l'Algérie ainsi que dans les cultures fourragères, maraichères et les jeunes vignes. Les pullulations incontrôlables de cet insecte et la non-maitrise des facteurs liés à sa dynamique de population font de lui un ravageur fortement nuisible aux cultures (Yahiaoui et Bekri, 2014).

## II. Systématique des vers blancs

Les vers blancs appartiennent à l'ordre des Coléoptères (Balachowsky, 1962). La super famille des *Scarabaeoidea* appartient au sous-ordre de *Polyphaga* et comprend une grande famille les *Scarabaeidae*. Ces insectes constituent une classe parmi laquelle beaucoup d'espèces phytophages nuisent aux feuilles ou aux fleurs de plusieurs cultures. Beaucoup de ces espèces nuisibles appartenant à la sous-famille des *Melolonthinae* et sont représentées par les genres *Polyphylla*, *Anoxia*, *Melolontha* d'une part, et d'autre part, de divers genres très voisins les uns des autres groupés sous le terme de *Rhizotrogini*. Cette tribu comprend de nombreux genres (figure 01). En Afrique du Nord les vers blancs appartiennent essentiellement aux genres : *Pseudoapterogyna* et *Géotrogus* dont les adultes sont plus ou moins aptères (Montreuil, 2003).



**Figure 01** : Phylogénie et distribution des *Rhizotrogini* (Montreuil, 2003 in Bousnane et Ghani 2017)

### III. Air de répartition

#### III.1 En Algérie

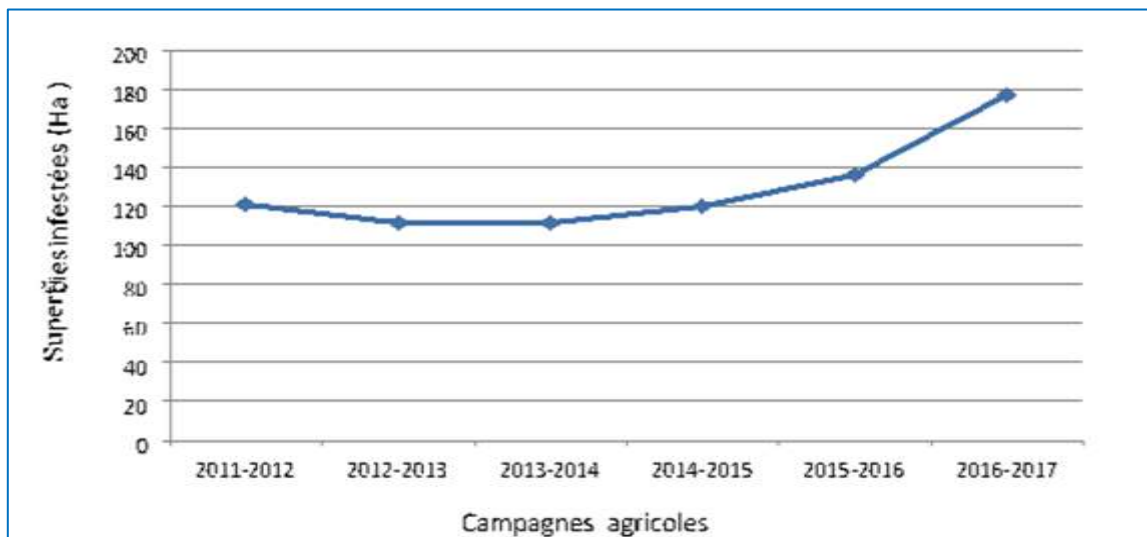
En Afrique du nord, l'aire de répartition de la plupart des espèces de ver blanc est également limitée à des zones géographiques relativement restreintes ou à des biotopes particuliers. Le centre de groupement est Algérien mais un certain nombre d'espèces vivent également au Maroc et en Tunisie (Amine Khodja et Bekkouche, 2016).

En Algérie, les *Melolonthini* et plus particulièrement *Geotrogus deserticola* au sud-ouest commet de gros dégâts sur les racines des végétaux les plus variés et notamment sur les céréales. Ils habitent principalement le Tell et les Hautes plateaux et leur limite sud s'arrête au nord du Sahara (Mesbah et Boufersaoui, 2002). D'après Balachowsky (1962), leur biotope est très variable : forêts, plaines, steppes, zone céréalières, hautes plateaux et sable littoraux.

#### III.2 A Mostaganem

D'après Bousnane et Ghani (2017), les communes les plus touchées par le ver blanc dans la wilaya de Mostaganem sont : Ben Abdelmalek Ramdane, Sidi Ali, Hadjaj, Ouled Malla. Ces dernières sont à forte vocation céréalière et viticole.

La figure 02 indique l'évolution dans le temps des dégâts enregistrés en fonction des superficies infestées au cours des six campagnes agricoles allant de 2011-2012 à 2016-2017.



**Figure 02 :** Évolution des superficies infestées par le ver blanc dans la wilaya de Mostaganem (Bousnane et Ghani 2017)

Au cours des quatre premières campagnes agricoles, les superficies infestées ne dépassent pas 122 ha. L'analyse des données a montré une augmentation remarquable des superficies touchées par le ver blanc au-delà de la campagne agricole 2014-2015 pour

atteindre un maximum de 177 ha en 2016-2017. La courbe montre une évolution remarquable du ver blanc malgré les programmes de lutte appliqués par l'INPV, contre ce ravageur. Cela est due à plusieurs raisons : la difficulté de le contrôler vu son biotope édaphique, le non-respect de la rotation des cultures, ce qui favorise l'installation du déprédateur en lui assurant la même plante hôte chaque année, en plus l'augmentation des zones céréalière à la wilaya de Mostaganem, notamment à la campagne agricole 2016-2017.

#### **IV. Stades de développement**

Les hannetons sont des insectes à métamorphose holométabole (métamorphose complète). Ils passent par quatre états biologiques distincts (figure.03) : l'œuf, les trois stades larvaires, la nymphe et l'adulte (Belbel et Smaili ,2015).

##### **IV.1 L'œuf**

Pondus par les adultes dans le sol, les œufs sont sphériques (un millimètre au moment de la ponte, deux millimètres après absorption de l'eau du sol), de couleur blanche, et pourvus d'une coque résistante.

##### **IV.2 Les larves**

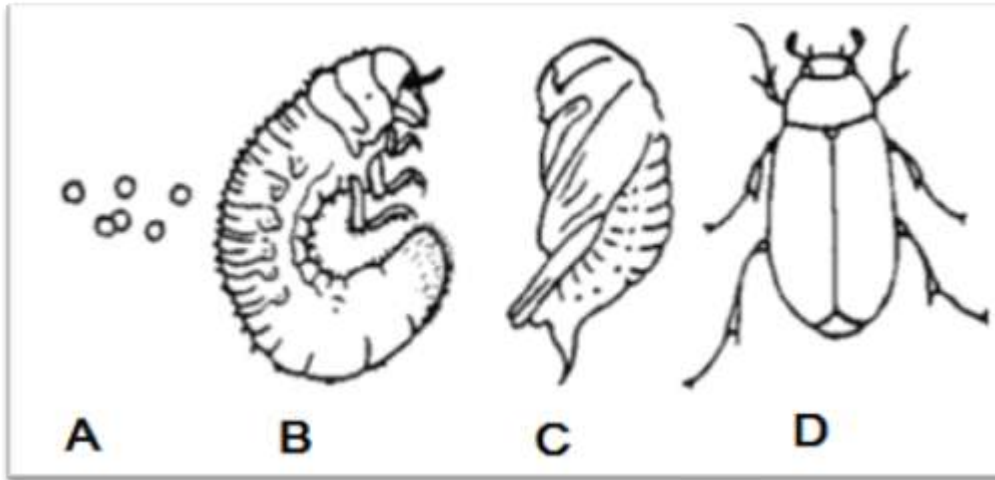
Les larves du premier stade sont peu mobiles et se nourrissent de la matière organique. Le deuxième stade apparait après une première mue. Après une autre mue, troisième et dernier stade larvaire connait une forte croissance pondérale. Les larves se trouvent à une profondeur de 20 à 30 cm sur les racines et de 5 cm de la surface sous un couvert d'herbe. Les larves âgées montent et descendent dans le sol selon les contraintes alimentaires, hydriques et thermiques.

##### **IV.3 La nymphe**

Pour préparer sa nymphose, la larve âgée de troisième stade ne s'alimente plus. La pré-nymphe va subir sa dernière mue qui apparait sous forme d'une peau ratatinée (exuvie) à l'extrémité d'une momie jaune immobile couverte d'une nouvelle cuticule cirée. La nymphose est le lieu de profondes transformations des organes.

##### **IV.4 L'adulte**

A l'émergence, les adultes sont des scarabées ailés. Leur forme de hanneton ne rappelle plus rien de celle des vers blancs dont ils sont issus. Après accouplement, les femelles fécondées se mettent sur le sol pour pondre des œufs en plusieurs fois à une profondeur de 2 à 8 cm.



**Figure 03** : Stades de développement du ver blanc. **A** : œufs, **B** : larve, **C** : nymphe et **D** : adulte (Duval, 1993).

## V. Principales espèces

### V.1 Description

#### V.1.1 Hanneton Européen (*Rhizotrogus majalis*)

Cette espèce se nourrit des racines de Maïs, des différents fourrages, et des céréales. Les larves se distinguent par le motif en « Y » que forment les soies de l'écusson anal. L'adulte (planche 01 (A)) est un hanneton de taille moyenne, d'environ 14 mm, brun clair et de forme ovale (Charbonneau, 2008).

