

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Mycologie et biotechnologie fongique

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Les champignons entomopathogènes contre les vers blancs
(*Beauveria bassiana*)

Présenté par : Menacer Kenza

Le 22/06/2022

Zorgane Chahrazed

Zouache Nour el Yakine

Jury d'évaluation :

Encadreur : ABDELAZIZ Ouided (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 1 : BNEKAHOUL Malika (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur 2 : ALMI Hiba (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Année universitaire
2021 - 2022

Remerciement

**Tous d'abord, on remercie dieux pour la santé et la force qui nous
A données pour mener à bien ce travail.**

**Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide et la supervision
de Mme : Abdelaziz Ouided**

On la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnelle.

**Mes remerciements aussi à Mme Benkahoul M. et Mme Almi H.
pour d'avoir accepté d'examiner ce travail**

**Sans oublier tous les professeurs qui nous ont aidés dans les
années universitaire et notamment Mme : Bouchloukh.W**

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents Abdelmadjid et Malika

Mes sources d'amour, d'affection, et de motivation dans ma vie qui m'encouragent à attendre mes objectifs.

A mon mari, et ma source de bonheur Seif Eddine.

A mon cher frère Housseem Eddine et sa chère épouse kalthoum

A mes chères sœurs Rayane et Roumeissa et mes nièces Rouaya et Soudjoud

A mon oncle Kamel et ma tante warda et mes chères cousines Taki Yasser
Mohamed Afnane salsabil et Aridj

A mes grand mères : Hada, Zahra et Mouni

Sans oublier mes chères amies et mes sœurs Chahrazed, Kenza et Aicha

A ma deuxième famille : mon beau-père Omar et ma belle-mère Nadia et mes
belles sœurs Salma et Hadil

A toutes les tantes, les oncles et leurs enfants.

Nour elyakine

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma chère mère Fatiha. A mon père Salah, source de vie, d'amour et d'affection.

A mes chers frères Aziz, Sami et Seif et mes chères sœurs Aya et Maya, source de joie et de bonheur.

A toute ma famille, source d'espoir et de motivation.

A tous mes amis, tout particulièrement Aicha, Nour elyakine et Chahrazad.

Kenza

Dédicace

Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur,

Je dédie ce travail à mon père Boujamaa

A la femme qui a souffert sans me laissée souffrir, qui n'a épargné aucun effort
pour me mettre heureuse Ma mère Habiba.

A mon frère Badis

A mes sœurs Roumeissa, Soundousse et Bassma avec leur enfants Roaya,
Mouhamed et Fadi.

A tous les cousins, les voisins et les amies et surtout ma copine Aicha.

Sans oublier mes Binômes Nour el yakine et Kenza.

Chahrazed

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction01

Synthèse bibliographique

Chapitre I : les vers blancs

1. Généralité.....	03
2. Morphologie	03
3. Alimentation	04
4. Systématique	04
5. Cycle biologique des vers blancs.....	05
5.1. Œuf	05
5.2. Larve.....	06
5.3. Nymphe	07
5.4. Adulte	08
6. Les dégâts causés par les vers blancs.....	09
7. Cycle d'évolution	11
7.1. Hanneton commun	11
7.2. Hanneton européen	13
7.3. Hanneton japonais	14
7.4. Les vers blancs des céréales	15

Chapitre II : la lutte contre les vers blancs

1. La lutte biologique	17
2. La lutte chimique	18
3. La lutte agronomique	19

Chapitre III : Les champignons entomopathogènes

1. Généralité sur les champignons	20
2. Les champignons entomopathogènes	21
2.1. Généralité	21
2.2. Historique	21
2.3. Systématique	22
2.4. Exemples des champignons entomopathogènes	22
2.4.1. <i>Metarhizium anisopliae</i>	23
2.4.2. <i>Entomophthora muscae</i>	23
2.4.3. <i>Hirsutella sp</i>	24
2.4.4. <i>Beauveria bassiana</i>	25

Chapitre IV: *Beauveria bassiana*

1. Généralité	26
2. Morphologie	27
3. Systématique	28
4. Processus d'infection de <i>Beauveria bassiana</i>	28
4.1. Adhésion	29
4.2. Germination	29
4.3. Pénétration	30
4.4. Dissémination	30
5. Les facteurs environnementaux influençant l'infection par les champignons entomopathogènes	31
5.1. Température	32
5.2. Humidité	33
5.3. pH	34
5.4. Lumière ultraviolet	34

Analyse d'article

1. Résumé.....	35
2. Matériels et Méthodes	35
2.1. Isolement de <i>B. bassiana</i> à partir de vers blancs	35
2.2. Culture de <i>B. bassiana</i>	36
2.3. Application de <i>B. bassiana</i> contre les vers blancs de la pomme de terre	37
3. Résultats	37
3.1. Évaluation de différents substrats pour la production de masse de <i>B. bassiana</i>	37
3.2. Production massive de <i>B. bassiana</i> sur les grains de maïs	39
3.3. Évaluation au champ de <i>B. bassiana</i> contre les vers blancs de la pomme de terre.....	39
4. Discussion	41
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des abréviations

B.bassiana: *Beauveria bassiana*

B.thuringiensis: *Bacillus thuringiensis*

EPF: entomopathogenic fungi

E.muscae : *Entomophthora muscae*

B.T .israelensis: *Bacillus thuringiensis israelensis*

B.t.tenebrionis: *Bacillus thuringiensis tenebrionis*

H.thompsonii: *Hirsutella thompsonii*

H.gigantea: *Hirsutella gigantea*

H.alriformis: *Hirsutella alriformis*

M. anisopliae: *Metarhizium anisopliae*

B. brongniartii: *Beauveria brongniartii*

B. coriacea: *Beauveria coriacea*

PDA : gélose dextrose de pomme de terre

PVC : polychlorure de vinyle

UV : Les rayons ultraviolets

Liste des figures

Figure 1: le ver blanc	04
Figure 2: Les quatre états des vers blancs.....	05
Figure 3: les œufs des vers blancs.....	06
Figure 4: Les trois stades larvaire.....	07
Figure 5: La nymphe du ver blanc	08
Figure 6: Adulte du ver blanc commun (<i>Phyllophaga anxia</i>).....	09
Figure 7: A : Dommages causés par des vers blancs sur les salades....	10
B : Dommages causés par des vers blancs sur des pommes de terre.....	10
Figure 8: Dégâts causés par les vers blancs	11
Figure 9: Hanneton commun	13
Figure 10: Hanneton européenne.....	14
Figure 11: Scarabée japonais.....	15
Figure 12 : les vers blancs de céréales (<i>Geotrogus deserticola</i>).....	16
Figure 13: cycles vitaux du hanneton commun, du hanneton européen et du Scarabée Japonaise	16
Figure 14 : les vers blancs parasitées par <i>Metarhizium anisopliae</i>	23
Figure 15 : Une mouche infectée par <i>Entomophthora muscae</i>	24
Figure 16 : Insecte parasitée par <i>Hirsutella sp</i>	25
Figure 17 : <i>Beauveria bassiana</i> sur le corps d'insectes infectés	25
Figure 18 : Les colonies de <i>B .bassiana</i>	27

Figure 19 : A: les spores de <i>Beauveria bassiana</i>	27
B: Hyphes et mycélium de <i>Beauveria bassiana</i>	27
Figure 20 : cycle biologique de <i>Beauveria bassiana</i>	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : la taxonomie des champignons entomopathogènes	22
Tableau 2 : la classification de <i>Beauveria bassiana</i>	28
Tableau 3 : Évaluation de différents substrats pour la multiplication en mas De <i>B. bassiana</i>	38
Tableau 4 : Infestation de vers blancs dans la pomme de terre et leur abondance dans les parcelles traitées et témoins	40

Synthèse

Bibliographique

1 INTRODUCTION

Les vers blancs sont des larves d'insectes appartenant à l'ordre des coléoptères qui attaquent le système racinaire des plantes, et provoquent des dégâts dans les produits agricoles qui se terminent par sa détérioration. (www.bio-enligne.com ; Balachowsky, 1962)

En Algérie, les vers blancs sont responsables de dégâts graves dans les récoltes de pomme de terre et de céréales surtout, ce qu' on a vu récemment dans la région d' Oum el Bouaghi les dommages qu'ils ont subis aux récoltes des céréales qui implique leur perte et destruction.

Les pertes causé par ces ravageurs sont importantes, ce qui a conduit à la mise au point de plusieurs méthodes de lutte, la plus répandu chez les agriculteurs c'est la lutte chimique par les insecticides et les pesticides (www.quebecvert.com) et aussi ils utilisent la lutte agronomique qui donne au plantes une résistance aux ravageurs avant ils existent dans le sol. Récemment, la lutte biologique est devenue la plus largement utilisée parce qu'elle garde la qualité des produits agricoles et aussi garde la santé de l'être humain contrairement aux deux méthodes président. Dans cette méthode on utilise des micro-organismes tels que les bactéries et les champignons spécifiquement les champignons entomopathogènes (Razafindrakoto, 1997).

Les champignons entomopathogènes sont des micro-organismes eucaryotes parasites présentés un peu partout, jouant le rôle d'agent pathogène pour de nombreuses espèces d'insectes et d'ascaris (Lydie, 2010).

L'espèce *Beauveria bassiana* est parmi les champignons entomopathogènes ayant un potentiel d'agent de lutte contre les insectes nuisibles et il a démontré sa capacité contre les vers blancs en spécifique. (Starnes *et al.*, 1993).

Dans notre travail, nous avons choisi un sujet qui traite les champignons entomopathogènes et mettre en évidence sur leur effet fongicide contre les vers blancs et spécialement l'espèce *Beauveria bassiana*.

Notre mémoire contient quatre chapitres :

- ✚ Le premier chapitre concerne les vers blancs avec les différents stades de leur cycle biologique et les dégâts causés sur les plantes.
- ✚ Le deuxième chapitre se déroule sur les méthodes de lutte contre les vers blancs.

1 INTRODUCTION

- ✚ Le troisième chapitre traite les champignons entomopathogènes avec leur classification et des exemples sur les espèces les plus connues.
- ✚ Et le quatrième chapitre est consacré à l'espèce *Beauveria bassiana* avec leur processus d'infection et les facteurs influençant leur développement.
- ✚ Et dernièrement, on a fait une analyse d'un article intitulé « **Production and Application of Beauveria bassiana (Bals.) against Potato White grubs, Brahmina coriacea (Hope) in Himachal Pradesh** »
- ✚ A la fin de notre mémoire il y a une conclusion générale contenant des perspectives sur notre recherche.

1. Généralités

Les larves d'insectes appartenant à la famille des scarabaeidae de l'ordre des coléoptères sont communément surnommées vers blancs (Louis, Belair et Dronna, 2009a).

Il existe toujours une confusion liée à l'utilisation de l'expression « vers blancs » car elle n'est pas spécifique à une seule espèce (Louis, Belair, Dronna, 2009 b).

Ces larves sont considérées comme des ravageurs pour certaines cultures.

On a différentes espèces des vers blancs ont été disséminés un peu partout dans le monde par exemple: Les hannetons communs (*Phyllophaga anxia*), l'une des nombreuses espèces indigènes en Amérique du Nord, est répandu dans l'ensemble du Canada et presque partout aux Etats-Unis. (www.gnb.ca).

Les hannetons européens (*Rhizotrogus majalis*) à été découvert aux Etats-Unis en 1940, est un ravageur très sérieux du gazon. (Gambrell, 1942).