#### V.1.2 Hanneton Commun (*Phyllophaga* spp)

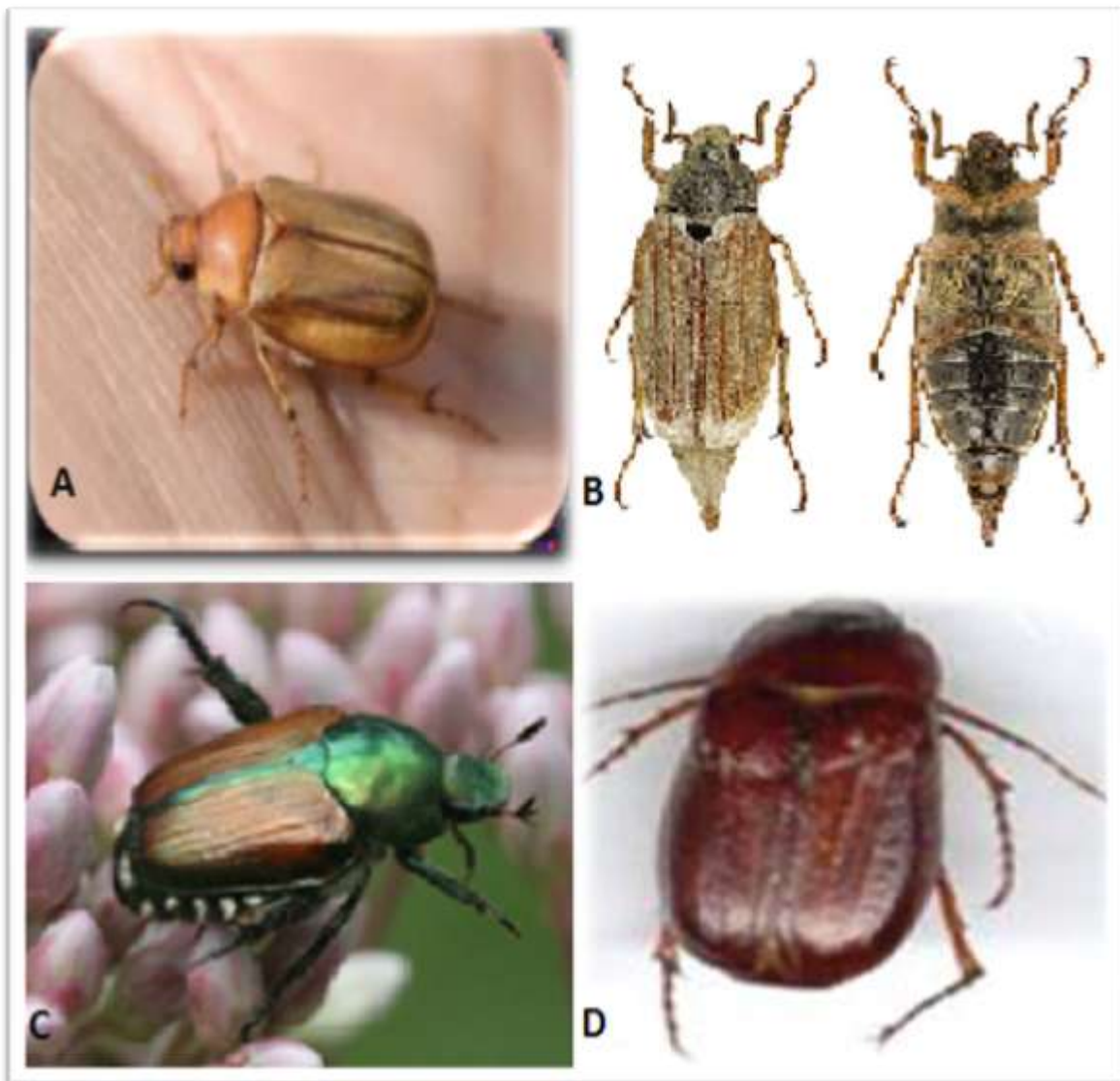
Cette espèce se nourrit des racines de soya, et des cultures fourragères, la larve se distingue par la forme ovale de son écusson anal et présente deux rangées parallèles d'épines. Au stade adulte (planche 01 (B)), ce hanneton est légèrement plus gros (environ 20 mm) que le hanneton européen et de couleur brun rougeâtre à noir (Charbonneau, 2008).

#### V.1.3 Scarabée japonais (*Popillia japonica*)

Cette espèce se nourrit des racines de soya et des cultures fourragères, la larve de scarabée japonais se distingue par son écusson anal large et peu profond, en forme de « V ». Il est aussi beaucoup plus petit que le hanneton européen et celui du hanneton commun. L'adulte du scarabée japonais (planche 01(C)) mesure environ 13 mm de longueur et se reconnaît facilement à sa tête verte métallique brillant et à ses ailes de reflet cuivré, teintées de vert aux extrémités, avec les douze touffes de poils blanchâtres garnissent les bords de ses ailes (Amine khodja et Bekkouche, 2016).

#### V.1.4 Ver blanc des céréales (*Geotrogus deserticola*)

Le ver blanc des céréales *Geotrogus deserticola* (planche 01 (D)) est l'espèce la plus rencontrée sur les céréales en Algérie. C'est un redoutable ravageur qui s'attaque à toutes les espèces végétales notamment les cultures maraîchères, la vigne et surtout les céréales qui sont considérées comme plantes préférentielles (INPV, 2015). L'adulte fait entre 1.5 et 2 cm de longueur, il a une couleur brune fauve, plus ou moins foncé et homogène, les antennes sont composées de 07 à 10 articles avec 03 à 06 feuilles aux extrémités. Les larves ont une forme recourbées, de couleur blanche pâle à tête brune, elles font de 3.5 à 04 cm au dernier stade de développement (Yahiaoui et Bekri, 2014).



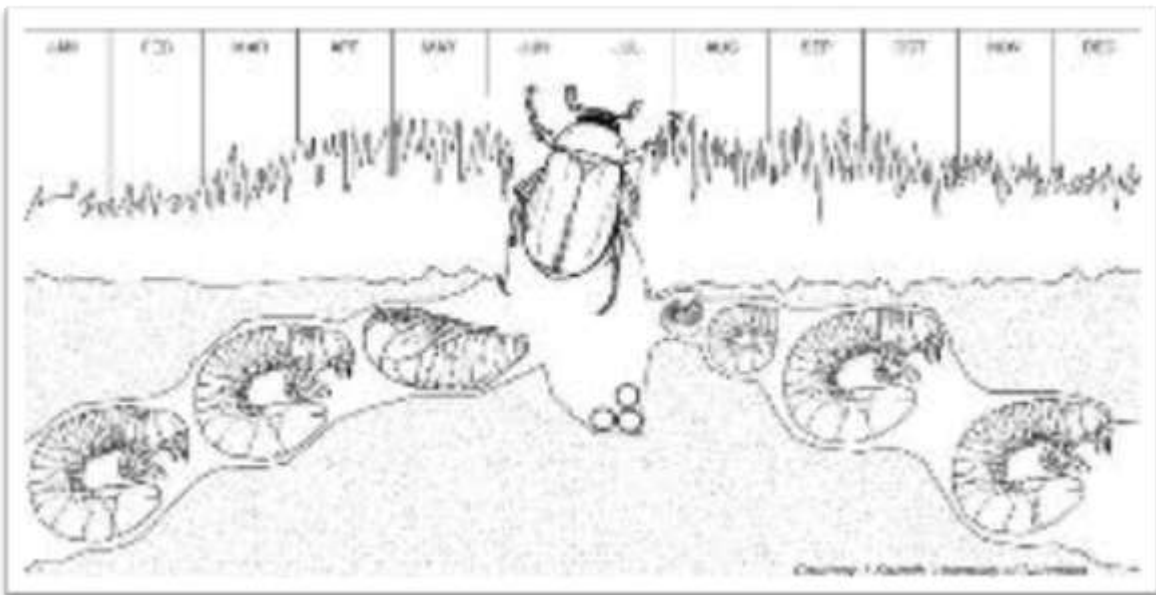
**Planche 01** : Espèces des hannetons. **A** : hanneton Européen (*Rhizotrogus majalis*), **B** : hanneton commun (*Phyllophaga* spp), **C** : scarabée japonais (*Popillia japonica*) et **D** : ver blanc des céréales (*Geotrogus deserticola*) (Jean et al., 2015)

## V.2 Cycle biologique

La durée du cycle évolutif dépend beaucoup du climat, elle est en fonction d'une part du nombre et de la durée des phases d'arrêt du développement pendant la vie larvaire, d'autre part de la température et de l'humidité pendant les périodes d'activité (Houadeg, 1996).

### V.2.1 Hanneton Européen (*Rhizotrogus majalis*)

Ce ravageur ne produit qu'une seule génération par an (figure 04). Il hiberne à l'état de larve dans le sol. En avril, les larves du hanneton européen remontent vers la surface et se nourrissent des racines des plantes. Elles cessent de s'alimenter à la mi-mai, qui marque le début de la pupaison. Celle-ci dure jusqu'à la mi-juin. Les hannetons adultes sortent du sol entre le début juin et le début juillet pour s'accoupler. Ils se rassemblent pour le vol nuptial et forment alors des essaims visibles à la brunante. Les femelles adultes recherchent ensuite des sols humides et frais dans les pelouses ou les champs avoisinants pour y pondre leurs œufs qui éclosent et les larves nouvellement écloses commencent à se nourrir des racines du début d'août jusqu'à ce que le sol gèle. (Amine Khodja et Bekkouche, 2016).

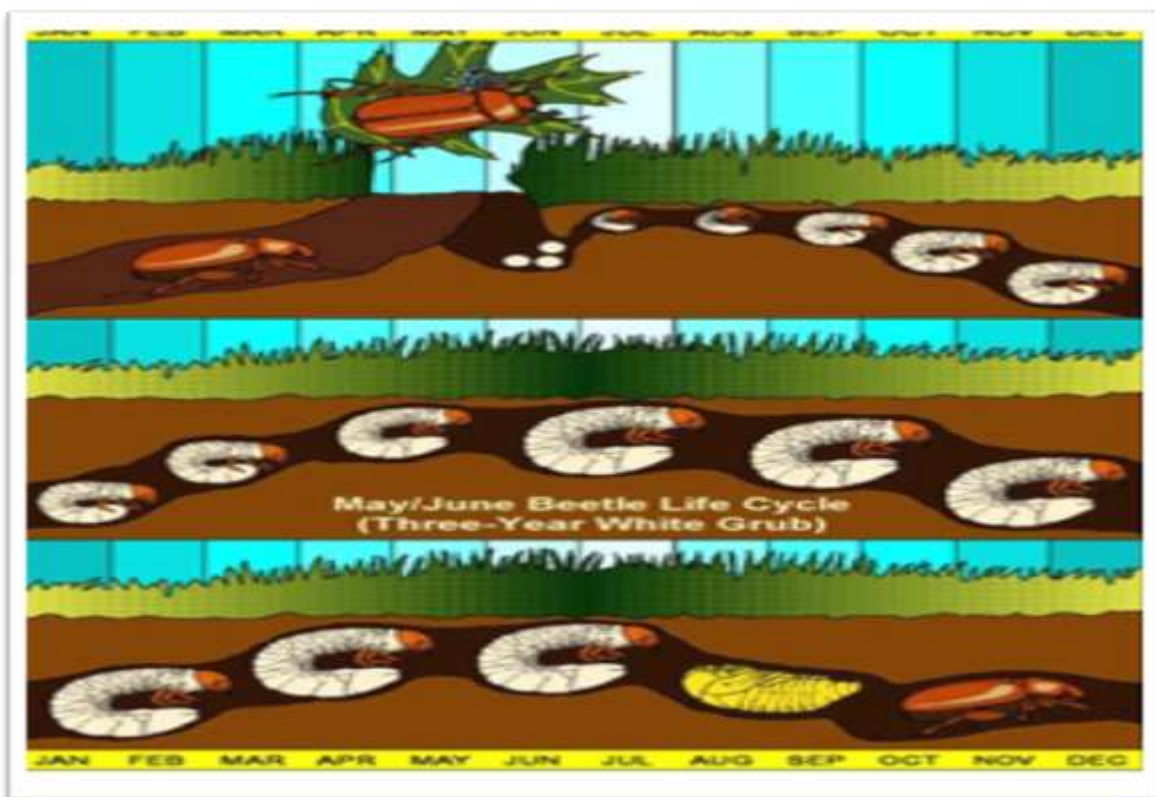


**Figure 04 :** Cycle biologique de Hanneton Européen (*Rhizotrogus majalis*) (Bagg, 2012)

### V.2.2 Hanneton Commun (*Phyllophaga* spp)

Le hanneton commun a un cycle de vie de trois ans (figure 05). Les adultes sortent du sol de la mi-mai à la mi-juin pour pondre leurs œufs. Généralement, ils se rassemblent en grand nombre sur les arbres ou arbustes à la nuit tombante pour s'accoupler. Les œufs sont déposés dans un sol humide et éclosent quelques semaines plus tard. Les larves du premier stade larvaire se nourrissent à même des racines des plants et muent en passant au deuxième

stade larvaire, avant de s'enfoncer profondément dans le sol pour l'hiver. Le printemps suivant, une fois le sol réchauffé, les larves du deuxième stade larvaire recommencent à se nourrir et restent à l'état larvaire pendant toute la durée de cette deuxième année, mais muent une nouvelle fois pour passer au troisième stade larvaire. Cette deuxième année de leur cycle est donc la plus nuisible aux cultures. Les larves se préparent de nouveau à hiverner en s'enfonçant profondément dans le sol dès l'arrivée du froid ; elles y restent jusqu'au printemps. La troisième année, les larves du troisième stade larvaire se nourrissent de racines pendant quelque temps, se transforment en pupes, puis en adultes. Ces derniers resteront en dormance dans le sol pendant le reste de la saison et ne sortiront de leur refuge qu'au printemps suivant. (Amine Khodja et Bekkouche, 2016).