Et on a aussi les scarabées japonais (*popillia japonica*), d'origine des grandes îles du japon et à été signalé pour la première fois en Amérique du nord dans le sud du New Jersey en 1916, cette espèce leur hôte préféré est le gazon. (www.canada.ca)

Et enfin on a les vers blancs des céréales, sont les larves des coléoptères (*Geotrogus deserticola*), elles occasionnel annuellement de fortes dégâts sur céréales en Algérie et trouve particulièrement l'ouest des pays (www.agrichem.dz).

2. La morphologie

Les vers blancs se caractérisent pas un corps blanc – crème à jaune, généralement courbé en forme de « C » avec 3 paires de grosses pattes à lavant du corps et une grosse tête de couleurs foncée, la reconnaissance des différentes espèces. Se fait par l'observation des poils du dernier segment abdominal appelé le raster (Duval, 1993).



Figure 1. Le ver blanc (www.thescientist.com)

3. Alimentation

Les vers de toutes les espèces de hannetons se nourrissent de matière végétale en décomposition, mais surtout de racines, avec une préférence pour les racines fibreuses de type fasciculées, et les tubercules (Coleman *et al.*, 2004).

4. Systématique

Les vers blancs appartiennent à l'ordre des coléoptères

- L'Embranchement des Arthropodes. Effet, il représente 78% des espèces animales décrites, il regroupe plus de 780,000 espèces dont 717,000 espèces. (Luc Auber, 1971)
- La classe : insectes.
- La famille des scarabaeidae les plus des groupes d'études intensives des coléoptères, environ 400 espèces décrites dans environ 200 genres (Ahrens, 2005).
- Super famille : scarabaeoidea (qui compte dans le monde plus de 300 espèces décrites probablement même près de 35000) (Randriamanantsoa *et al.*, 2010)

2 CHAPITRE I : LES VERS BLANCS

- Sous-famille : Melolonthinae (prés de 4080 espèces inclus dans genres et 11 tribus) (Neita-Moreno, Morón, and Zuluaga-Correa, 2012) .

5. Le cycle biologique des vers blancs

Le cycle biologique caractérise par la succession de quatre états biologique distincts: l'œuf - larve - la nymphe - adulte



Figure 02. Les quatre états des vers blancs (www.jardinier-paresseux.com).

5.1. L'œuf

Sont blanc perle et mesurent environ 2,5 mm de longueur et 5 mm de largeur. (Duval, 1993).

La femelle fécondée dépose ensuite une vingtaine d'œufs dans des sols meubles, à une dizaine de centimètres de profondeur. L'éclosion suit environ six semaines après la ponte pour donner des larves communément appelées vers blancs. (<https://lemagdesanimaux.oeust.fr>).



Figure 3. Les œufs des vers blancs (www.agroparistech.fr).

5.2. Larve

Sont des vers blancs, c'est-à-dire des larves blanches arquées. Les hannetons passent par 3 stades larvaires et la taille de larve augmente après chaque mue : 1er stade larvaire(L1) 2eme stade (L2) 3eme stade (L3). (Louis et Jérémy, 2020).

Les stades L1 et L2 sont peu mobiles et se nourrissent de matière organique, les larves L1 et L2 mesurent respectivement 0,5 cm et 1,5 cm. Au bout d'un mois et demi, la larve effectuée une deuxième mue pour atteindre le stade L3, ce dernier extrêmement mobile et vorace, d'attaque aux racines sans préférence au niveau des plantes hôtes. Elle se déplace facilement de racine en racine pour s'alimenter et accumuler assez de réserve pour se nymphose puis L3 mature s'enfouit alors profondément dans le sol et entre en phase de repos, Après une dernière mue la nymphe apparaît. (ephytia.inra.fr).



Figure 4. Les trois stades larvaires (www.ville.rosemere.qc.ca)

5.3. Nymphe

Pour préparer sa nymphose, la larve âgée stade de troisième stade ne s'alimente plus, elle vide son intestin et se forme une loge aux parois lissées grâce à ses mouvements de rotation. Bien à l'abri, la pré nymphe va subir sa dernière mue qui apparaît sous la forme d'une peau ratatinée à l'extrémité d'une momie jaune immobile couverte d'une nouvelle cuticule cirée.

La nymphose proprement dite dure de 15 à 21 jours à 25 C°. Elle est le lien de profondes transformations des organes.

Les premiers adultes issus de cette mue imaginaire apparaissent généralement chaque année en octobre après les premières pluies qui humidifient le sol. (Vercambre, 2008).



Figure 5: La nymphe du ver blanc (Fraval .A, 1997)

5.4. Adulte

La sortie de terre des adultes a lieu à partir des mois d'octobre et novembre à Madagascar et sur l'île de la Réunion, simultanément avec la première pluie efficace pour la réhumidification du sol (entre 10 et 20 mm d'eau).

Les adultes ressemblent à des scarabées, leur forme de hanneton ne rappelle plus rien de celle des vers blancs dont ils sont issus. À l'émergence, la proportion de mâles et de femelles est sensiblement la même.

L'adulte est toujours ailé, la longueur de son corps varie de 15 à 24mm le dessus du corps est brun, le dessous est blanc.

Un accouplement se produit en début de vie imaginale et dure de 8 à 15 minutes, l'accouplement se produit car le mâle est attiré par les odeurs ou phéromones émis par la femelle. Ce premier accouplement est suivi un mois après par un deuxième accouplement.

Les femelles fécondées se laissent tomber à terre et s'y enfouissent pour pondre 10 à 60 œufs en plusieurs fois à une profondeur de 2 à 8 cm

2 CHAPITRE I : LES VERS BLANCS

Les adultes se nourrissent peu, à peine 1 à 2 cm² chaque jour de feuilles de leur hôte végétal, au lever du soleil les adultes retournent au sol, par un vol non directif. Ils passent toute la journée à une faible profondeur dans du terreau ou de la terre molle.

La longévité moyenne des mâles est de 2 mois, celle des femelles 3 mois, le nombre d'œufs pondus diminue au fil des générations si l'environnement est anormalement frais ou sec, ou encore si les larves connaissent une fin de développement difficile (www.ephytia.inra.fr)



Figure 6: Adulte du ver blanc (www.jardindion.com)

6. Les dégâts causés par les vers blancs

Les dégâts causés par le ver blanc sont essentiellement dus au troisième stade larvaire qui ronge les racines des plantes. La plante devient incapable de puiser normalement l'eau et les substances nutritives indispensables à son développement dans le sol. Il y a arrêt de croissance du végétal, fanaison du feuillage et dépérissement généralisé. Les symptômes sont ceux d'un dessèchement complet des feuilles, voire des tiges lorsque le système racinaire est totalement détruit. Les vers blancs se nourrissent des racines des nombreuses plantes, mais ils préfèrent les racines fibreuses des graminées à gazon. Lorsque le système racinaire est détruit, La pelouse se flétrit et devient brun. Les vers blancs nourrissent aussi des pommes de terre et des carottes cultivées dans potager.

2 CHAPITRE I : LES VERS BLANCS

Ils coupent les principales tiges ou racines du plant sous la surface du sol et creusent des galeries dans les tubercules et les plants fraîchement enracinés (www.ephytia.inra.fr).



Figure 7 : A. Dommages causés par des vers blancs sur les salades (www.lebloguejardin.com) B. Dommages causés par des vers blancs sur des pommes de terre (www.orchidéepoitoucharentes.org)

Lorsque les populations de vers blancs sont très abondantes, les cultures fourragères diminuent rapidement. Les pertes de parcelles dans les champs de foin et les pâturages sont de plus en plus courantes. Les automnes et les printemps chauds sont très propices à l'activité des vers blancs.

On se retrouve alors avec des parcelles clairsemées, Remplies de mauvaises herbes dont le rendement est faible et qui résistent mal à la sécheresse. Les vers blancs préfèrent les racines des graminées à celles des légumineuses. Ils recherchent aussi les sols à texture légère. (www.omafra.gov.ca)



Figure 8. Dégâts causés par les vers blancs (www.omafra.gov.on.ca)

7. le cycle d'évolution

Les espèces des vers blancs ont un développement de type holométabole, soit métamorphose complète (œuf, larve, pupe et adulte).

Le cycle vital comprend trois stades larvaires, dans les premiers causent moins de dommages puisque consomment peu de racines de graminées à gazon.

Les cycles saisonniers sont les suivants: une génération par année pour hanneton européenne, scarabée, japonais (Simard *et al.*, 2009a). Et selon (Mme Mesbah, USTHB) les hannetons algérien ont un cycle de deux années, et les hannetons commun complété son cycle vital sur une période de trois ans (Simard *et al.*, 2009b).

7.1. Hanneton commun (*Phyllophaga anxia*)

Le cycle de développement du hanneton commun se fait sur 3 ans (ce cycle est plus court pour d'autres espèces, mais la larve passe toujours par 3 stade).

2 CHAPITRE I : LES VERS BLANCS

1ère année

- l'accouplement s'effectue durant le printemps, jusqu' au mois de juillet. Des paquets d'environ 50 œufs sont déposés dans le sol à une profondeur de 5 à 20cm environ, 10 jours après l'accouplement.
- Les œufs mettent environ 30 jours à éclore, et les individus passant par un premier stade larvaire durant lequel ils se nourrissent des champignons, de matière organique en décomposition et de radicelles.
- Vers la fin août, les larves effectuent un mur et atteignent un second stade larvaire, durant lequel elles continuent de se nourrir et s'enfoncent plus profondément dans le sol (jusqu'à 60cm) vers la fin de l'automne, où elles passent l'hiver.

2ème année

- Les larves se nourrissent jusqu'à la fin de juin, puis elles muent et amorcent le troisième stade larvaire. Durant ce stade, les larves se nourrissent toujours dans le sol, entre 5 et 25 cm de profondeur selon la culture, et sont alors les plus voraces. Quand les températures chutent elles s'enfoncent en profondeur pour passer l'hiver.

3ème année

- Les larves se nourrissent peu et effectuent leurs pupes durant le printemps et le début d'été.
- Chez les hannetons communs, les individus adultes formés à la fin de l'été, attendront dans le sol jusqu'à l'été prochain pour émerger et effectuer leur envol reproducteur. (Thomas Wibaux). (Figure 9)



Figure 9. Hanneton commun (*Phyllophaga anxia*) (www.jardindion.com)

7.2. Hanneton européenne (*Rhizotrogus majalis*)

Le hanneton européen effectue son cycle de vie généralement dans un an, toutefois un petit nombre va le compléter sur une période de deux ans. Fin juin ou début juillet, les hannetons adultes émergent du sol. À la tombée du jour, ils volent dans les arbres les plus hauts, la vie des adultes ne dure que deux semaines pendant cette période, ils s'accouplent et chaque femelle pond de 25 à 50 œufs sur le gazon (Labrie, 2013).

Quelques semaines plus tard (fin juillet, début d'août) les jeunes larve (1er stade larvaire) apparaissent et se nourrissent jusqu'à la deuxième ou troisième semaine du mois d'août. La deuxième stade larvaire s'étend de la mi-août à la mi-septembre environ, les larves passent ensuite au troisième stade larvaire. Avant la fin de l'automne, elles s'enfouissent dans le sol sous la ligne de gel pour passer l'hiver. Au printemps, elles remontent vers la surface pour se nourrir, vers la fin mai elles se transforment en nymphes et enfin les adultes font leur apparition au début de l'été (<https://m.espacepouurlavie.ca>).



Figure 10. Hanne-ton européenne (<https://m.espacepouirlavie.ca>)

7.3. Hanne-ton japonais (*Popillia japonica*)

Les scarabées japonais achèvent son développement du stade de l'œuf à celui de l'adulte en l'espace d'un an.

Les insectes hivernent dans le sol sous forme de larves.

En juillet, les adultes émergents du sol pour s'alimenter et s'accoupler contrairement aux hanne-ton, ils sont actifs pendant le jour. Les femelles dans le sol (40 à 60 œufs) et les larves apparaissent deux semaines plus tard. Elles se nourrissent des racines jusqu'à l'automne.

Le 1er stade larvaire commence vers mi-août et se termine vers le mi-septembre. Les larves passent ensuite au stade larvaire, puis subissent une mue au début d'octobre. Les larves du 3^{ème} stade s'enfouissent dans le sol pour l'hiver.

Au printemps suivant, les larves (3^{ème} stade larvaire) remontent à la surface pour s'alimenter. Elles se métamorphosent en nymphes vers la mi- juin puis en adultes vers le début de juillet. (Potter, 2002).



Figure 11. Scarabée japonais (*Popillia japonica*) (<https://générationnouvelles.net>)

7.4. Les vers blancs des céréales (*Geotrogus deserticola*)

Les recherches sur le cycle biologique en Algérie (Mme Mesbah, USTHB) ont montré que les larves maintenant dans les conditions de température et d'humidité contrôlées ont un cycle de deux années.

L'accouplement se fait au printemps à la surface de sol. La ponte qui commence deux à trois semaines après l'accouplement se déroule en trois à quatre jours. Au bout de trois semaines, la larve L1 apparaît, la larve s'alimente de racines de la culture (blé, orge, pois.....)

La première mue est observée au mois de septembre de 1ère année.

La larve L2 à des fortes exigences alimentaires, ce qui explique l'aggravation des dégâts observées au printemps qui suit l'émergence des adultes, la longévité de L2 peut dépasser une année.

La 2ème mue est observée au mois de septembre de la 2ème .La durée de vie de L3 est de six mois.

La nymphose dure un mois, à lieu en mars. L'émergence des nouveaux adultes (imagos) se fait au printemps (avril-mai) (Mesbah, 2002).



Figure12. Vers blanc des céréales (*Geotrogus deserticola*) (www.eol.org)

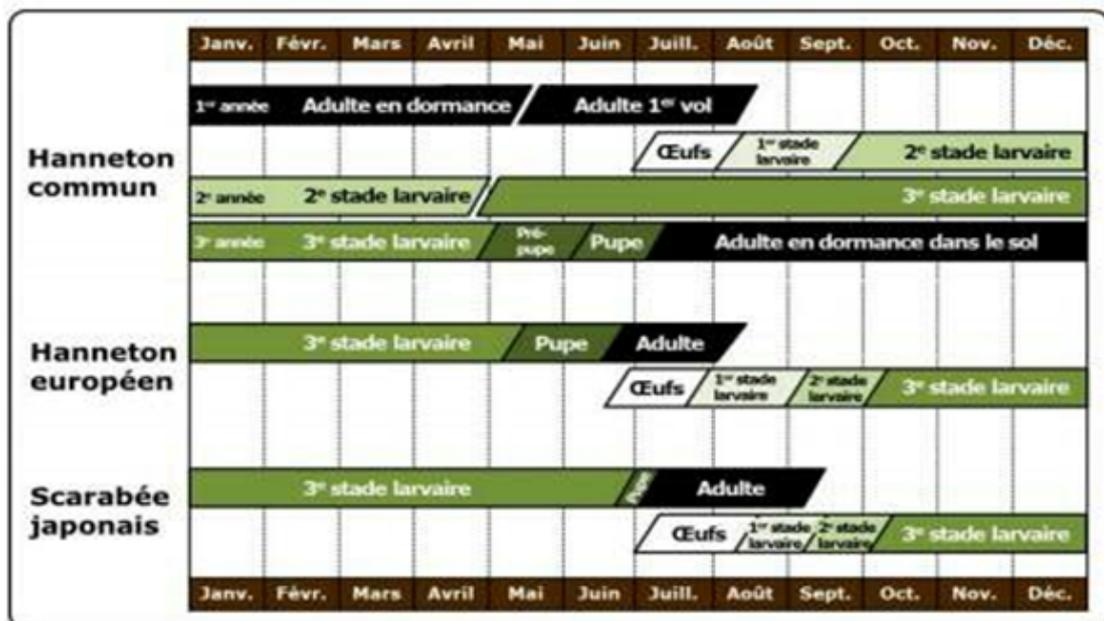


Figure 13. Cycles vitaux du hanneton commun, du hanneton européen et du scarabée japonais

(www.omafra.gov.on.ca)

1. la lutte biologique

L'utilisation de micro-organismes (bactérie, champignon) a connu un certain succès dans le contrôle des vers blancs.

1.1. les bactéries

Selon (Styling, 1993) plus d'une certaine des bactéries ont été identifiées connu ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique

Les bactéries entomopathogènes se retrouvent chez les bactéries sporogènes telle le Pseudomonadaceae (pseudomonas) et les Enterobacteriaceae (aerobacter, cloaca, serratia) et les bactéries sporogènes tels les Bacillaceae (bacillus, clostridium)

Environ une centaine espèces sont spécifiquement entomopathogènes (Vincent and Coderre, 1992)

Les bactéries sporogènes s'attaquant aux insectes sont plus spécifiques et spécialisées

Ce sont surtout des espèces de bacillus qui ont été étudiées telles *B.thuringiensis* sont virulentes contre les lépidoptères mais quelques souches toxiques aux diptères (*B.T.israelensis*) et aux coléoptères (*B.t.tenebrionis*) existent.

1.2. Les champignons entomopathogènes

La plupart des champignons entomopathogènes appartiennent à l'ordre des hypocreales.

Il existe entre 700 et 1000 espèces de champignons qui possèdent des effets pathogènes chez les insectes ravageurs agricoles(St Leger and Wang, 2010).

Les genres les plus souvent utilisés en lutte microbiologique sont *Beauveria*, *Metarhizium* et *Lecanicillium* (anciennement *Verticillium*) (Kovacevic *et al.*, 2015 ; Kreutz, Vaupel, and Zimmermann, 2004 ; Sevim *et al.*, 2010 ; Wegensteiner, n.d.), *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga*(Goettl & Roberts, 1992 ; Kamp and Bidochka, 2002)

3 CHAPITRE II : LA LUTTE CONTRE LES VERS BLANCS

Il ont été utilisés pour contrôler certaines espèces appartenant aux ordres Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, homoptera, Isoptera, et Diptera.

Selon (M. R. de Faria, de Faria, and Wraight, 2007), au total de 171 produits fongiques provenant de 12 espèces ont été identifiés et commercialisés partout dans le monde depuis les années 60. Quatre espèces sont particulièrement utilisées, soit *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (34%), *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (34%), *Isaria fumosorosea* wize (6%) et *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Petch (4%). Les D'Amérique du Sud sont en premier rang de l'utilisation des produits fongiques (42,7%), suivis par ceux de l'Amérique du Nord (20,5%), de l'Europe et de l'Asie (12,3 chacun).

Au Candida, quelques produits à base de champignons entomopathogènes sont actuellement commercialisés sous forme des bios pesticides pour contrôler les insectes en serre.

2. La lutte chimique

De nombreux tests de protection chimique des cultures contre les vers blancs.

Même pour ceux avec des produits modernes. les résultats sont difficiles à interpréter dû à une grande variabilité des sols, du climat, d'entomofaune.

Sur la base des travaux récents, on peut conclure qu'avec une molécule donnée les traitements de semences reviennent moins chers que les traitements de sol. Les traitements des semences sont mieux valorisés sous labour et les produits systémiques tels que l'imidaclopride. Sont plus efficaces cependant même les produits systémiques n'assurent pas une protection contre les attaques de multitudes d'adultes, ni contre les attaques tardives des racines par des larves (Ratnadass *et al.*, 2003).

Le recours au traitement de semences donne une alternative pour réduire l'impact des ravageurs sur la culture une telle utilisation ciblée de pesticides affecterait peut être moins le fonctionnement de l'écosystème de sol.

L'application répétée de certaines molécules par traitement de sol peut réduire le peuplement des prédateurs naturels de certaines espèces et influences la décomposition et la minéralisation des matières organiques en éliminant les vers de ter

3 CHAPITRE II : LA LUTTE CONTRE LES VERS BLANCS

3. La lutte agronomique

La lutte agronomique consiste à favoriser un développement correct et rapide de la plante afin de lui assurer une meilleure résistance aux attaques de ravageurs (date de semis, fumure équilibrée, labours de déchaumage, etc.). La lutte agronomique s'insère elle-même assez bien dans les activités de l'agriculteur mais n'est pas toujours efficace (www.nzdl.org).

1. Généralités sur les champignons

Les champignons ou plus justement les mycètes, forment ensemble d'un des cinq règnes du vivant regroupant de nombreuses espèces (www.futura-sciences.com) Avec près de 100.000 espèces décrites. Se sont des organismes eucaryotes uni ou pluricellulaires (Carip, Salavert, and Tandeau, 2015), aérobie stricte et rarement anaérobie (Tortora, Funke, and Case, 2003), ayant une structure tubulaire et filamenteuse (Nicklin *et al.*, 2000) avec une unité cellulaire de base appelée : Hyphe qui forme par multiplication le Mycélium.

Les champignons sont des hétérotrophes qui utilisent la digestion extracellulaire pour dégrader la matière organique qu'ils utilisent comme source de carbone et d'énergie (Hage, 2021). Leur reproduction s'accomplit en libérant des spores, produites soit par méiose c'est-à-dire de manière sexuée ou alors par mitose, de manière asexuée (Chollet, 2014).

Certaines espèces de champignons sont des parasites mais la plupart sont des saprophytes (www.nagwa.com), et aussi il existe un troisième type : les symbiotiques qui vivent en association avec d'autres organismes vivants (Carip, Salavert, and Tandeau, 2015) .

Les champignons peuvent être classés d'une part selon la complexité de l'organisme, distinguent les levures (champignons unicellulaires) et les Moisissures (champignons pluricellulaires à filaments) (Carip, Salavert, and Tandeau, 2015), et d'autre part selon le mécanisme de reproduction sexuée qui permette de les classer en quatre embranchements : les Zygomycota, les Chytridiomycota (les mycètes inférieurs), les Ascomycota et les Basidiomycota (les mycètes supérieurs) (Nicklin *et al.*, 2000) .

2. Les champignons entomopathogènes

2.1. Généralités

Les champignons entomopathogènes sont partie des facteurs clés dans la régulation des populations d'insectes en nature (Trudel, 2005). qui parasitent les insectes, les tuant ou les affaiblissant considérablement sont naturellement présent dans le sol et s'attaquent selon l'espèce et la souche, à diverses espèces d'insectes (www.agroscope.admin.ch)

2.2. Historique

Depuis une vingtaine d'années, les mises au point bibliographiques sur les travaux consacrés à la pathologie des insectes et à la lutte microbiologique ont été nombreuses, dans le cas particulier des champignons entomopathogènes (EPF).(Ferron, 1975)

Le premier EPF à été découvert et décrit par Agostino bassi (1773 - 1856) en 1835, provoquant la maladie de la muscardine blanche chez les insectes et ensuite été comme *Beauveria bassiana*(Balsamo).(Rechen *et al.*, 2005).