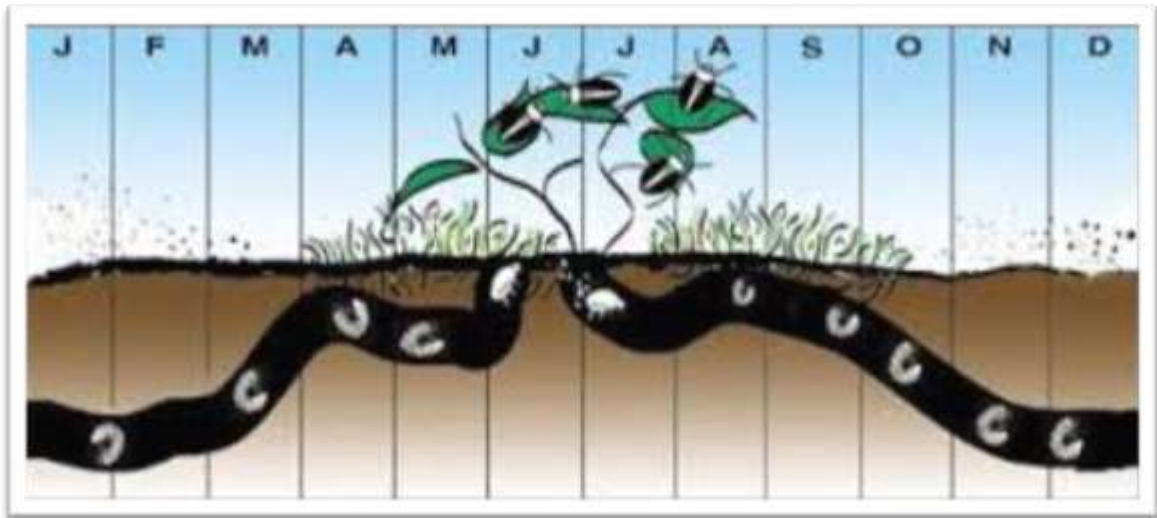


**Figure 05 :** Cycle biologique de Hanneton Commun (*Phyllophaga spp*) (Bagg, 2012)

### V.2.3 Scarabée japonais (*Popillia japonica*)

Le scarabée japonais n'a qu'une seule génération par année (figure 06). L'insecte hiverne sous forme de larve de troisième stade larvaire enfouie dans le sol. Le printemps suivant, une fois que la température du sol dépasse 15 °C, les larves se rapprochent de la surface et se nourrissent de racines de plantes jusqu'à le mi ou la fin juin, moment où elles se transforment en pupes et deviennent adultes. L'adulte s'extirpe du sol au début juillet et vit une quarantaine de jours. Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs dans le sol. Ceux-ci éclosent

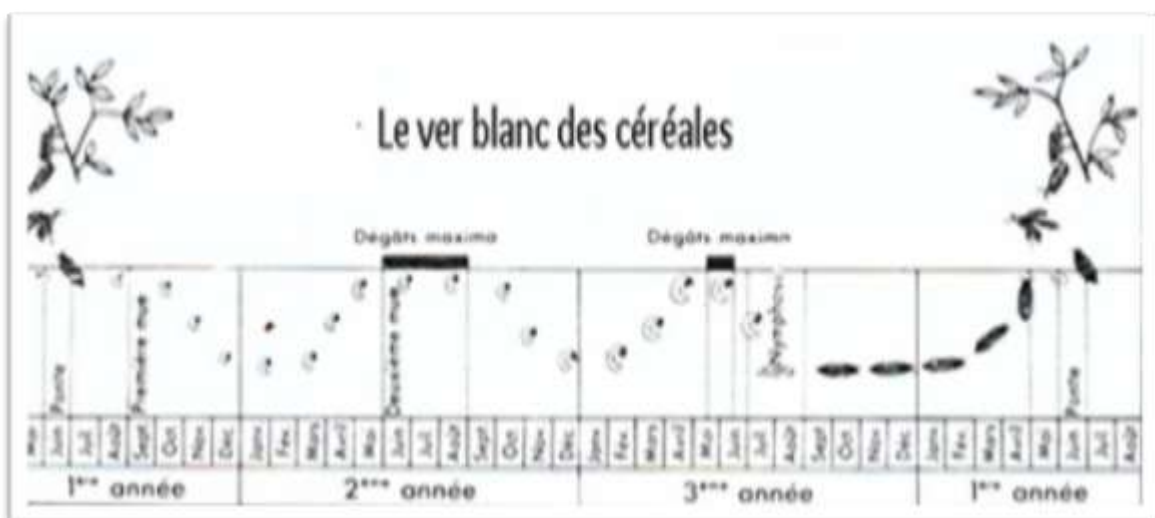
quelques semaines plus tard. Les larves commencent alors à se nourrir de racines et passent par trois stades larvaires avant de se préparer à hiverner, au début octobre (Amine Khodja et Bekkouche, 2016).



**Figure 06 :** Cycle biologique de Scarabée japonais (*Popillia japonica*) (Bagg 2012)

#### V.2.4 Ver blanc des céréales (*Geotrogus deserticola*)

L'accouplement se fait à la surface du sol, ensuite les femelles retournent dans les terres cultivées et les prairies avoisinantes pour pondre leurs œufs. Les larves effectuent leur développement dans les sols à des différentes profondeurs. Le développement larvaire se caractérise par 03 stades larvaires (INPV, 2015) : L1 dure environ 6 mois, L2 dure environ 12 à 15 mois, L3 dure plus de trois mois, le cycle évolutif du ver blanc dure deux ans et demi à trois années (figure 07).



**Figure 07 :** Cycle biologique du ver blanc des céréales (*Geotrogus deserticola*)  
(Yahiaoui et Bekri, 2014)

## VI. Plantes hôtes

Les vers blancs sont extrêmement polyphages et leurs habitudes alimentaires diffèrent selon leur stade de développement, les larves, qui ont une mobilité réduite, se nourrissent principalement de racines des pelouses. Cependant, elles peuvent aussi s'attaquer à un large éventail de cultures, dont le maïs, le soya, les céréales (figure 08(A)), les cultures fourragères, la pomme de terre, la betterave, le haricot, la tomate, les vignobles (figure 08(B)), plusieurs cultures ornementales ainsi qu'à de nombreuses mauvaises herbes. Au fur et à mesure que les larves consomment le système racinaire, les plantes attaquées flétrissent et dépérissent. Sur végétaux ligneux, les attaques du système racinaire peuvent causer de gros dégâts, surtout sur sujets jeunes et en sols sableux (Jean et *al.*, 2015).



**Figure 08** : Dégâts des vers blancs. **A** : sur céréale et **B** : sur vignoble (Bousnane et Ghani, 2017)

## VII. Méthodes de lutte

### VII.1 La lutte mécanique

Les larves sont très sensibles aux chocs, ainsi qu'à la déshydratation. Durant l'été les vers blancs se tiennent dans la couche superficielle du sol où ils dévorent les racines. Avant la mi-septembre, le traitement mécanique à l'aide d'outils à dents, fixes ou animées, ou à disques est le plus efficace. Le labour quand il bouscule profondément le sol et remonte en surface les larves, ce qui les expose au soleil et aux oiseaux (figure 09). Cette méthode est cependant difficile à appliquer en forêt en raison de la présence de nombreuses souches et racines. De plus une fois la plantation réalisée, l'intervention sera limitée aux interlignes (Abgrall, 1991).



**Figure 09** : Oiseaux prédateurs des vers blancs (Bousnane et Ghani, 2017)

## VII.2 La lutte chimique

Les évolutions de la législation et la prise en compte des effets négatifs des insecticides contre les populations d'insectes non-cibles limitent désormais énormément les possibilités de cette lutte (Abgrall, 1991). Ces insecticides sont appliqués avant l'apparition des dommages, généralement pendant la période de ponte. Une irrigation ou une pluie est nécessaire dans les 24h suivant l'application afin de faire pénétrer le produit dans le sol.

## VII.3 La lutte biologique

L'utilisation de prédateurs ou parasites pour lutter contre les pullulations de hannetons a fait l'objet de recherche dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Les insectes prédateurs, comme les fourmis, se nourrissent d'œufs de hanneton. Certaines guêpes parasitoïdes, (scolies du genre *Tiphia*) et mouche (*Tachinaires* du genre *Hyperecteina*) aident à contrôler la population de hanneton avec un taux de parasitisme pouvant atteindre 75% chez *Amphimallon solstitialis* (Beaubet 2013). Aux USA, un nématode *Neoplectana glaseri* (*Rhabditoidea*) spécifique des lamellicornes, dont l'élevage en masse est facile, a été utilisé contre *Popillia japonica*.

En Europe, c'est plutôt vers les champignons entomopathogènes que la recherche s'est tournée en particulier avec *Beauveria brognartii*, soit en tentant de contaminer les larves dans le sol par épandage et enfouissement de grains de graminées préalablement contaminés, soit en pulvérisant des spores sur les feuilles des arbres au moment des phases d'alimentation des adultes, pour contaminer les femelles avant la ponte (Abgrall, 1991). C'est en 1995 avec le produit Bétel® que cette technique était remise à l'honneur, Combiné au Suxon, le Bétel protège efficacement les plantations : l'insecticide a un effet immédiat, qui

persiste les trois premières années, le temps nécessaire à l'entomopathogène pour se propager dans le sol. Puis, en 2004, son emploi est interdit (François-Régis, 2016).