Quelques années plus tard, Elie Metchnikoff (1845 -1916) découvre la muscardine verte, une maladie fongique attaquant les insectes , induite par *Metarhizium anisopliae* (Zimmermann, Papierok, and Glare, 1995).

À la fin du XIXe siècle, la combinaison de ces découvertes et des connaissances révolutionnaire obtenues par le père de la microbiologie Louis pasteur (1822 -1895) à conduite à des essais expérimentant sur contrôle microbien (Lord, 2005).

Ces dernières années, dans un effort de domestication des EPF plusieurs souches ont été commercialisées .Néanmoins, reste leur vastes applications potentielles n'ont pas encore été découvertes.

4 CHAPITRE III : LES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

2.3. Systématique

La taxonomie des champignons entomopathogène (Entomopathogenic Fungi=EPPF) à connu un grand intérêt à partir des années 70 (Feng, Poprawski, and Khachatourians., 1994).

Selon la classification de Ainsworth les EPPF (1983) appartiennent au sous-taxon des Mastigomycotina, Zygomycotina , Ascomycotina et Deuteromycotina.

Le grand nombre des pathogènes se trouvent dans la classe des zygomycètes mais le plus utilisé en lutte biologique proviennent des Deutéromycètes (fungi imparfait) (tableau 1) (Roberts, 1987 ; Goettel, 1992).

Tableau 1: la taxonomie des champignons entomopathogènes (Culberson *et al.*, 1984)

Sous-taxon	Ordre	Famille	Genre
Mastigomycotina	Oomycetes	Lagenidiaceae	Lagenidium
	Chytridiomycètes	Blastocladiaceae	Coelomomyces
Zygomycotina	Entomophthorales	Entomophthoraceae	Entomophaga (et plusieurs autres genres)
Ascomycotina	Mucorales	Mucoroceae	Sporadiniella
	Clavicipitales	Clavicipitaceae	Cordyceps
	Hypocreales	Hypocreaceae	Cordycepioideus
	Laboulbeniales	Laboulbeniaceae	(plusieurs genres)
	Pleosporales	Podonectriaceae	Podonectria
Basidiomycotina	Septobasidiales	Septobasidiaceae	Septobasidium
Deuteromycotina pas de classification formel	Hyphomycetes		Verticillium Aspergillus Beauveria Metarhizium Sorospora

2.4. Exemples des champignons entomopathogènes

On a plusieurs souches des EPF mais les espèces des genres *Metarhizium*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Beauveria* sont les plus utilisées en lutte biologique (Wright et Roberts, 1987 ; Goettel, 1992).

2.4.1. *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae ou communément appelé "Mousseline vert" est l'un des champignons entomopathogènes qui peuvent être utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs (www.kampungputragro.com).

Cette sous-espèce a été décrite pour la première fois en 1879 par Metchnikoff (Tulloch, 1976).

Ces EPF ont été enregistrés comme agents microbiens et sont également en cours de développement commercial pour le contrôle biologique (Butt, Jackson, and Magan, 2001). (Voir figure 14)



Figure 14. Vers blancs parasitées par *Metarhizium anisopliae*. (www.kampungputraagro.com).

2.4.2. *Entomophthora muscae*

Champignon entomopathogène qui parasitent les mouches et provoque une maladie mortelle « momifiant », du cadavre figé s'échappe ensuite un halo blanc de spore qui peuvent contaminer d'autre mouche.

4 CHAPITRE III : LES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

En fait l'espèce *E.muscae* à été décrite en 1855 sur la mouche domestique et par la suite on a appliqué ce nom à tous les champignons de même s'attaquant à d'autre mouche (www.zoom-nature.fr). (Voir Figure 15).



Figure 15. Une mouche infectée par *Entomophthora muscae*. (www.biolib.cz)

2.4.3. *Hirsutella* sp

C'est l'un des EPF les plus importants et pourrait jouer un rôle dans la lutte contre les insectes nuisibles dans la nature.

Hirsutella comprend trois espèces importantes: *H.thompsonii*, *H.gigantea* et *H.alrifformis*. Ce genre a été l'un des membres le plus difficiles à identifier parmi tous les principaux genres d'entomopathologie fongique. (Reddy *et al.*, 2020) (Voir figure 16).



Figure 16. Insecte parasitée par *Hirsutella sp.*(www.ipmimages.org)

2.4.4. *Beauveria bassiana*

C'est une espèce de champignons qui vit naturellement au sol. Cet organisme vivant se comporte comme un parasite, il infecte différents groupes d'invertébrés (www.antibioprotectio.com).

En Algérie, les premières études appliquées sur EPF *Beauveria bassiana* comme agent de lutte biologique, ont été faites par Chahbar en 1996 et Halouane en 1997. Il peut être utilisé contre différents insectes ravageurs. (Chahbar *et al.*, 2015). (Voir figure 17).



Figure 17. *Beauveria bassiana* sur le corps d'insectes infectés. (www.globalcitizenyear.org)

1. Généralités

Le champignon *Beauveria bassiana* est un mycète filamenteux naturel initialement décrit par Beauverie en 1911 sous le nom de *Botrytis bassiana*. Le genre a été établi par Vuillemin (1912) et appartient à la classe des deutéromycètes et à l'ordre des hyphomycètes (Subramanian, 1983)

C'est un champignon cosmopolite et ubiquiste qui peut être isolé à partir d'insectes, d'ascaris et du sol (Fuxa Et kunimi, 1997), sa reproduction est principalement asexuée (Devi *et al.*, 2006)

Selon (Viaud *et al.* 1996), *B.bassiana* a un génome de taille variant entre 34.3 et 44.1 Mb (ADNr 28), Il a un spectre d'hôte très large et diversifié, il affecterait plus de 750 espèces d'insectes (Inglis *et al.*, 2001) et certaines espèces d'ascaris (Santa *et al.*, 2005)

Ce champignon croît et sporule sur une large variété de milieux de culture et peut être conservé à des températures de 5° à 8°C sans toutefois perdre sa viabilité et sa capacité de sporulation (Tong-Kwee *et al.*, 1989).

B. bassiana est considéré comme l'un des micro-organismes entomopathogènes ayant un potentiel d'agent de lutte biologique contre les insectes nuisibles (Starnes, Liu, and Marrone, 1993). Ce champignon a l'avantage de ne pas faire partie des agents pathogènes dangereux pour l'homme et pour les animaux à sang chaud (Tong-Kwee *et al.* , 1989 ; Bridgman, 1991).

2. la morphologie

Les espèces des *Beauveria* produisent des colonies cotonneuses blanches à jaunâtre (fig.18).



Figure 18. Les colonies de *B.bassiana* (www.indiamart.com)

Les conidies ou les spores (figure 19A) sont soutenues par de long filament en zigzag qui sont des hyphes transparents et septaux (figure 19B) avec un diamètre de 2.5 à 25 μ m.

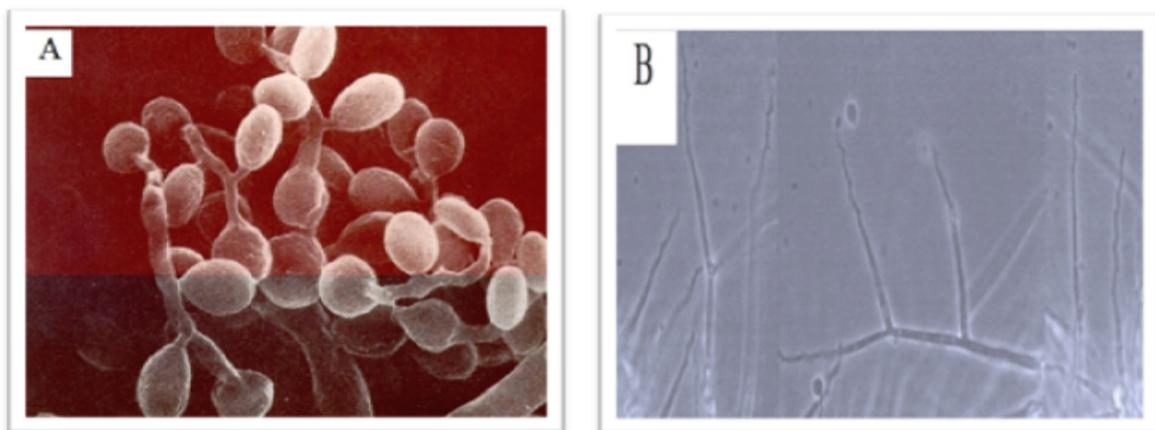


Figure 19. A:les spores de *Beauveria bassiana* (Kouassi, 2001)

B: Hyphes et mycélium de *Beauveria bassiana*

5 CHAPITRE IV : *BEAUVERIA BASSIANA*

Les conidies sont produites sur des épis courts, donnant aux cellules conidiogènes un aspect épineux.

En présence d'air (aérobie) : le champignon produit des conidiospores de forme sphérique de 1-4 μm de diamètre ou ovale de 1.55-5.51-3 μm d'envergure.

En absence d'air (anaérobie) : il produit des blastospores de forme ovale de 2-3 μm de diamètre et 7 μm de longueur, les blastospores sont aussi infectieux que les blastopores sont aussi infectieux que les conidies (Weiser, 1972; Lipa, 1975).

3. la position systématique

De Kouassi (2001) rapporte que la classification la plus complète de *Beauveria bassiana* est celle (Mugnai, Bridge, and Evans, 1989) (tableau 2) et qu'elle serait issue d'études morphologiques et de tests enzymatiques.

Tableau 2. La classification de *Beauveria bassiana* (Mugnai, Bridge, and Evans, 1989)

Embranchement :	Mycètes
Classe :	Deutéromycètes
Ordre :	Hyphomycètes
Famille :	Moniliaceae
Genre :	<i>Beauveria</i> (Beauverie 1911)
Espèce :	<i>Beauveria bassiana</i> (Vuillemin 1912)

4. le processus d'infection de *Beauveria bassiana*

En général, les champignons entomopathogènes tuent les hôtes qu'ils infectent, À titre d'exception ils peuvent parfois juste réduire leur activité métabolique (Moore *et al.*, 1993).

Ces pathogènes naturelles sont par ailleurs plus efficace lorsque l'insecte stressés par le manque de nourriture ainsi que par les blessures mécanique ou chimiques (Vago, 1963), ils sont également très efficace lorsque les populations d'insectes cibles sont très denses, comme dans une culture lorsqu'il y a pullulation de ravageurs, mais avant tout l'état du système immunitaire des insectes qui va fortement influencer la toxicité des ces entomophages.

Contrairement aux autres micro-organismes, ils sont capables d'infecter les insectes directement par pénétration à travers la cuticule (Moore *et al.*, 1993).

La pénétration des spores qui varie selon le degré de contamination et l'épaisseur de la cuticule de l'hôte parce que la cuticule des insectes est la première barrière à laquelle les champignons entomopathogènes sont confrontés lors de la colonisation de leur hôte (Trudel, 2005), C'est pour ça que les spores fongiques germent et percent la cuticule de l'insecte par dégradation enzymatique et pression mécanique pour pénétrer dans le corps de l'insecte.

Le mode d'infection des champignons entomopathogènes se divise en quatre étapes distinctes : l'adhésion, la germination, la pénétration, la multiplication et la dissémination (figure 15) (Ferron *et al.*, 1991).

4.1. Adhésion

Les spores des champignons entomopathogènes sont habituellement couvert de mucus composés de protéines et de glucanes, ce qui facilite leur attachement à la cuticule de l'insecte (Augustyniak-Kram and J, 2012).

Cette phase caractérisée par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des spores avec les cellules tégumentaires de l'insecte, elle se scinde en deux étapes distinctes: la première passive est la fixation sur la cuticule, réalisé grâce à des forces hydrophobes et électrostatique ; la seconde active est caractérisé par la production d'un mucilage qui va engendrer une modification épicuticulaire aboutissant à la germination (Meikle *et al.*, 2006).

4.2. Germination

La germination des spores dépend à la fois de la température et de l'humidité du milieu, ainsi que sur les substances nutritives contenues dans celles-ci (Samuels, Pinnock, and Bull, 1990).

Lorsque les conditions sont favorables, les spores commencent à germer en formant une des structures spécifiques, soit un tube germinatif ou un appressorium. Un appressorium est formé à l'extrémité du tube germinatif, lequel sert de point d'ancrage facilitant ainsi la pénétration (Leger *et al.*, 1990).

4.3. Pénétration

La pénétration s'effectue par perforation de l'épicuticule, par les voies somatiques ou tous autres orifices naturels, grâce à diverses enzymes (protéase, lipase, chitinases). Les composés issus de la dégradation de la chitine permettent la croissance du tube germinatif du champignon qui croît à travers la procuticule, puis tout le corps de l'insecte (Hajek et St. Leger, 1994).

4.4. Dissémination

La colonisation de l'hôte se fait lorsque le champignon parvient à surmonter les mécanismes immunitaires de défense de l'insecte (Boman and Steiner, 1981) et envahir l'hémolymphe (Ferron *et al.*, 1993). A la mort de l'insecte le champignon produit un ATB : Oosporin 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 intersegmentaire puis le recouvre d'un feutrage mycélien blanc cotonneux qui va amorcer la formation des conidiospores (Weiser, 1973).

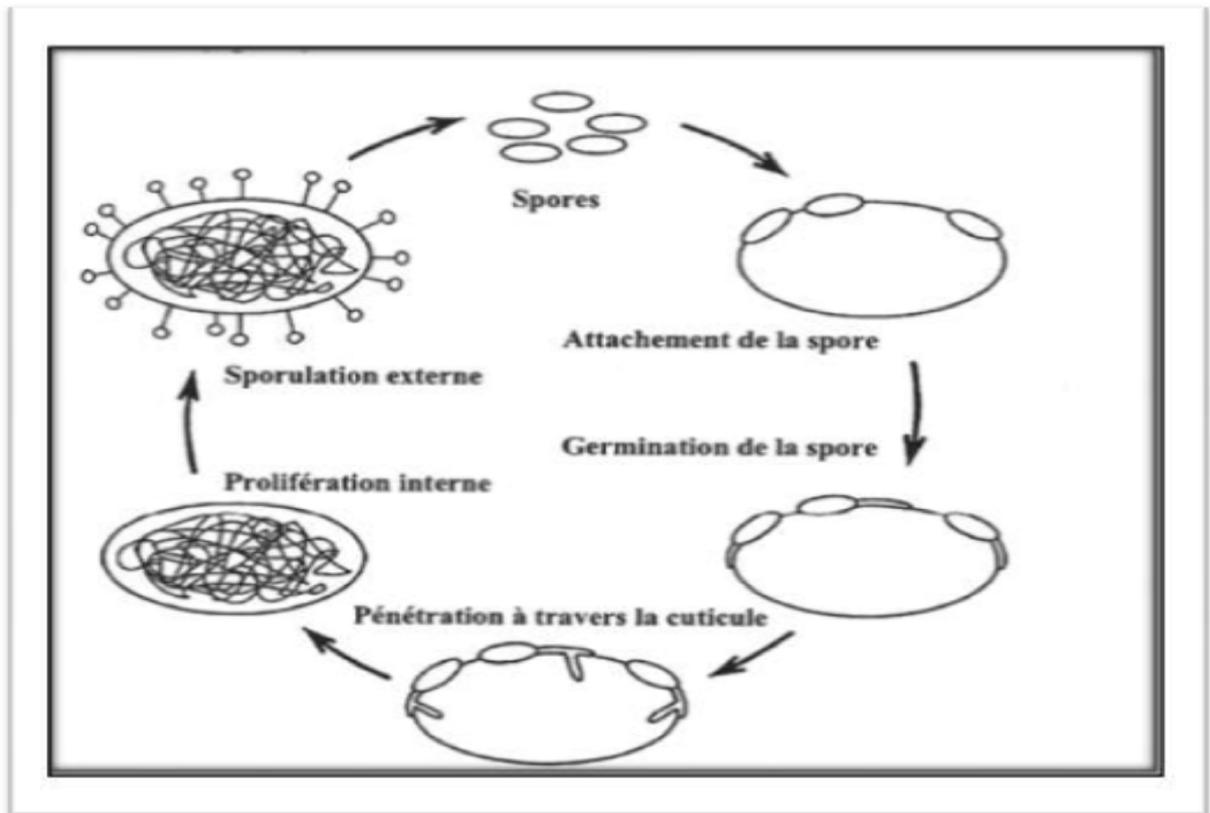


Figure 20. Schéma de cycle biologique de *Beauveria bassiana* (Ferron *et al.*, 1991)

5. Les facteurs environnementaux influençant l'infection par les champignons entomopathogènes

Comme tous les autres champignons asexués (champignons imparfaits), *B. bassiana* forme des conidies qui sont stables dans l'environnement et comporte une étape d'infection dans leur cycle de développement. Pour passer à l'étape infectieuse, les conidies exigent des conditions particulières, des substrats appropriés, ainsi que des conditions abiotiques spécifiques, notamment la température, pH, lumière et l'humidité (Arthurs et Thomas, 2001 ; Carruthers et hural, 1990 ; (Fargues *et al.*, 1997 ; James *et al.*, 1995 ; Mishra, Kumar, and Malik, 2015 ; Sivasankaran *et al.*, 1998)

En effet, Steinkraus et Slaymaker, 1994 ont montré que la température et l'humidité relative avaient une influence sur la capacité de germination de certains champignons entomopathogènes. L'exposition de la lumière lors de la production de *B. bassiana* pourrait interférer avec les propriétés physiologiques de ce dernier.

Zhang *et al.*, (2009) ont remarqué que, en présence de la lumière, il y avait un changement au niveau de la morphogénétique que, de *B.bassiana*. De plus, pour produire des conidiospores.

5.1. Température

La température est un élément qui influence la production des conidies

La croissance du champignon *B.bassiana* sera ralentie lorsque la température est défavorable (Roberts et Hajek, 1992). La température optimale de croissance peut varier en fonction des besoins spécifiques de chaque isolat (Sato *et al.*, 1993).

Shimazu, 2004 mentionnait que la température optimale pour la croissance des champignons entomopathogènes pouvait dépendre de leur origine géographique. Par exemple, les isolats de *B.bassiana* isolés de régions plus chaudes avaient des taux de croissance plus élevés à 30°C que ceux provenant de zones plus froides.

La production de conidies de *B.bassiana* sur des cadavres de la punaise hématophage, *Rhodnius prolixus* (stal), un vecteur de la maladie chagas, étaient optimale à la température variant 15 et 25°C, mais diminuait entre 28 et 30°C et était nulle à une température supérieure à 35°C (Luz et Fargues, 1998). De plus, la germination des conidies était maximale à des températures variant entre 25 et 30°C, et le processus était retardé aux températures 15 et 35°C (Luz et Fargues, 1997).

Parker *et al.*, (2003) ont étudié les effets de trois genres de champignon Entomopathogènes, *Beauveria*, *Lecanicillium* et *Paecilomyces*. Ils ont aussi observé qu'aucun isolat ne peut croître à 35°C puisqu'il n'y avait aucun développement d'hyphes.

Il n'y a que quelques champignons qui peuvent croître à une température supérieure à 32°C (Devi *et al.*, 2005).

De façon générale, les isolats de *B.bassiana* poussent à une température optimale se situant près de 25°C selon Feng *et al.*, (1994), mais varierait entre 20 et 35°C selon Iskandarov *et al.*, (2006). Arcas *et al.* (1999) indiquaient qu'ils produisaient leur suspension de spores de *B.bassiana* à une température de $26 \pm 1^\circ\text{C}$ sur une gélose sabouraud glucosée (SDA, Sabouraud Dextrose Agar).

5.2. Humidité

L'humidité joue un rôle essentiel pour la germination, l'infection et la sporulation des champignons entomopathogènes (Glare et Milner, 1991 ; Luz et Fagues, 1998 ; Sivasankaran *et al.*, 1998).

Cependant, des études montrent que des isolats de *B.bassiana* peuvent croître dans des conditions plus arides.(Fargues *et al.*, 1997) et (M. Faria and Wraight, 2001) ont démontré que l'humidité existante dans le microenvironnement de la surface de la cuticule d'insectes était suffisante pour permettre la croissance de certains isolats de *B.bassiana*.

Par contre, en conditions *in vitro*, l'humidité des milieux solides semble être un facteur important qui affecte la croissance des hyphes et la consommation des nutriments par les champignons (Jenkins *et al.*, 1998).

Selon cette dernière étude, la germination des conidiospores, l'expansion de l'appressorium et l'infection de la plupart des champignons entomopathogènes exigent au moins 95% d'humidité relative (Hallsworth and Magan, 1999).

Les conidies de *B.bassiana* et de *M.anisopliae* ne peuvent germer que si l'humidité relative est supérieure à 92% (Walstad *et al.*, 1970).

Par contre, d'autres études démontrent différents taux d'humidité pour la croissance d'isolats de *B.bassiana*, notamment 75% (Barranco-Florido *et al.*, 2002), 85% (Mondal et Bhattacharya, 2004) et 90% (Devi *et al.*, 2005).

La production des conidies semble aussi dépendre du volume d'eau ajoutée dans les milieux de culture (Devi *et al.*, 2005).Selon Jenkins *et al.*, (1998), le taux d'humidité requis pour une production de masse des champignons entomopathogènes devrait se situer entre 35 et 60%. Prakash *et al.*, (2008) ont réalisé une étude sur la teneur en eau de trois céréales, le riz, l'orge et le sorgho, utilisés pour la production de *M.anisopliae*. Ainsi, les valeurs moyennes observées étaient respectivement de 22,2, 73,2 et de 75,7%. Ils indiquaient que lorsque l'humidité était très élevée dans le substrat, cela facilitait la récolte des conidies. L'eau seule ne cause pas un grand impact sur la production des conidiospores.

Cependant, la logique voudrait que les différents substrats utilisés pour la production de champignons requièrent des volumes différents d'eau et que la production optimale de conidies dépende principalement des isolats, des volumes d'eau et des substrats utilisés.

5.3. pH

Le pH du sol est considéré comme un des facteurs majeurs qui influence la persistance et l'efficacité de la virulence des champignons entomopathogènes (Inglis *et al.*, 2001).

Parmi les différents facteurs abiotiques pouvant influencer la croissance des champignons entomopathogènes, le rôle du pH et de sa conductivité ionique est le moins bien compris. Il y a des rapports contradictoires de l'effet du pH sur la survie, la distribution écologique et la virulence des champignons entomopathogènes.

Un phénomène correspondant à une inhibition biologique de la germination de certaines spores fongiques dans le sol.

Ce phénomène est souvent associé à l'activité d'agents entomopathogènes comme *B.bassiana* et agirait par compétition trophique ou par antibiose. Dans le cas de *B.bassiana*, la relation significative existe entre le pH du sol et les niveaux de la fongistase qui a augmenté exponentiellement lorsque le pH augmente.