**Figure 10 :** Larve du troisième stade d'*Heteronychus plebejus*, recouvert de muscardine verte (Rakotoarisoa, 2007)

**Chapitre II**

**Champignons**

**Entomopathogènes**

## I. Introduction

Les champignons pathogènes d'insectes occupent une place particulière en pathologie des invertébrés et dans la recherche d'organismes capables de réguler les pullulations des espèces nuisibles. Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique, plus de 700 espèces de champignons sont entomopathogènes (Starnes et *al.*, 1993). Les espèces des genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga*, sont les plus utilisées en lutte biologique, elles infectent leurs hôtes en pénétrant par la cuticule grâce à diverses enzymes libérées lors de la germination des spores (Nicolai et Jorgen, 2007). Ces champignons bien qu'efficaces ont souvent une activité très dépendante des conditions environnementales notamment climatiques (Ferron et *al.*, 1991). De nombreux facteurs affectent l'efficacité des champignons entomopathogènes. Leur potentiel comme agents de protection biologique, résulte des propriétés des populations de l'hôte, du pathogène et des conditions du milieu.

## II. Position systématique des champignons entomopathogènes

La taxonomie des champignons entomopathogènes a connu un grand intérêt à partir des années 70 (Feng et *al.*, 1994). Selon la classification d'Ainsworth et Bisby (1971) in Hawksworth et *al.*, (1983), ces entomopathogènes appartiennent à quatre groupes : les champignons imparfaits, les *Entomophthorales*, les *Coelomomyces* et les *Ascomycètes* (annexe 01)

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

A la suite de l'avènement de la biologie moléculaire, de nombreux concepts taxonomiques ont changé. Cela va conduire à l'abandon des termes de Deutéromycètes, *hyphomycètes* et *Fungi Imperfecti* (Blackwell et *al.* 2006), dans lequel de nombreux champignons entomopathogènes ont été habituellement classés, et leur reclassement dans le *phylum Ascomycota* (Humber, 2012). Actuellement, les champignons entomopathogènes appartiennent à quatre divisions différentes : *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Basidiomycota* et *Ascomycota*. Le tableau 01 regroupe plusieurs espèces de champignons appartenant à différents *phylum* et reconnu comme étant entomopathogènes.

**Tableau 01** : Champignons entomopathogènes appartenant à différents Phylums  
(Saiah, 2014 in Badaoui, 2017 ).

Phyllum	Genre	Espèce	Auteur
Zygomycota	<i>Batkoa</i> Humber	<i>B. apiculata</i> et <i>B. major</i>	Balazy, 1993
	<i>Conidiobolus</i> Brefeld	<i>C. coronatus</i>	Soper et al., 1988
		<i>C. obscurus</i> et <i>C. thromboides</i>	
	<i>Entomophaga</i> Batko	<i>E. aulicae</i> , <i>E. maimaiga</i> et <i>E. grylli</i>	Humber, 2012
		<i>E. calopteni</i>	Humber, 1989
	<i>Entomophthora</i> Fresenius	<i>E. culicis</i> et <i>E. muscae</i>	Keller, 2002
		<i>E. planchoniana</i>	Humber, 2012
	<i>Erynia</i> Nowakowski	<i>E. aquatica</i> et <i>E. rhizospora</i>	Keller, 1991
		<i>E. conica</i>	Balazy, 1993
		<i>E. ovispora</i>	Humber, 2012
	<i>Furia</i> Batko	<i>F. americana</i>	Keller, 1991
<i>F. F. virescens</i>		Balazy, 1993	
<i>Massospora</i> Peck	<i>M. cicadina</i>		
<i>Neozygites</i> Witlaczil	<i>N. fresenii</i> , <i>N. parvispora</i> et <i>N. floridana</i>	Humber, 2012	
<i>Pandora</i> Humber	<i>P. blunckii</i> et <i>P. neoaphidis</i>		
<i>Zoophthora</i> Batko	<i>Z. phalloides</i> et <i>Z. phytonomi</i>		
	<i>Z. radicans</i>	Balazy, 1993	
Basidiomycota	<i>Septobasidium</i>	<i>Septobasidium sp</i>	
	<i>Auriculosocypha</i>	<i>Auriculosocypha sp</i>	Henk et vilgalys, 2007
	<i>Uredinella</i>	<i>Uredinella,sp</i>	
	<i>Coccidioidictyon</i>	<i>Coccidioidictyon sp</i>	
	<i>Ordonia</i>	<i>Ordonia sp</i>	Sung et al., 2007
Ascomycota	<i>Aschersonia</i>	<i>A. aleyrodis</i>	Chaverri et al., 2008.
		<i>A. Montagne</i>	Liu et al., 2006;
	<i>Ascosphaera</i> Spiltoir	<i>A. aggregata</i>	Anderson et al. 1998.
	<i>Beauveria</i> Vuillemin	<i>B. bassiana</i> (Balsamo)	
		<i>B. brongniartii</i> (Saccardo)	Rehner et al., 2011
	<i>Cordyceps</i>	<i>C. militaris</i> et <i>C. tuberculata</i>	Kepler et al., 2012
	<i>Fusarium</i> Link	<i>Fusarium sp</i>	O'donnell et al., 1998
	<i>Gibellula</i> Cavara	<i>G. pulchra</i> et <i>G. leiopus</i>	Tzean et al., 1997
	<i>Hirsutella</i> Patouillard	<i>H. saussurei</i>	Rombach et Roberts, 1989
		<i>H. thompsonii</i>	Hodge et al., 1996
	<i>Hymenostilbe</i> Petch Emend.	<i>H. citrifomis</i>	Humber, 2012
		<i>H. rhossiliensis</i> et <i>H. saussurei</i>	Hodge et al., 1996
		<i>H. thompsonii</i>	Rombach et Roberts, 1989
	<i>Isaria</i> Persoon	<i>I. farinosa</i> et <i>I. fumosorosea</i>	
	<i>Paecilomyces</i> Bainier	<i>P. lilacinus</i>	Humber, 2012
	<i>Lecanicillium</i> Gams et Zare	<i>L. lecanii</i>	Zare et al., 2001.
	<i>Metarhizium</i> Sorokin	<i>M. anisopliae</i>	Bischoff et al., 2009
		<i>M. flavoviride</i>	Driver et al., 2000
		<i>M. majus</i> et <i>M. acridum</i>	Kepler et al., 2012.
	<i>Nomuraea</i> Maublanc	<i>N. rileyi</i>	Kepler et al., 2012
<i>Tolypocladium</i>	<i>T. niveum</i>	Humber, 2012	
	<i>T. cylindrosporium</i>	Hodge et al., 1996	
<i>Torrubiella</i> Boudier	<i>T. ratticaudata</i>	Sato et al., 2010	
	<i>T. aranicida</i>	Sung et al., 2007	

### III. Exemple de champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*

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

#### III.1 Taxonomie

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

Règne : *Fungi*

Phylum : *Ascomycota*

Sous-phylum : *Pezizomycotina*

Classe : *Sordariomycete*

Sous-classe : *Hypocreomycetidae*

Ordre : *Hypocreale*

Famille : *Cordycipitaceae*

Genre : *Beauveria*

Espèce : *B. bassiana*

#### III.2 Mode d'action

Le champignon *B. bassiana* infecte l'insecte par contact et n'a pas besoin d'être ingéré par son hôte pour causer l'infection. Certaines souches produisent des toxines non enzymatiques telles que la beauvericine, les beauverolides, les bassianolides, les isarolides qui accentuent et accélèrent le processus d'infection (Robert, 1981). À la mort de l'insecte, le champignon produit un antibiotique qui va lui permettre de surmonter la compétition des bactéries du tube intestinal de l'insecte. La phase saprophyte va être caractérisée par la momification du cadavre transformé en sclérote. Les hyphes traversent le tégument préférentiellement au niveau inter-segmentaire puis le recouvre d'un feutrage blanc cotonneux (Weiser, 1972).

# **Partie**

# **Expérimentale**

# **Chapitre I**

## **Matériel et méthodes**

## I. Evaluation de l'activité insecticide du champignon entomopathogène *Beauveria* sp. sur les larves du ver blanc.

### 1.1 Matériel biologique

#### 1.1.1 Matériel animal

L'insecte étudié dans cette expérimentation est le ver blanc (figure 11). Les larves soumises aux tests ont été récoltées à partir d'une région, située à la commune de Stidia à 15 km de la wilaya Mostaganem. Les sorties sur terrain ont été déroulées pendant la période comprise entre les mois de Février et Avril 2018.

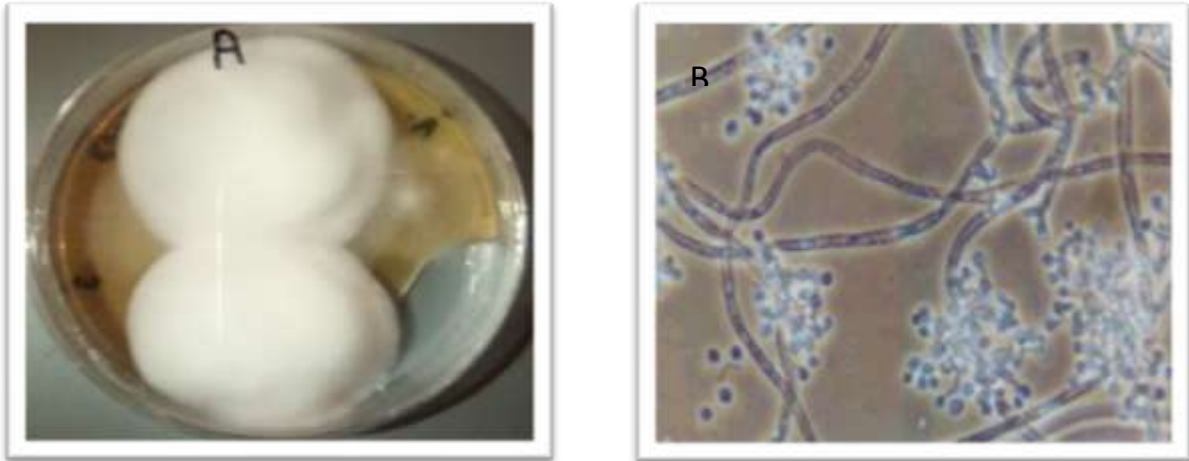


**Figure 11** : Larves de ver blanc vivantes (Originale, 2018)

#### 1.1.2 Matériel fongique

Au cours de cette étude un entomopathogène autochtone a été utilisé pour tester son effet insecticide vis-à-vis les larves du ver blanc. Ce champignon a prouvé son efficacité sur les larves de *Tuta absoluta* (Badaoui, 2017).

Un isolat de *Beauveria* sp. nous a été fourni par le laboratoire de protection des végétaux. Il produit des colonies cotonneuses (figure 12(A)) de couleur blanchâtre à jaunâtre et forme des hyphes transparents et septaux. Le genre est caractérisé par un conidiophore à base renflée et à extrémité terminale en zigzag (figure 12(B)) (Lipa, 1975).