Une grande variation du niveau de pH a été notée lors de la production des isolats de *B.bassiana*. Ainsi, certains auteurs indiquent que la production a été réalisée à un pH variant entre 5 et 6 (Tarocco *et al.*, 2005), entre 6 et 8,5 (Galani, 1988) et 10 et plus (Shimazu and Sato, 1996).

Les résultats montraient que la production de conidies sur riz était maximale à un pH de 7,01, sur sorgho à pH 7,06 et sur l'orge à pH de 6,76. De façon générale, plusieurs isolats de *B.bassiana* montrent une préférence pour les milieux contenant le pH du légèrement acide au pH alcalin (Padmavathi *et al.*, 2003).

5.4. La lumière ultraviolette

L'exposition au rayonnement solaire représente un obstacle majeur à la survie des conidies dans l'environnement. Le spectre solaire contient un rayonnement électromagnétique à différentes longueurs d'onde (mesurée en nanomètres, nm).

La lumière ultraviolette (UV) se produit à trois spectres différents: (UVC, UVB, UVA).

Les conidies sont très sensibles aux UVB. Les dommages causés par la lumière UV sont dus aux photos réactions des acides nucléiques, des protéines, des lipides, et des membranes (Tevini, 1993).

L'exposition sublétales au rayonnement UV peut provoquer des altérations physiologiques ou génétiques qui réduisent la virulence, par exemple, réduire et retarder la germination (Hunt *et al.*, 1994; Braga *et al.*, 2001a).

Par exemple, réduire et retarder la germination ut et al., 1994; La pigmentation des conidies influence souvent la sensibilité au rayonnement solaire, les conidies les plus pigmentées sont généralement plus tolérantes au rayonnement UV (Ignoffo et Garcia, 1992; Fargues *et al.*, 1996 ; Braga *et al.*, 2006).

Plusieurs méthodes artificielles ont été étudiées pour protéger les conidies du rayonnement UV. Ceux-ci impliquent l'utilisation d'écrans solaires qui agissent comme inhibiteurs en réfléchissant le rayonnement (par exemple, les azurants optiques tels que Tinopal ou UVA / UVB absorbants (par exemple, des colorants comme le rouge Congo).

Inglis *et al.*, (1995) ont testé 21 écrans solaires dans des formulations d'huile ou d'eau en laboratoire et sur le terrain ; il a signalé que certains écrans solaires ont augmenté la survie de *B.bassiana*.

Les pigments naturels contenus dans les huiles végétales utilisées dans les formulations peuvent aussi protéger les conidies en bloquant le rayonnement solaire (Braga *et al.*, 2001b). De même, les contraintes sublétaux (nutritionnel, osmotique, etc.) Peuvent améliorer la tolérance des conidies au rayonnement solaire (Rangel *et al.*, 2008)

1. Résumé

Beauveria bassiana (Bals.) a été isolé à partir de vers blancs de *Brahmina coriacea* (Hope) échantillonnés dans des champs de pommes de terre situés dans les hautes collines de l'Himachal Pradesh. Pour produire une quantité adéquate d'inoculum de bonne qualité, cinq substrats, à savoir : des grains de maïs, grains d'avoine, grains de riz, grains de sorgho et son de blé ont été utilisés. Après 6 semaines d'inoculation, le maïs s'est avéré être le meilleur milieu produisant une croissance linéaire maximale dans les tubes à essai (9,0 cm), suivi par l'avoine (8,33 cm) et le riz (6,16 cm). Pour l'application sur le terrain, la culture de *B. bassiana* a été multipliée en masse sur des grains de maïs écrasés dans des sacs en polypropylène. En l'espace de 20 jours, une croissance abondante de *B. bassiana* était évidente, ce qui a entraîné une production de $6,15-8,01 \times 10^8$ spores/g à $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Deux isolats de *B. bassiana* provenant des régions de Shillaroo et de Kheradhar en Himachal Pradesh ont été comparés à la culture Bangalore obtenue de Pest Control India Limited. L'isolat de Shillaroo a donné le contrôle maximum des vers blancs. La protection de la pomme de terre contre les vers blancs était supérieure de 32,96 % à celle du témoin, mais la souche Bangalore offrait une protection de 15,74 % par rapport au témoin. . Le site population de vers blancs de *B. coriacea* a presque doublé (113 vers blancs/10 plantes) dans les parcelles traitées avec l'isolat de Bangalore par rapport aux parcelles traitées avec l'isolat Shillaroo (62 vers blancs/10 plantes). Dans le témoin, 151 larves/10 plantes, ont été enregistrées.

2. Matériel et méthodes

2.1. Isolement de *B. bassiana* à partir de vers blancs

B. bassiana a été isolé à partir des vers blancs malades de *B. coriacea* dans les champs de pommes de terre. Les vers blancs malades présentaient une croissance mycélienne blanche sur leur corps et ces larves ont été collectées dans des flacons à bouchon à vis et apportés au laboratoire pour l'isolement du champignon.

Les larves infectées par le champignon ont été stérilisées en surface en les immergeant dans une solution d'hypochlorure de sodium à 5% pendant 2 minutes, puis rincées trois fois avec de l'eau distillée stérile dans des conditions aseptiques.

6 ANALYSE D'ARTICLE

Le spécimen stérilisé a été ouvert dans une boîte de Pétri stérile et une petite partie du tissu infecté a été étalé sur des plaques de gélose dextrose de pomme de terre (PDA). Les plaques de géloses ont été conservées à $26 \pm 1^\circ\text{C}$.

2.2. Culture de *B. bassiana*

Au départ, cinq substrats : grains de maïs, grains d'avoine, grains de riz, grains de sorgho et son de blé ont été utilisés pour la production d'une quantité adéquate d'un inoculum de bonne qualité de *B. bassiana*.

Les grains écrasés ont été bien lavés et trempés pendant une nuit dans de l'eau. Après 24 heures, l'excès d'eau a été évacué.

et chaque tube à essai contenant les grains trempés a été bouché avec du coton non absorbant. Les tubes à essai ont été autoclavés à 121°C ($1,1 \text{ kg/cm}^2$) pendant 20 minutes et refroidis à température ambiante.

Après l'inoculation des tubes à essai avec la culture du champignon, tous les tubes à essai ont été incubés à $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Après 7 jours, la croissance verticale du champignon a été mesurée à l'aide d'une échelle et les données ont été enregistrées à un intervalle hebdomadaire jusqu'à une période de six semaines.

Les études en tube à essai sur la multiplication de *B. bassiana* ont indiqué la supériorité des grains de maïs par rapport aux autres substrats testés. Par conséquent, les grains de maïs ont été utilisés pour la production en masse de *B. bassiana* dans des sacs en polypropylène. Les grains de maïs (1 kg) ont été écrasés et mis dans des sacs en polypropylène autoclavables.

Les grains ont été trempés pendant une nuit et l'excès d'eau a été évacué le jour suivant. Du carbonate de calcium (3g) et du sulfate de calcium (3g) ont été ajoutés et mélangés correctement aux grains. L'extrémité ouverte du sac a été passée dans un anneau en PVC et fermée avec un bouchon de coton non absorbant. Ces sacs ont été autoclavés à 121°C pendant 20 minutes. Les sacs ont été inoculés avec la suspension fongique, rebouchés et incubés pendant 20 jours à $26 \pm 1^\circ\text{C}$ pour la production de conidies aériennes.

2.3. Application de *B. bassiana* contre le ver blanc de la pomme de terre

Les essais sur le terrain de *B. bassiana* ont été effectués sur pommes de terre plantées en été et cultivées à la Potato Station de développement de la pomme de terre, Shillaroo. La variété était Kufri Jyoti et la taille des parcelles était de 12 m²

L'espacement était de 20 ×60 cm entre les plantes et les rangs, respectivement. Chaque traitement a été répété cinq fois. Aucun engrais ni pesticide n'a été utilisé et la culture a été faite de manière biologique. En plus des souches Kheradhar et Shillaroo la poussière de *B. bassiana* fournie par Pest Control India Ltd. Bangalore a également été testée. Les tests ont été 10¹⁴ spores/ha. La culture du champignon a été mélangée à du FYM et pulvérisée dans le champ au mois de juin.. Après l'application, la mise à la terre a été faite pour assurer le bon mélange du champignon dans le sol.

La culture a été récoltée en septembre. Au moment de la récolte, les tubercules sains et les tubercules infestés par le champignon blanc ont été séparés Les pourcentages de tubercules infestés par le ver blanc ont été calculés sur la base du nombre et du poids. Les données sur nombre de vers blancs ont été enregistrées/10 plantes. Dans chaque parcelle, 10 échantillons ont été prélevés pour enregistrer la population de vers blancs. Les données ont été analysées par RBD à l'aide du logiciel CPCS pour analyser les données.

3. Résultat

3.1. Évaluation de différents substrats pour la production de masse de *B. bassiana*

Dans la présente étude, cinq substrats couramment disponibles son de blé, le sorgho, le riz, l'avoine et les grains de maïs ont été évalués afin de trouver un milieu approprié et bon marché pour la production de masse de *B. bassiana*.

Les données relatives à la croissance et à la multiplication du champignon dans différents milieux ont été enregistrées jusqu'à 6 semaines et les grains de riz, l'avoine et les grains de maïs ont été u appropriés pour sa multiplication.

Il n'y a pas eu de croissance de *B.bassiana* dans les tubes à essai de sorgho et de son de blé.

6 ANALYSE D'ARTICLE

Après 2 semaines d'inoculation, *B. bassiana* a produit une croissance de 0,50-0,66 cm dans les autres substrats testés, mais une croissance appréciable a été remarquée après trois semaines et la croissance linéaire du champignon dans les tubes à essais a été de 4,83 à 6,3 cm.

Après 4 semaines d'inoculation, il y avait peu de croissance supplémentaire dans le riz et de l'avoine (5,16-5,66 cm). Cependant, dans le cas du maïs, la croissance a été enregistrée à 8.36 cm.

De même, après 5 semaines, il y a eu une augmentation progressive de la croissance fongique sur les grains de riz, d'avoine et de maïs, avec une croissance de 6,03, 7,66 et 8,86 cm respectivement.

Après 6 semaines, le maïs s'est avéré être le meilleur milieu produisant une croissance maximale, suivi par l'avoine et le riz. La croissance maximale a été enregistrée sur le maïs (9,0 cm) par rapport à 6,16 et 8,33 cm dans le riz et l'avoine, respectivement (Tableau 3).

L'intégralité de grains de maïs étaient entièrement couverts de mycélium blanc du champignon.

Tableau 3. Évaluation de différents substrats pour la multiplication en masse de *B. bassiana*

Substrat	Croissance linéaire du champignon (cm) après les semaines indiquées					
	2	3	4	5	6	Moyenne
- Grains de sorgho	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)
- Son de blé	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)	0.0 (1.0)
- Grains de riz	0.06 (1.03)	4.83(2.43)	5.16 (2.53)	6.03 (2.66)	6.16 (2.70)	4.45 (2.27)
- Grains d'Avoine	0.66 (1.26)	5.10 (2.46)	5.66 (2.53)	7.66 (2.96)	8.33 (3.06)	5.48 (2.46)
- Grains de maïs	0.50 (1.20)	6.30 (2.70)	8.36 (3.06)	8.86 (3.16)	9.0 (3.20)	6.60 (2.66)
-Moyenne	0.24 (1.10)	3.24 (1.92)	3.84 (2.02)	4.51 (2.16)	4.70 (2.19)	

Les chiffres entre parenthèses sont des transformations en racine carrée CD (P = 0,05) Média : (0,11) Temps : (0,11) Média × Temps : (0,26)

6 ANALYSE D'ARTICLE

3.2. Production massive de *B. bassiana* sur les grains de maïs

Pour l'application au champ, les souches Shillaroo et Kheradhar de *B. bassiana* ont été multipliées en masse en laboratoire sur des grains de maïs écrasés dans des sacs en polypropylène.. Il y avait une multiplication uniforme des champignons dans les sacs et une croissance nette du champignon a été observée en une semaine.

Après 2 semaines, les grains de maïs étaient complètement recouverts par le champignon..

En 20 jours, une très bonne production de biomasse de *B. bassiana* était évidente et a récolté $8,01 \times 10^8$ spores/g et $6,15 \times 10^8$ spores/ g pour les souches Shillaroo et Kheradhar, respectivement, après une incubation à $26 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 20 jours.

3.3. Évaluation au champ de *B. bassiana* contre les vers blancs de la pomme de terre

L'évaluation sur le terrain de *B. bassiana* a été tentée avec une masse de culture limitée multipliée sur des grains de maïs.

Deux isolats de *B. bassiana* provenant de Himachal Pradesh ont été comparés à un produit commercial de *B.bassiana* fourni par PCI Ltd, Bangalore et la différence dans leur efficacité contre les vers blancs de *B. coriacea* était clairement visible (Tableau 2).

L'isolat Shillaroo de *B. bassiana* a donné le contrôle maximum des vers blancs .Les dommages moyens aux tubercules sur la base du poids ont été enregistré 32,96 %. Sur la base de nombre, les dommages aux tubercules était de 31,41 %. La souche Kheradhar s'est avérée statistiquement moins efficace que l'isolat de Shillaroo.

les dommages résultant sur les tubercules sur la base du poids et du nombre de tubercules ont été enregistrés comme étant de 44,03 et 41,34%, respectivement.

La poussière de *B. bassiana* fournie par PCI Ltd , Bangalore n'a pas contribué de manière significative à la lutte contre les vers blancs

Sur la base du poids, les dommages aux tubercules 50,3%, et en nombre, l'infestation des tubercules était en moyenne de 47,8%.

6 ANALYSE D'ARTICLE

Dans le témoin, l'infestation des tubercules en poids et en nombre a été 59,7 % et 56,98 %, respectivement.

Des variations considérables ont été observées dans la population de larves dans les traitements et le témoin.

Un minimum de larves a été observé (62/10 plantes) dans les parcelles traitées avec l'isolat Shillaroo. et une population maximale (151 vers blancs/10 plantes) dans les témoins.

Dans les parcelles traitées avec souches Bangalore et Kheradhar de *B. bassiana*, On a observé que la population de vers blancs était respectivement de 86 et 113 vers blancs/10 plantes, respectivement.

Le taux d'infection des vers blancs était de 11,2% avec la souche Shillaroo suivi par 2,83% avec la souche Kheradhar. Un très faible taux d'infection en conditions de terrain (0.88%) a été observé avec la souche Bangalore de *B. bassiana*. Dans le témoin, 0,86% des arbustes blancs présentaient une Infection naturelle de *B. bassiana*.

Tableau 4. Infestation de vers blancs dans la pomme de terre et leur abondance dans les parcelles traitées et témoins

Traitements	Infestation de vers blancs (%)				
	Base De pois	Base de nombre	nombre de vers / 10 plantes	nombre de vers mycosées	Mycoses
B.bassiana (souche de Shillaroo)	32.96	31.41	62	7	11.29
B.bassiana (souche de Kheradhar)	44.03	41.34	86	2	2.33
B.bassiana (souche de Bangalore)	50.3	47.81	113	1	0.88
Témoin	59.7	56.98	151	1	0.66
CD (P = 0.05)	8.88	7.56	-	-	-

4. Discussion

Le sorgho, le son de blé, l'avoine, le riz et le maïs ont été évalués afin de sélectionner les milieux appropriés pour la production de masse de *B. bassiana*.

Il n'y a pas eu de croissance du champignon sur le son de blé et les grains de sorgho. (Silva, da Silva, and Loch , 1987) ont également rapporté la moindre production de *Nomurea rileyi* sur le sorgho, ce qui corrobore nos résultats.

Une bonne croissance de *B. bassiana* a été observée sur des grains de riz , d'avoine et de maïs écrasés. Le champignon a montré une croissance mycélienne maximale sur les grains de maïs écrasés et il y avait des différences significatives en matière de croissance par rapport aux grains d'avoine et de riz.

Dans une période de 3 semaines, plus de 75 % des grains étaient couverts de champignons dans les études en tubes à essai. La croissance plus élevée de dans le cas des grains de maïs peut être attribuée à la grande surface de chaque grain après le refroidissement, qui a gonflé jusqu'à atteindre une taille plus importante.

Les grains de maïs trempés nuit dans l'eau ont montré une augmentation considérable du volume par rapport aux grains d'avoine et de riz.

Muller Kogler, 1967 a également suggéré que le nombre de spores par unité de poids du mycélium est lié à la surface du milieu de culture.

Vyas *et al.*, 1991 ont également trouvé du maïs brisé trempé dans l'eau comme substrat pour la multiplication de *B. brongniartii*.

Sharma *et al.*, (1999) ont utilisé plusieurs céréales pour la multiplication massive du champignon et ont trouvé que les grains broyés pour *Metarhizium anisopliae* et le niébé entier pour *Beauveria* niébé entier pour *Beauveria sp.*

Une bonne sporulation de *M. anisopliae*, de *B. bassiana* et de *B. brongniartii* se produit sur tous les supports céréaliers, mais le bajra, le sorgho et le maïs ont été les meilleur pour

6 ANALYSE D'ARTICLE

M. anisopliae et niébé comme meilleur support pour la multiplication massive de *B. bassiana* et *B. brongniartii* (Sharma *et al.*, 2002).

A Solan, le riz par bouillie a été trouvé le meilleur pour la multiplication de *B. brongniartii*, suivi de SDAY et le riz trempé dans l'eau (Khagta, 2006).

Puisque la croissance maximale du champignon a été observée sur des grains de maïs écrasés dans des tubes à essai, sa production en masse a été réalisée sur des grains de maïs.

L'inoculation de la culture pure a été faite dans des grains de maïs pré-trempés et autoclavés dans des sacs en polypropylène.

Dans une période d'environ 2 semaines, les grains de maïs entiers ont été uniformément couverts par le champignon à une température de $26 \pm 1^\circ\text{C}$.

Après une incubation de 20 jours, $8,01 \times 10^8$ et $6,15 \times 10^8$ spores/g ont été récoltées et le champignon était prêt à être utilisé sur le terrain. Khagta, 2006 a également récolté $7,278 \times 10^8$ spores/g après incubation à $26 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 15 jours.

Par conséquent, pour production de masse de *B. bassiana*, presque n'importe lequel des trois substrats disponibles peut servir de milieu approprié.

Cette technologie de production de masse utilisant des grains de maïs est plus acceptable pour une industrie de type artisanal dans des états comme Himachal Pradesh, où les grains de maïs sont facilement disponibles à un coût minimal.

L'évaluation en plein champ de *B. bassiana* a été tentée avec une culture limitée, multipliée en masse sur des grains de maïs.

La pomme de terre a été semée dans la deuxième semaine d'avril ; Cependant, la culture du champignon a été appliquée au sol dans la troisième semaine de juin.

Cette application retardée a été planifiée juste pour faire coïncider le moment de l'application avec stade sensible de l'hôte.

Robert et Yendol, 1971 ont rapporté que le moment de l'application de l'insecticide microbien doit coïncider avec la présence de stade sensible du ravageur. ils ont également

6 ANALYSE D'ARTICLE

Observé que le moment de l'application doit être lié à l'environnement, et que le traitement après la pluie et l'irrigation donne de meilleurs résultats.

Dans la présente étude, la culture du champignon a été mélangée avec FYM avant l'application et après l'application dans les parcelles, la mise à la terre a été effectuée pour faire tourner le sol à l'envers. Robert et Yendol, 1971 ont signalé que, pour les insectes du sol qui restent sous terre, la simple application de spores à la surface du sol peut être insatisfaisante puisque le mouvement de certaines spores fongiques vers le bas dans le sol est considéré comme très faible.

Deux isolats de *B. bassiana* provenant de Himachal Pradesh comparés à la poussière de *B. bassiana* obtenue de PCI Ltd, Bangalore, ont montré des différences dans leur efficacité contre les vers blancs de *B. coriacea*.

L'isolat de *B. bassiana* cultivé à partir des vers de Shillaroo était plus virulent et produisait une mortalité plus élevée des vers blancs que l'isolat de Kheradhar. La souche Bangalore était la moins efficace et bien inférieure aux isolats locaux en termes d'efficacité sur le terrain contre les vers blancs de la pomme de terre.

L'isolat de Shillaroo a fourni une protection supérieure de 32,96% aux tubercules de pomme de terre contre les vers blancs en comparaison au témoin. Cependant, avec la souche Bangalore, la protection par rapport au témoin n'était que de 15,74 %.

L'effet de l'application de *B. bassiana* a également été observé sur la population de vers blancs dans les parcelles traitées et les parcelles témoins. La population de larves la moins élevée (62/10 plantes) a été enregistrée dans les parcelles traitées avec l'isolat Shillaroo.

La population de vers blancs était presque double (113/10 plantes) dans les parcelles traitées avec la souche Bangalore.

Dans le témoin, une population très élevée (151/10 plantes) a été observée. Cependant, le pourcentage de vers blancs mycosés était de 11,29 % avec l'isolat Shillaroo par rapport à 0,88% avec la souche Bangalore.

6 ANALYSE D'ARTICLE

Dans le témoin, 0,66% des vers blancs présentaient une infestation naturelle de *B. bassiana*.

Chandel *et al.*, (2005) ont évalué des formulations commerciales de *B. bassiana* et de *M. anisopliae* contre la pomme de terre dans les collines de Shimla. et ont observé des différences non significatives dans les dommages aux tubercules dans les parcelles traitées et témoins avec les deux champignons.

Dans le Maharashtra, Kulye et Pokharkar , 2009 ont évalué *B. bassiana* et *M. anisopliae* contre *H. consanguinea* dans les cultures de pomme de terre et ont enregistré une réduction de 30,65% des dommages aux tubercules par rapport au contrôle avec *B. bassiana* à la dose de 2×10^{12} conidies/mL.

On peut donc en déduire que l'utilisation fructueuse de *B. bassiana* comme agent de contrôle *B. bassiana* microbien dépendra en fin de compte de l'utilisation de la bonne propagation, formulées de manière optimale et appliquées à un dosage et un moment appropriés.

La sélection des espèces les plus virulentes de champignons entomopathogènes pour la gestion des vers blancs de la pomme de terre dans le champ était l'objectif principal de l'étude.

Les résultats de cette étude suggèrent que pourrait être un agent de biocontrôle potentiel dans la gestion de *B. coriacea*. Il existe des indications utiles selon lesquelles des isolats virulents indigènes de *B. bassiana* existent et il y a de nombreuses possibilités de gestion intégrée des insectes nuisibles qui hibernent dans le sol par des approches de contrôle microbien.

L'efficacité sur le terrain est l'un des éléments nécessaires à la commercialisation. Une connaissance complète de l'occurrence de la souche et les facteurs qui régissent la virulence de *B. bassiana* au champ permettra de l'utiliser efficacement en améliorant les tactiques d'application et le maintien de conditions de sol favorables (Monika kalia *et al.*, 2016).