**Figure 12 :** Champignon entomopathogène autochtone *Beauveria* sp.

**A :** aspect macroscopique (Originale, 2018) et **B :** aspect microscopique (Gouli, 2005).

## 1.2 Tests biologiques

### 1.2.1 Préparation de la solution sporale

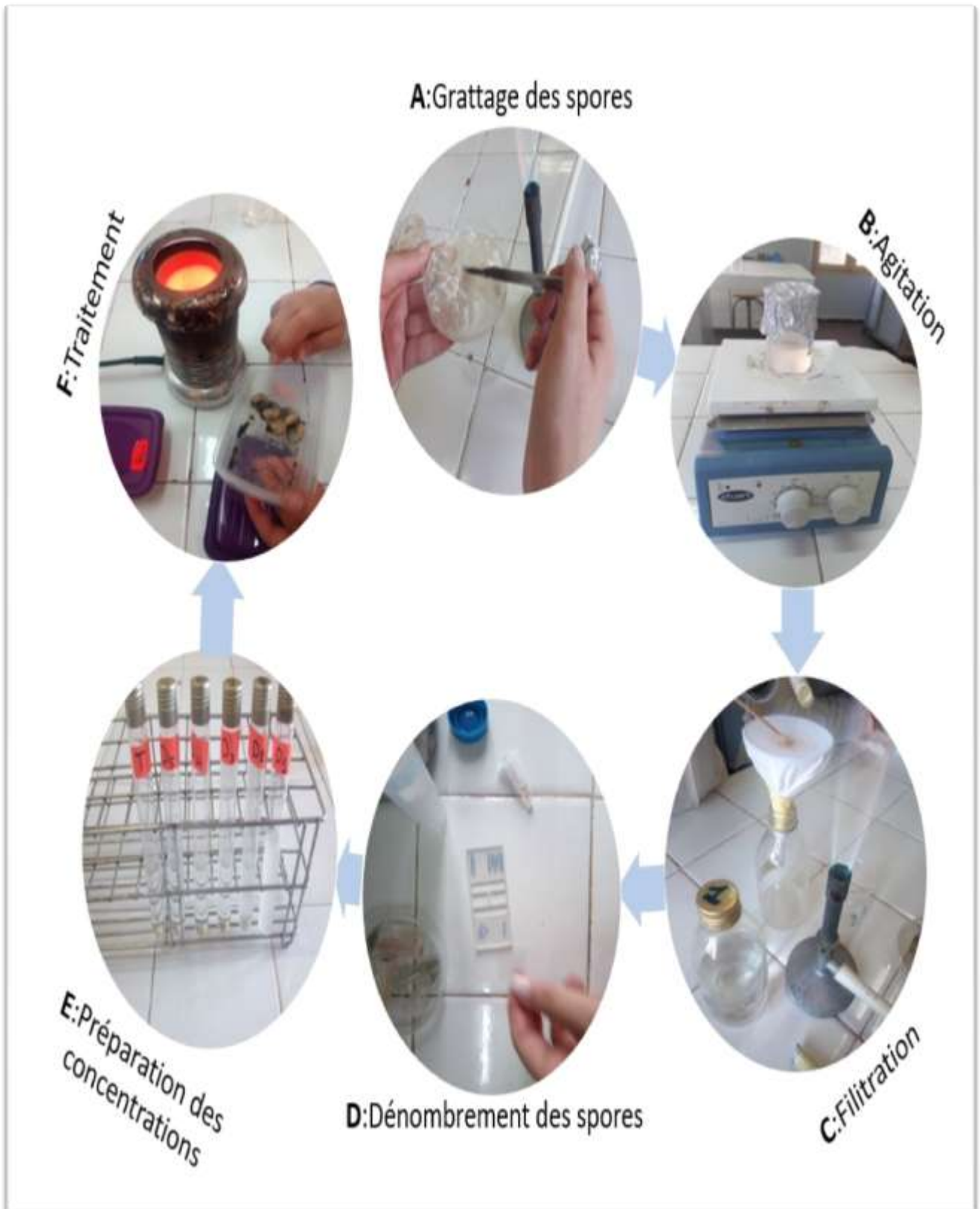
Les spores ont été récoltées des cultures de la souche *Beauveria* sp. en grattant avec un scalpel la surface des cultures, puis en mettant ce prélèvement dans 20 ml d'eau distillée stérile. Après agitation, et filtration la concentration de la solution entomopathogène a été déterminée en dénombrant les spores par la cellule de Malassez. (planche 02). Les concentrations utilisées ont été obtenus à partir de la dilution de la suspension mère. Cinq concentrations ont été préparées soit : D1=  $10^8$  spores/ml, D2= $10^7$  spores/ml, D3= $10^6$  spores/ml, D4= $10^5$  spores/ml et D5= $10^4$  spores/ml.

### 1.2.2 Méthode d'inoculation

Le test a été effectué au laboratoire en déposant délicatement cinq larves de ver blanc dans une boîte en plastique. Le traitement des larves a été effectué par pulvérisation des suspensions fongique additionnées d'une goutte de tween 20 sur des lots de 15 individus. Chaque lot reçoit une seule pulvérisation de chaque concentration de telle sorte que les larves soient bien imbibes.

Pour chacune des concentrations, trois répétitions ont été réalisées et même pour le témoin (figure13). Les lots témoin sont constitués des larves traitées par l'eau distillée stérile. Après traitement, les larves ont été recouvertes par du sol provenant de la parcelle d'où les larves ont été ramassées.

Les larves traitées ont été maintenues à une température de 25°C à l'obscurité.



**Planche 02** : Etapes du test biologique



**Figure 13:** Dispositif expérimental du test de pathogénicité (Originale, 2018)

Pour vérifier l'effet de la présence ou l'absence du sol sur les taux de mortalité des larves suite au traitement fongique ; la même méthodologie utilisée pour le premier test a été adoptée, sauf que le sol stérile a été remplacé par du papier absorbant et les boîtes ont été protégées avec du papier aluminium.

Cette technique est une confrontation directe champignon- insecte, elle consiste à pulvériser un lot de quinze larves par une solution cryptogamique de  $10^8$  spores/ml (D1) et le comparer avec les résultats de la même dose en présence du sol.

Les observations ont été réalisées quotidiennement afin de déterminer l'effet insecticide de *Beauveria* sp. sur les larves du ver blanc. Les comptages des insectes morts sont effectués après 24 heures de contact. Les larves mortes ont été examinées afin de vérifier la présence de la muscardine blanche.

Pour éliminer tous les risques de mortalité naturelle, Les mortalités dans les boîtes traitées (M1) ont été exprimées selon la formule d'Abbott (1925) en mortalités corrigées (MC), tenant compte des mortalités observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité corrigée (MC \%)} = (M1 - Mt) * 100 / (100-Mt)$$

**M1** : est le pourcentage de la mortalité dans le lot traité

**Mt** : est le pourcentage de la mortalité dans le lot témoin

Pour estimer l'efficacité de la solution testée sur les larves du ver blanc, le pourcentage de mortalité est transformé en probités, la régression de la dose en fonction des probités des mortalités permettrait la détermination de la dose létale pour 50% de la population testé (DL50).

## **II. Identification de l'insecte**

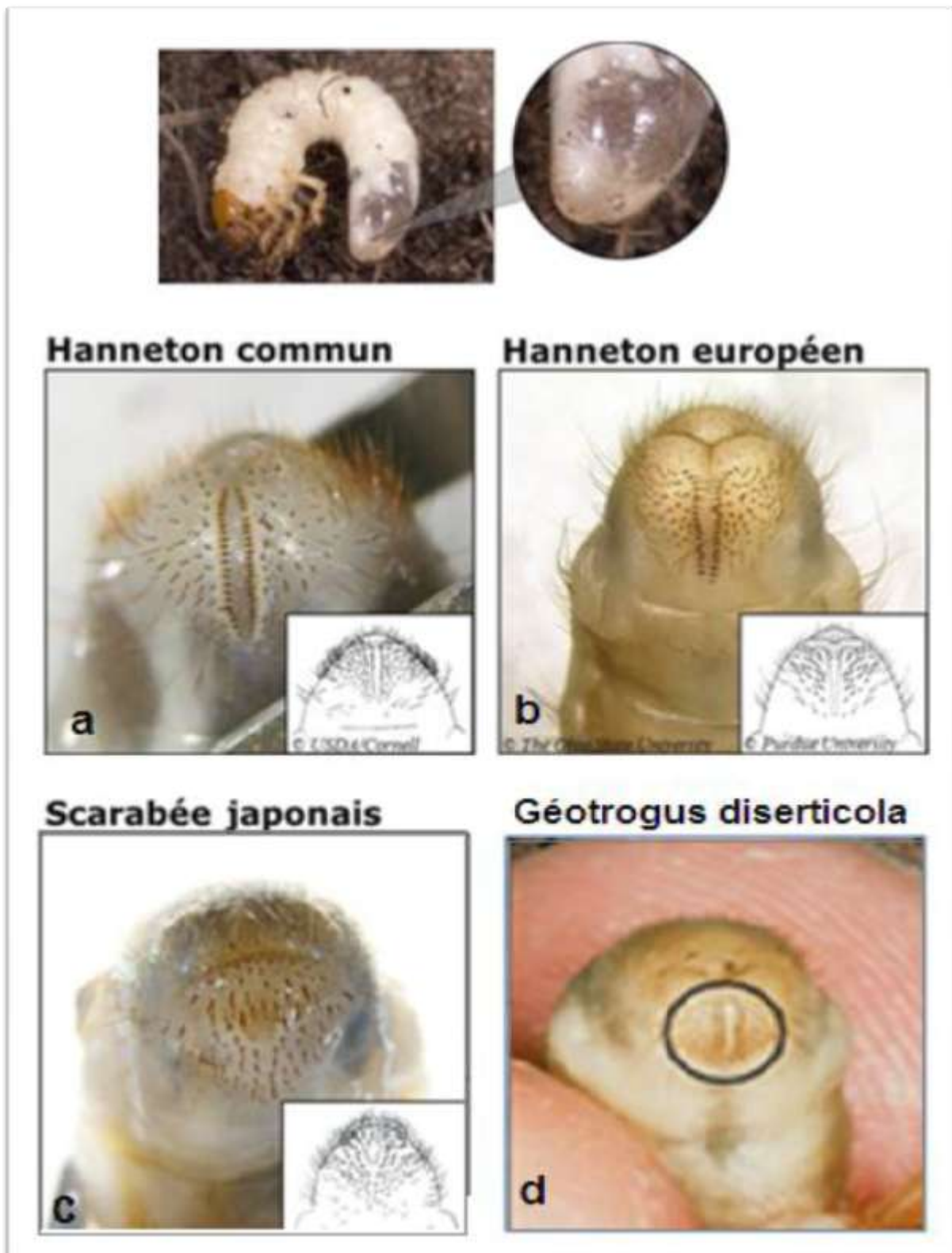
### **11.1 Identification des larves**

A la fin du test biologique, les larves récupérées vivantes ont fait l'objet d'une identification préliminaire basée sur l'observation sous loupe binoculaire de la forme et la disposition des soies d'écusson anal des larves. Quelques spécimens sont photographiés au laboratoire puis comparés avec la planche 03 qui représente les différentes formes de l'écusson anal de quatre espèces de ver blanc. Le hanneton commun possède deux rangées parallèles de plus de 20 épines de même longueur. Le hanneton européen possède deux rangées de dents parallèles, les dents à l'extrémité apicale étant plus longues, plus robustes et divergentes. L'écusson anal de scarabée japonais est large, et comportant des soies disposées en forme « V » (Légaré et *al.*, 2015). Pour *Geotrogus deserticola*, les poils sont d'une couleur marron caramel et les soies de l'écusson anal sont disposées en forme de « U » (INPV, 2015)

### **11.2 Identification des adultes**

Pour arriver à identifier l'insecte, il a été nécessaire d'attendre l'émergence des adultes. Ce diagnostic a porté sur des spécimens obtenus suite à la transformation des larves qui ont résisté à l'effet de *Beauveria* sp..

Par manque d'expérience en systématique, il a été difficile d'identifier l'insecte à notre niveau. Cette difficulté impose de passer par des spécialistes. Pour ce faire nous avons contacté un doctorant (Boutaiba M.) qui travail sur les vers blancs à l'université de Mascara.



**Planche 03 :** Différentes formes de l'écusson anal des larves des vers blancs  
(Légaré *et al.*, 2015 in Bousnane et Ghani, 2017)

# **Chapitre II**

## **Résultats et discussion**

## I. Evaluation de l'activité insecticide du champignon entomopathogène *Beauveria* sp. sur les larves de ver blanc

Les résultats obtenus suite au traitement des larves de ver blanc par l'entomopathogène autochtone *Beauveria* sp. sont représentés en annexes 02, 03, 04 et 05. Ils montrent les variations des mortalités en fonction du temps et des concentrations comparativement au témoin.

### I.1 Effet larvicide des différentes concentrations de *Beauveria* sp. sur le ver blanc

La figure ci-dessous, montre les variations des taux de mortalité des larves en fonction du temps sous l'effet des différentes concentrations croissantes de spores de *Beauveria* sp. en présence du sol (larve + champignons + sol).

**Figure 14** : Effet de différentes concentrations de spores de *Beauveria* sp. sur la mortalité des larves de ver blanc

Les résultats obtenus durant le test ont montré que la plus faible concentration utilisée (D5 =  $10^5$  spores/ml) a provoqué la mortalité de 13.33% de la population larvaire dès le premier jour. Après une semaine, les larves du ravageur n'ont été que légèrement atteintes par le champignon, en effet, un faible taux qui ne dépasse pas 22% a été enregistré sur tous les lots à l'exception du lot traité par la concentration de  $10^8$  spores/ml (D1).

D'après la figure 14, on remarque que *Beauveria* sp. a provoqué une faible mortalité des larves, en effet un maximum de létalité avec seulement 33.33% est enregistré à la plus forte concentration appliquée, le cinquième jour après le traitement.

Il est à noter qu'il n'existe pas une grande différence entre les taux de mortalité obtenus suite aux traitements par les différentes doses et le témoin.

La figure 15, représente la mortalité corrigée des larves sous l'effet des différentes doses de *Beauveria* sp. en présence du sol. Les résultats obtenus montrent que ce champignon n'a pas réussi à éliminer la moitié de la population larvaire de ver blanc.

**Figure 15 :** Mortalité corrigée des larves de ver blanc traitées par l'entomopathogène *Beauveria* sp.

Comme il a été cité précédemment en matériel et méthodes, la détermination de la dose létal pour 50% de la population traitée (DL50), se réalise en dressant une ligne de régression. Cela n'est pas possible dans ce test puisqu'il n'existe pas une relation proportionnelle entre les différentes doses testées et la mortalité des larves. Et en plus de ça la mortalité corrigée pour toutes les concentrations est inférieure à 50%.

Le test de pathogénéicité de cette espèce fongique, a mis en exergue la faible efficacité de ce champignon sur les larves de ver blanc, en effet, cet entomopathogène a besoin d'une concentration supérieure à  $10^8$  spores/ml, pour pouvoir contrôler ce ravageur en présence du sol.

Pour vérifier l'influence du sol sur l'efficacité de *Beauveria* sp., un traitement fongique en utilisant la concentration de  $10^8$  spores/ml a été effectué en présence et en absence du sol.

## I.2 Comparaison de l'efficacité de l'entomopathogène *Beauveria* sp. en présence et en absence du sol

La figure suivante représente l'évaluation de l'activité insecticide d'une seule dose de *Beauveria* sp. ( $10^8$  spores/ml) vis à vis les larves de ver blanc en fonction du temps d'exposition et la présence et l'absence du sol.

**Figure 16 :** Mortalité des larves de ver blanc exposées à la concentration  $10^8$  spores/ml de *Beauveria* sp. en présence (D1) et en absence (CD) du sol

Les résultats obtenus montrent que les deux traitements, ont présenté un taux de mortalité différent de celui provoqué par le témoin.

Pour le lot témoin aucune mortalité n'a été enregistrée jusqu'au quatrième jour, suivi d'une légère augmentation de taux qui reste inférieur à 14%. En parallèle les mortalités pour les deux autres lots ont débuté au deuxième jour, pour atteindre 33.33% et 53% de létalité respectivement pour les individus traités en présence du sol (D1) et ceux en absence du sol (CD) au cinquième jour.

On remarque aussi que sous l'effet de la même concentration de *Beauveria* sp., la morbidité des larves, est influencée par le sol. En effet, seulement 33.33% des larves ont été éliminés dans le lot qui contient du sol, tandis que pour les larves exposées directement à l'effet du champignon, un maximum de 80% de mortalité a été enregistré.

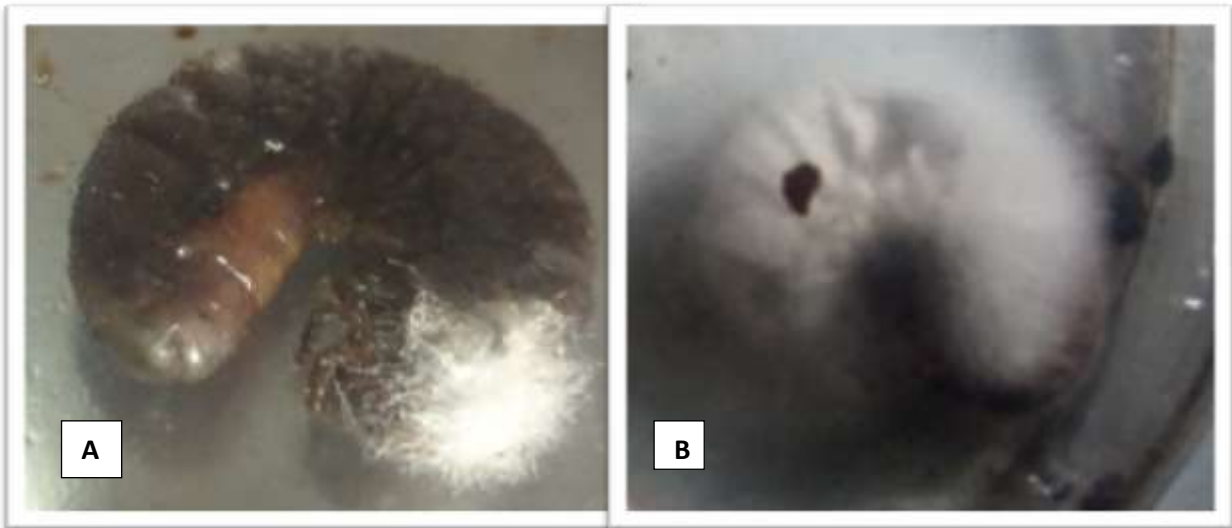
Un autre paramètre a été étudié afin de comparer les différents traitements en fonction du temps léthal moyen (TL 50) défini par la mortalité de 50 % des individus traités. La TL 50 a été obtenue directement à partir des données de la mortalité corrigée illustrées sur la figure 17.

**Figure 17** : Temps léthal moyen (TL<sub>50</sub>) des larves de ver blanc traitées par *Beauveria* sp. en présence (D1) et en absence (CD) du sol

D'après les résultats de la mortalité corrigée, on constate qu'en présence du sol, seulement 27% des larves ont été contrôlées suite à l'application du champignon. Ce pourcentage qui est inférieur à 50% n'a pas permis d'estimer le temps léthal moyen des individus traités par l'entomopathogène en présence du sol. Cependant, en absence du sol, le traitement des larves par *Beauveria* sp. a entraîné la mortalité de 50% des individus après seulement cinq jours.

Il est nécessaire de noter que l'efficacité du champignon augmente en absence du sol. Pour les deux techniques la dose de 10<sup>8</sup> spores/ml n'a pas réussi à éliminer plus de 67% des larves. Les cadavres des larves issues de cette faible dose n'ont pas sporulé en totalité, cela peut être dû aux faibles quantités de spores reçus par rapport à leurs poids. Steinkraus, et Tugwell (1997) indique que, la mortalité des insectes infectés par les champignons entomopathogènes dépend du nombre de spores entrant en contact avec l'insecte. Il est donc indispensable d'augmenter les concentrations de l'entomopathogène autochtone *Beauveria* sp. pour réussir le contrôle biologique des larves de ver blanc.

Après neuf jours de contact direct insecte champignon (absence du sol) nous avons remarqué une extériorisation de mycélium sur les larves mortes (figure 18(A)). Un mois après l'individu infecté est recouvert d'une importante couche de mycélium blanc, évoquant la neige (figure 18(B)).

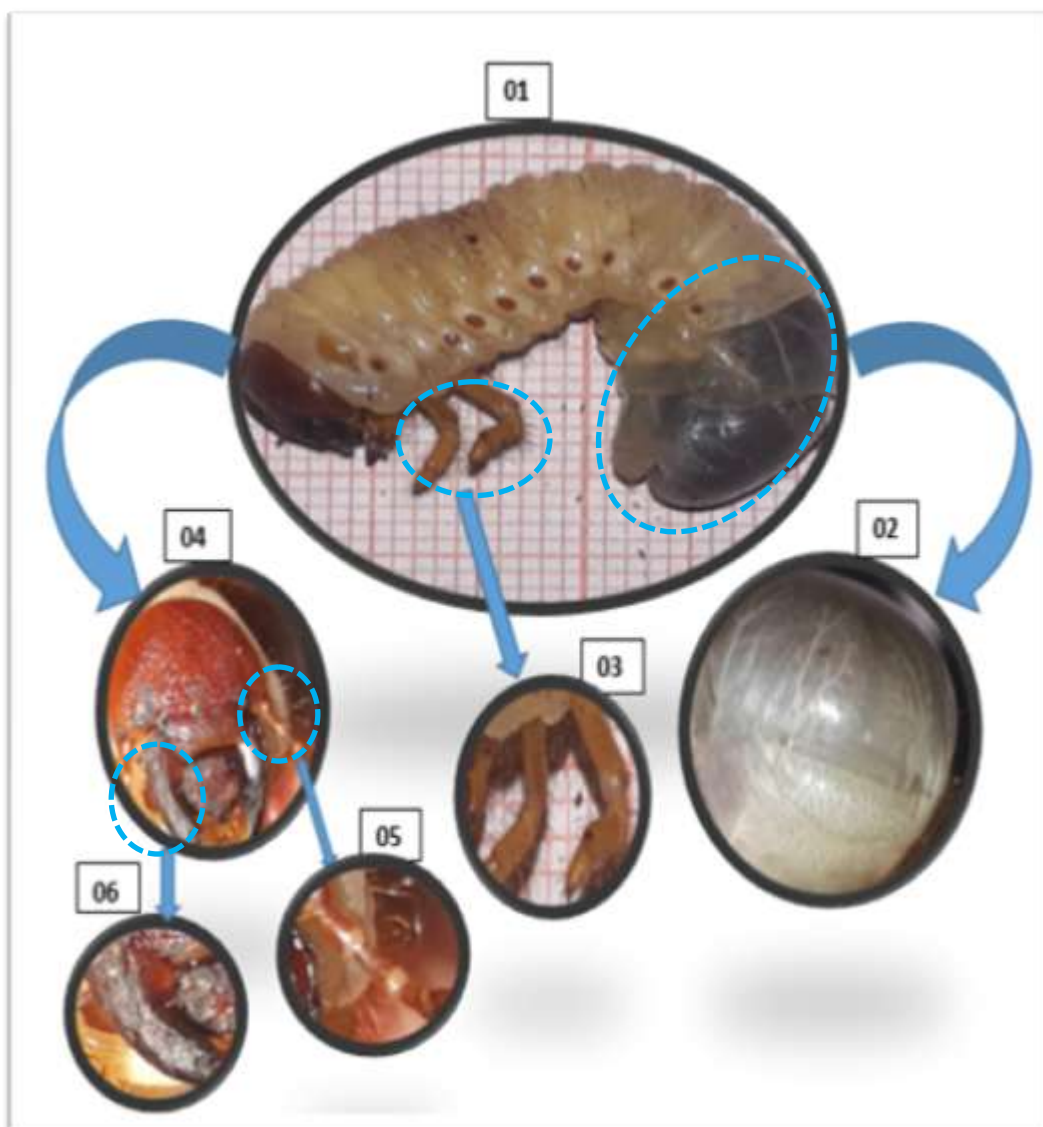


**Figure 18** : Développement de l'entomopathogène *Beauveria* sp. sur une larve de ver blanc morte après l'inoculation. **A** : 09 jours et **B** : 33 jours après le traitement (Originale 2018)

## II. Identification de l'insecte

### II.1 Identification des larves

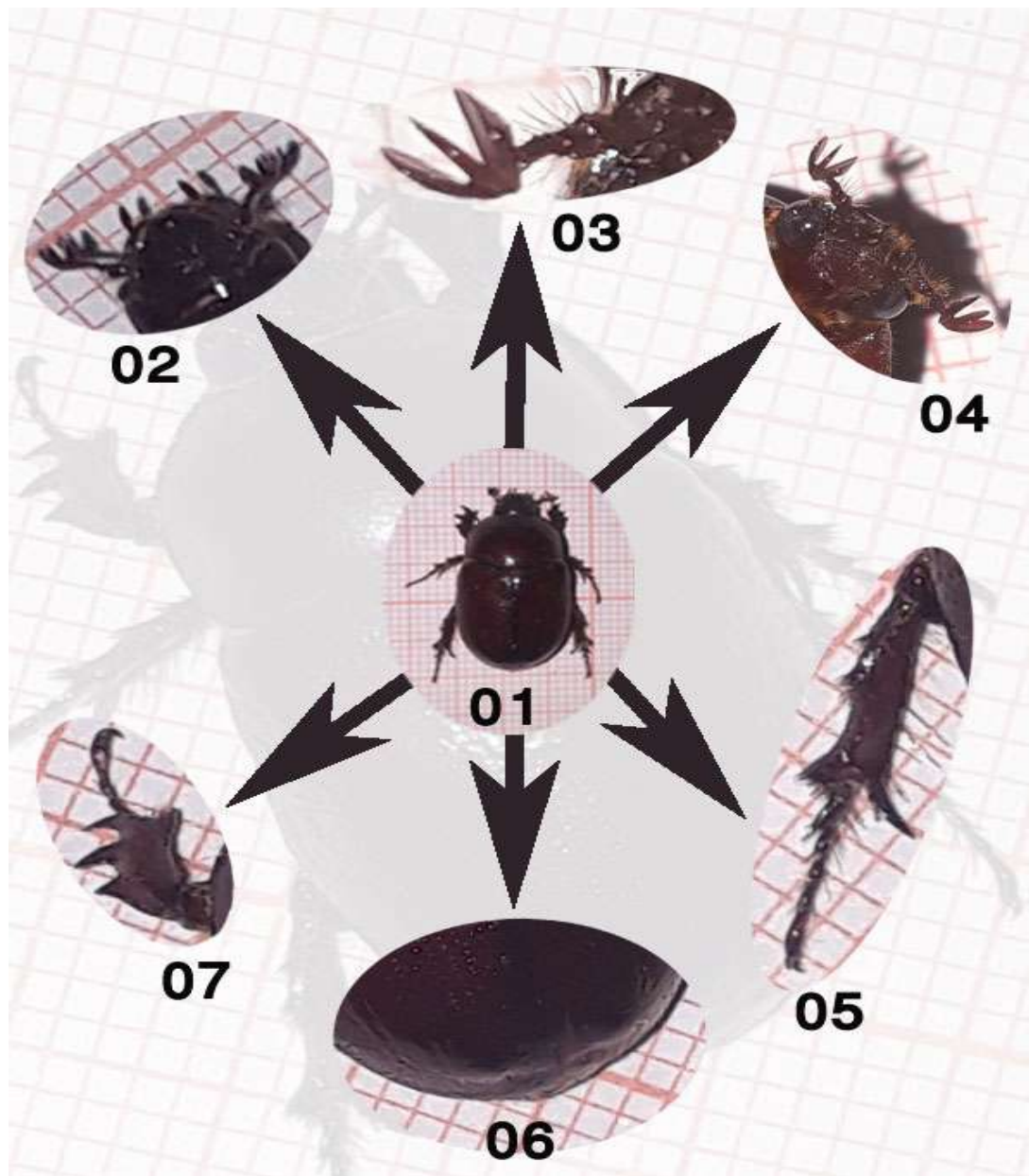
Les détails illustrés sur la planche 04 ont été obtenus suite à l'observation de l'aspect des larves récoltées. Ces dernières sont caractérisées par un corps mou arqué en C. La tête est brunâtre. Les pattes sont longues avec une longueur croissante, toutes de structure identique. Les soies du côté ventral de la fente anale sont longues et denses. La comparaison de nos résultats avec ceux de la planche de référence (planche 03), ne montre pas de ressemblance avec les espèces citées. La détermination de l'espèce de ver blanc en se basant sur la morphologie des larves n'a été possible.



**Planche 04** : Description de la larve de ver blanc. **01**: larve du ver blanc, **02**: écusson anal, **03**: pattes, **04**: tête, **05**: antenne et **06**: mandibule (Originale 2018).

## II.2 Identification des adultes

Après l'émergence des adultes des observations sous binoculaire ont été réalisées pour identifier le ravageur. La planche 05 représente l'aspect morphologique d'un adulte.



**Planche 05** : Description de l'adulte de ver blanc. **01**: adulte, **02**: tête, **03**: antenne, **04**: appareil buccale, **05** et **07** : pattes (Originale, 2018)

L'identification préliminaire a été faite par le doctorant BOUTAIBA Mohamed. Il a supposé qu'il s'agit de *phyllognathus* sp. .

Les espèces appartenant à ce genre possèdent l'aspect typique des *Dynastidae*, ils sont caractérisés par un corps brun uniforme et luisant, et un dimorphisme sexuel accusé. Le mâle porte sur la tête une corne recourbée et effilée vers l'arrière, tandis que son thorax est

profondément échancré. La femelle (figure 19) est dépourvue de corne céphalique et d'échancrure thoracique. D'autre part la face ventrale est de la même couleur que le reste du corps et abondamment garnie de poils roux (Balachowsky, 1962).



**Figure 19** : Femelle de l'espèce *Phyllognathus* sp. (Originale 2018)

D'après Balachowsky (1962), le cycle évolutif des *Phyllognathus* sp. est d'un an. Les principales phases peuvent se situer de la façon suivante : Vie imaginaire en été, ponte à partir du mois d'août, vie larvaire en automne et hiver, nymphose en mai-juin.

Les *Phyllognathus* sont rencontrées dans les îles Canaries et tout le nord de l'Afrique. Leur présence est attestée du Maroc jusqu'à l'Égypte, y compris dans les régions désertiques (oasis), atteignant l'Iran et la Crimée vers l'est (Baraud, 1985).

La biologie de ces Coléoptère, malgré l'importance des dégâts que leur larves occasionnent dans les vignobles et la décomposition des matières végétales dans les pays méditerranéens et les régions sablonneuses, est peu connue et leur éthologie dans la nature est assez mal définie (Balachowsky, 1962).

# Conclusion

## Conclusion

Les vers blancs ont provoqué des dégâts considérables en Algérie. Les programmes de lutte suivis par l'INPV n'ont pas aboutis à contrôler les pullulations de ces déprédateurs à cause de leur biotope édaphique qui rend leur élimination très difficile. La recherche de méthodes alternatives, devient la préoccupation majeure du ministère de l'Agriculture. Notre travail consistait d'une part à évaluer l'activité insecticide de l'entomopathogène autochtone *Beauveria* sp. vis-à-vis les larves de ver blanc et d'autre part à essayer d'identifier ce ravageur.

Les résultats des tests de l'activité larvicide montrent que les larves de ver blanc sont sensibles à l'effet de *Beauveria* sp. en absence du sol puisque 80% de la population larvaire a été contrôlée à la dose  $10^8$  spores/ml. Des taux de mortalité supérieures à 50% au 5<sup>ème</sup> jour ont été observés; tandis qu'en présence du sol un maximum de létalité qui ne dépasse pas 33.33% est atteint au même jour et à la même concentration.

L'identification préliminaire du ravageur en se basant sur les caractères morphologiques de l'insecte indique que l'espèce étudiée est probablement *Phyllognathus* sp.

Les tests de pathogénéicité de cette espèce fongique, ont mis en exergue la faible efficacité de ce champignon sur les larves de ver blanc, en effet, cet entomopathogène a besoin d'une concentration supérieure à  $10^8$  spores/ml, pour pouvoir contrôler ce ravageur en présence du sol.

Ces résultats bien que préliminaires, témoignent d'une activité insecticide de *Beauveria* sp. vis-à-vis les larves du ver blanc. Comme perspectives il serait recommandé de relancer ces tests sur l'insecte avec des concentrations supérieures à celles testées dans cette expérimentation afin de choisir la dose optimale qui contrôle ce phytophage. En même temps l'identification avec précision de ce bio-agresseur est essentielle pour mener une lutte biologique efficace.

# **Références bibliographiques**

- 
- Abbott, W.S., (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abgrall J.-F., (1991).** Observations biologiques et essais de lutte contre le hanneton commun dans les vergers à graine. *RFF XLIII – 6 – 1991,*
- Amine khodja,M., Bekkouche, S., (2016).** Étude bio écologique et systématique des vers blancs (Melolonthinae, Rhizotrogini) dans deux stations (Ain Smara et el Meridj Constantine –Est Algérien), mémoire de master II : Université des Frères Mentouri, Constantine
- Badaoui, M.I., (2017).** Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- Balachowsky A.S., (1962).** Entomologie appliquée à l'agriculture, tome I, Ed Masson .Paris.
- Baraud J., (1985).** *Coléoptères Scarabaeoidea. Faune du Nord de l'Arique, du Maroc au Sinaï.* Lechevalier, Paris, 652 p.
- Beaubet, F., (2013).** Hannetons ravageurs, quatre espèces à redécouvrir : Face à la mauvaise surprise que constitue le retour de dégâts de vers blancs, notamment en pépinières et gazonnières, une révision est utile. [En ligne] (Page consultée le 20/06/2017)  
<http://www.ecophytopic.fr>
- Belbel, C. Smaili, A., (2015).** Étude bio écologique des vers blancs (Scarabeidae, rhizotrogini) dans la région de Mila. Mémoire de master II : Université des Frères Mentouri, Constantine
- Blackwell M., Hibbett D.S., Taylor J.W. Et Spatafora J.W., (2006).** Research coordination networks : a phylogeny for the kingdom Fungi (Deep Hypha). *Mycologia*, 98, 829-837.
- Bousnane, N., Ghani, A., (2017).** Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques *Thymus vulgaris* et *Origanum vulgare* sur le ver
- Charbonneau,P., (2008).** Les vers blancs dans les pelouses. [En ligne] (Page consultée le 15/06/2017). Canada. <http://omafra.gov.on.ca>
- Cornia M.B. Et Beatriz M.D., (2004).** Pathogenicity of hyphomycètes fungi against *Cyclocephala signaticollis*. *Bio-Control* 00 : 1-8, 2004. Kluwer Academie Publishers. Printed in the Netherlands
- Farrell B.D., (1998).** "Inordinate fondness" explained: Why are there so many beetles"  
*Science*, 281,

- 
- Feng M.G., Poprawski T.J. et Khachatourians G.G., (1994).** Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control : current status. *Biocont. Sci. Tech.* 4: 3-34.
- Ferron P., Fargues J. Et Riba G., (1991).** Fungi as microbial insecticides against pests. In Handbook of Applied Mycology. Humans, animals and insects (Arora, D.K., Ajello, L., Mukerji, K.G., Eds.), Marcel Dekker, New York, Vol 2, 665-706
- François-Régis Goebel Pierre Martin., (2016).** La lutte contre le ver blanc de la canne à sucre à la Réunion : histoire d'une réussite, Cirad UPR Aida. [En ligne], (page consultée le : 19/06/2017) <http://www.cirad.fr>.
- Gullino, M. L., Leroux, P., Smith, C. M. (2000).** Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. *Crop Protection* 19, 1-11.
- Hawksworth D.L., Sutton B.C., Ainsworth G.C., et James P.W., (1983).** Dictionnaire de Ainsworth et Bisby des champignons, 7th ed, Commonwealth Mycol.inst., Kew, United kingdom.445p.
- Houadeg. K, Boukhezar. F et Madaci. I., (1996).** Effet des Polyphenols extrait du laurier rose (Nerium-Oleander) sur les vers blancs (Rhizotrogini). Mémoire en vue de l'obtention
- Humber R.A., (2012).** Identification of entomopathogenic fungi. Manual of techniques in invertebrate pathology. Published by elsevier Ltd. pp151-187.
- I.N.P.V., (2015).** Le ver blanc des céréales : comment y faire face ? L'institut national de la protection des végétaux INPV [En ligne] (Page consultée le 21/06/2017) <http://www.inpv.edu.dz>.
- Jean Duval., (1993).** LE HANNETON COMMUN ET LES VERS BLANCS, Ecological Agriculture Projects, McGill University (Macdonald Campus) Ste-Anne-de-Bellevue, QC, H9X 3V9 Canada
- Jean-Philippe.L, Moisan-De Serres.J, Bourdon.K., (2015).** Les vers blancs. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. Québec
- Joel Bagg., (2012).** Dégâts causés par les vers blancs dans les champs de foin et les pâturages, [ag.info.omafra@ontario.ca](mailto:ag.info.omafra@ontario.ca)
- Lee, J.C., Heimpel, G.E., Leibe, G.L. (2004).** Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. *Entomologia Experimentalis and Applicata* pp 111
- Légaré,J-P, Joseph,M, Bourdon,K., (2015).** Les vers blancs. Laboratoire de diagnostic en phyto-protection MAPAQ. Québec.

- 
- Lipa J., (1975).** White muscardines (*Beauveria* sp). In: An outline Of Insect Pathology. Foreign Sci. Publ. Dept NCST&L, Warsaw, Poland, pp. 139-142
- Mesbah.A et Boufersaoui.A, (2002).** Control of the biological cycle of *Geotrogus deserticola* Blanch, insect coleopteran pests of cereals in Algeria Controle du cycle biologique de *Geotrogus deserticola* Blanch, insecte coleoptere ravageur des céréales en Algérie. Bulletin de la Societe Zoologique de France, 1272: 137-148.
- Meyling N.V., Lübeck M., Buckley E.P. Eilenberg J. Et Rehner S.A., (2009).** Community composition, host range and genetic structure of the fungal Entomopathogen *Beauveria* in adjoining agricultural and seminatural habitats. Mol ecol 18:1282–1293
- Montreuil .O., (2003).** *Tosevskiana Pavicevic 1985* : an enigmatic genus of European *Melolonthinae Rhizotrogini* removed from Pachydeminae (*Coleoptera: Melolonthidae*, Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.). Vol 39. N° 3. P 207-210.
- Nicolai V. M. et Jorgen E., (2007).** ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temprate agroecosystem : Potential for conservation biological control. *Metarhizium anisopliae* reveal that it is rhizosphere competent. Appl. environ.68, 6383-6387
- Rehner R.A. Et Buckley E., (2005).** A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-alpha sequences: Evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia* 2005 b ; 97(1) :84-98.
- Rakotoarisoa Herizo Lalaina., (2007).** Contribution à l'étude de l'efficacité du *Metarhizium anisopliae* contre *Heteronychus plebejus* sur riz pluvial sur couverture végétale morte dans la région du Lac Alaotra. Mémoire de fin d'études, D.E.A d'entomologie. Antananarivo : Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Département d'entomologie, 2007, 81p.
- Saiah F., (2014).** Contribution à L'étude sur la lutte biologique à l'égard de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera ; Gracillariidae), mineuse des Citrus. Thèse de doctorat ; université de Mostaganem, Algérie, 119 p.
- Starnes R.L; Liu C .L et Marone P.G., (1993).**History, use and future of microbial insecticides. *Amer. Entomol* .39:83-91.
- Steinkraus D.C. et N.P. Tugwell., (1997).** *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Moniliales) Effects on *LJ'gus lineolaris* (Hemiptera:Miridae). *J. Entomol. Sei.* 32: 79-90
- Strong, D. R., Lawton J. H., Southwood T. R. E., (1984).** Insects on Plants: Community Patterns and Mechanisms. *Blackwell Science, Oxford*, Royaume-Uni

**Svetlana Y. Gouli., (2005).** White muscadine disease (*Beauveria bassiana*) fruiting bodies, University of Vermont, Bugwood.org (2005-01-12).

<https://bugwoodcloud.org/images/768x512/1276024.jpg>

**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: 159-169.

**Vega F.E., Meyling N.V., Luangsa-ard J.J. Et Blackwfel M., (2012).** Fungal entomopathogens *Insect Pathology*. elsevier Inc.150p.

**Weiser J., (1972).** . *Beauveria* Vuill. In: *Nemoci hmyzu*. Naklad. Ceskoslov. Akademie, Praha, pp. 361-377

**Yahiaoui .D et Bekri, N, (2014).** Étude des méthodes de lutte contre le ver blanc des céréales (*Geotrogus deserticola* blanc) dans la région d'Oran. A PP –Dixième référence internationale sur les ravageurs en agricultures. MONTPELLIER – 22 et 23 octobre.

# **Annexes**

**Annexe 01:** Champignons entomopathogènes comme solutions biologiques pour la répression des ravageurs (Hawksworth et *al.*, 1983)

<b>Espèce fongique</b>	<b>Mode d'action</b>	<b>Ravageurs : stades visés</b>
<b><u>Ascomycètes</u></b> <i>Penicillium funiculosum</i>	toxines	doryphore de la pomme de terre : œufs
<b><u>Coelomycètes</u></b> <i>Aschersonia aleyrodis</i> <i>A.flava</i> et <i>A.placenta</i>	mycose mortelle mycose mortelle	aleurode des serres : larves et pupes aleurode des serres : larves et pupes
<b><u>Hyphomycètes</u></b> ( <i>champignons imparfaits</i> ) <i>Acremonium. sp</i> <i>Beauveria bassiana</i>	mycose mortelle toxine et mycose mortelle	aleurode des serres : larves doryphore : larves, pupes et adultes pyrale du maïs : larves avant pénétration piéride de chou : larves sur les feuillages charançon de la carotte : larves et pupes chrysomèle du maïs : larves et au sol
<i>Fusarium verticillioides</i> <i>Metarhizium anisopliae</i>	mycose mortelle toxine et mycose mortelle	aleurode des serres : larves mouche de l'origine : adulte pyrale de maïs : œufs et larves charançon de la carotte : larves et pupes doryphore de la pomme de terre larves
<i>Paecilomyces farinosus</i>	mycose mortelle	mouche de l'oignon : pupes et adultes pyrale du maïs : chrysalides
<i>P. fumoso-roseus</i>	mycose mortelle	mouche de l'oignon : pupes et adultes thrips des petits fruits
<i>Verticillium lecanii</i>	toxine et mycose mortelle	pucerons des serres : tous les stades aleurode des serres
<b><u>Entomophthorales</u></b> <i>Conidiobolus obscurus</i> <i>Entomophthora adjarica</i> <i>E. parvispora</i> <i>E. thripidium</i> <i>Erynia neoaphidis</i>	mycose mortelle mycose mortelle mycose mortelle mycose mortelle mycose mortelle	pucerons des serres : tous les stades tétranyque à deux points : tous les stades thrips des petits fruits: larve, adulte et nymphe thrips des petits fruits :larve, adulte et nymphe pucerons des serres : tous les stades