7 CONCLUSION

Les ravageurs des produits agricoles sont très répandus et surtout les vers blancs, ces derniers sont bien connus, faciles à diagnostiquer, et leurs dégâts reconnus nécessitent d'une lutte suivie. L'utilisation non contrôlée des pesticides qui induit des impacts négatifs, c'est pour ça que les chercheurs développent des méthodes alternatives comme les biopesticides.

Notre travail consiste d'une part à étudier la pathogénicité des champignons entomopathogènes vis-à-vis des vers blancs, et on a précisé le champignon autochtone *Beauveria bassiana*.

Les vers blancs sont sensibles à l'effet de *Beauveria bassiana* et ce dernier est un agent de lutte très intéressant de fait qu'il peut infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact contrairement aux autres agents de lutte biologique et à un large spectre d'action.

Dans les travaux futurs, nous envisageons de mettre en évidence l'amélioration des produits biologiques à partir des champignons entomopathogènes pour réduire l'usage des pesticides le plus possible dans le monde.

Nous souhaitons envahir ces études pour prendre part à notre pays et appliquer en pratique.

Références

Bibliographiques

« A »

Ahrens., Dirk. 2005. "The Phylogeny of Sericini and Their Position within the Scarabaeidae Based on Morphological Characters (Coleoptera: Scarabaeidae)." *Systematic Entomology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2005.00307.x>.

Augustyniuk-Kram., Anna., and Karol J. 2012. "Entomopathogenic Fungi as an Important Natural Regulator of Insect Outbreaks in Forests (Review)." *Forest Ecosystems - More than Just Trees*. <https://doi.org/10.5772/30596> .

Arcas, A.J., Diaz, M.B., Lecuona., E.R. 1999. Bioinsecticidal activity of conidia and drymycelium preparations of two isolates of *Beauveria bassiana* against the sugarcane borer *Diatraea saccharalis*. *Journal of Biotechnology*, vol. 67, pp.151-158.

Arthurs, S ., Thomas., M.B. 2001. Effect of temperature and relative humidity on sporulation of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* in mycosed cadavers of *Schistocera gregaria*. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 78, pp. 59-65.

« B »

Barranco-Flrido., J.E., Alatorre Rosse, R., Gutiérrez-Rojas, M., Viniegra-González, G., Saucedo-Castañeda, G. 2002. Criteria for the selection of strains of entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* for solid state cultural. *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 30, pp. 910-915.

Balachowsky, A.S. 1962. *Entomologie appliqué à l'agriculture*, Tome I, Ed : maisson. Paris.

Boman, Hans G., and Håkan Steiner. 1981. "Humoral Immunity in Cecropia Pupae." *Current Topics in Microbiology and Immunology*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68120-2_2.

Butt, T. M., C. W. Jackson., and N. Magan. 2001. "Introduction - Fungal Biological Control Agents: Progress, Problems and Potential." *Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential* . <https://doi.org/10.1079/9780851993560.0001> .

Braga, G.U.L., Flint. S.D., Messias, C.L., Anderson, A.J., Roberts, D.W. 2001a. Effects of UVB irradiance on conidia and germinants of the entomopathogenic hyphomycete.

Braga, G.U.L., Flint, S.D., Messias, C.L., Anderson, A.J., Roberts, D.W. 2001b. Effects of uv-B on conidia and germlings of the entomopathogenic hyphomycete *Metarhizium anisopliae*. *Mycol Res* 105:874-882.

Braga, G.U., Rangel, D.E., Flint, S.D., Anderson, A.J. and Roberts, D.W. 2006 Conidial pigmentation is important to tolerance against solar-simulated radiation in the entomopathogenic *Metarhizium*

« C »

Carruthers, R.I., Hural, K.. 1990. Fungi as Naturally occurring entomopathogens, In *New Directions in Biological Control*. Eds. Baker, R.R, and Dunn, P.E. Alan R. Liss, pp. 115-138.132. New York.

Chahbar.N., Halouane .F., Drai.S et Kebour .2015 . AFPP _ cinquième conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes à Lille. Essai de culture de protection du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur lactosérum, grignon d'olives et Margines 11_13/3/2015.Université M'hamed Bougara Boumerdes .7p.

Chandel, R.S., Chandla, V.K. and Dhiman, K.R. 2005 Vulnerability of potato white grubs to entomogenous fungi and nematodes. *Potato J.*, 32, 193–194.

Clare, T.R., Milner, R.J. 1991. Ecology of entomopathogenic fungi. In Arora, D.K., Ajello, L., Mukerji, K.G, ed. *Handbook of Applied Mycology*, Marvel Dekker Inc, New York, vol. 2, pp. 547-612.

Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrex, P.F.2004. *Fundamental of soil Ecology* 2nd Edition. Academic Press. USA: Elsevier science & technology Books, 408.ISBN:978_0_12_1797263.

« D »

Devi, K. Uma., A. Reineke., N. Nageswara Rao Reddy, C. Uma Maheswara Rao, and J. Padmavathi. 2006. “Genetic Diversity, Reproductive Biology, and Speciation in the Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin.” *Genome / National Research Council Canada = Genome / Conseil National de Recherches Canada* 49 (5): 495–504.

Devi, K.U., Sridevi, V., Mohan, C.M., Padmavathi, J. 2005. Effect of high temperature and water stress on in vitro germination and growth in isolates of the entomopathogenic fungus

Beauveria bassiana (Bals.) Vuillemin. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 88, pp. 181-189.

Duval, J. 1993 .Le hanneton commun et les vers blancs. projet pour une agriculture économique, université de McGill (Macdonald canipus) https://eap.mcgil.ca/agrobio/ab360_06.htm

« F »

Fargues., Jacques., Amidou Ouedraogo., Mark S. Goettel., and Chris J. Lomer. 1997. “Effects of Temperature, Humidity and Inoculation Method on Susceptibility of *Schistocerca Gregaria* to *Metarhizium Flavoviride*.” *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583159730758> .

Faria., Marcos R., de, Marcos R., de Faria., and Stephen P. Wraight. 2007. “Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A Comprehensive List with Worldwide Coverage and International Classification of Formulation Types.” *Biological Control*. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>.

Faria, Marcos, and Stephen P. Wraight. 2001. “Biological Control of *Bemisia Tabaci* with Fungi.” *Crop Protection*. [https://doi.org/10.1016/s0261-2194\(01\)00110-7](https://doi.org/10.1016/s0261-2194(01)00110-7).

Feng, M.G., Poprawski., T.J., Khachatourians, G.G. 1994. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol Science and Technology*, vol. 4, pp. 3-34.

Feng, M. G., T. J. Poprawski., and G. G. Khachatourians. 1994. “Production, Formulation and Application of the Entomopathogenic fungus *Beauveria Bassiana* For Insect Control: Current Status.” *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583159409355309>. P. 1975. *Les champignons entomopathogènes: évolution des recherches au cours des dix dernières années* .

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

Ferron, P.J., Fargues et G. Riba. 1993. Le champignon agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. In : La lutte biologique. A. Fraval, ed. Dossier de la cellule environnement de l'INRA 5: 65_93.

Fragues, J., Goettel, M., Smits, N., Ouedraogo, A., Vidal, C., Lacey, L., Lomer, C., and Rougier, M. 1996. Variability in susceptibility to stimulated sunlight of conidia among isolates entomopathogenic Hyphomycetes. *Mycopathologia* (135) 171-181 .

Fraval. A, 1997-Encyclopédie des ravageurs européens, *Melolontha melolontha* (L.).

Fux, J.R., Kunimi, Y. 1997. Microorganisms interacting with insects. In *Manuel of environmental Microbiology*, pp. 509-519. Ed Hust, C.J., ASM Press, Washington, DC.

« G »

Galani, G. 1988. Cultivation of some entomopathogenic fungi in liquid media with various initial pH values. *Analele-Institutului-de-Cercetari-pentru-Protectia-Plantelor*, vol. 21, p. 54.

Goettel M.S. 1992. Des champignons comme agents de lutte biologique. In *La lutte biologique contre les acridiens*, sous la direction de C.J. Lomer et C. Prior . 122-131.

Goettel MS., Roberts DW. 1992. Mass production. formulation and field application of entomopathogenic fungi. *Biological control of locusts and grasshoppers*. Lomer CJ & Prior C (Edit.) CABI, Wallingford, UK. p 230-238.

Gambrell, F.L., Mendel, S.G ET Smith, E.H. 1942. *Journal of economic entomologie*. 35:289.

« H »

Hage, H .2021 . Genome diversity and evolutionary routes to lignocellulose degradation in wood decay fungi. thèse de doctorat : genomics and bioinformatics . Aix Marseille university, 186P..

Hajek, A. E ., and R. J. St. Leger. 1994 “Interactions Between Fungal Pathogens and Insect Hosts.” *Annual Review of Entomology*. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.39.010194.001453>

Hallsworth, John E., Naresh Magan. 1999. "Water and Temperature Relations of Growth of the Entomogenous Fungi *Beauveria Bassiana*, *Metarhizium Anisopliae*, and *Paecilomyces Farinosus*." *Journal of Invertebrate Pathology*. <https://doi.org/10.1006/jipa.1999.4883> .

Hunt, T. R., Moore, D., Higgins P . M., Prior, C. 1994. Effect of sunscreens, irradiance and resting periods on the germination of *Metarhizium flavoviride* conidia. *Entomophaga*, 39, 313-322.

« I »

Ignoff, C. M., & Garcia, C. 1992. Influence of conidial color on inactivation of several entomogenous fungi (Hyphomycetes) by simulated sunlight. *Environ. Entomol.*, 21,913-917.

"IndiaMART - Indian Manufacturers Suppliers Exporters Directory,India Exporter Manufacturer." n.d. IndiaMART. Accessed June 8, 2022. www.indiamart.com.

Inglis, D.G., Goettel, S.M., Butt, M.T., Strasser, H. 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In *Fungi as Biocontrol agents, Progress. Problem and Potential*. Eds. Butt, T.M., Jackson, C., and Magan N., pp.23-69. Oxon, UK; CAB International. ISBN 0-82478435-9.

Inglis, G. D., M. S. Goettel., T. M. Butt, and H. Strasser. 2001. "Use of Hyphomycetous Fungi for Managing Insect Pests." *Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*. <https://doi.org/10.1079/9780851993560.0023> .

Iskandarov, U.S., Guzalova, A.G., Davranov, K.D. 2006. Effect of nutrient medium composition and temperature on the germination of conidia and the entomopathogenic activity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, vol. 42, pp. 72-76.

« J »

James, Rosalind R., Brenda T. Shaffer, Brian Croft, and Bruce Lighthart. 1995. "Field Evaluation of *Beauveria Bassiana*: Its Persistence and Effects on the Pea Aphid and a Non-Target Coccinellid in Alfalfa." *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583159550039620> .

Jenkins, N.E., Hevie F, G., Langewald, J., Cherry, A.J., Lomer, C.J. 1998. Development of mass production technology for aerial conidia for use as mycopesticides. *Biocontrol News and information*, vol. 19, pp. 21-31 .

« K »

Kamp, A. M., M. J. Bidochka. 2002. “Conidium Production by Insect Pathogenic Fungi on Commercially Available Agars.” *Letters in Applied Microbiology* 35 (1): 74–77 .

Khagta, R. 2006. Evaluation of some entomopathogenic fungi for the suppression of *Brahmina coriacea* (Hope) M.Sc. Thesis, Department of Entomology, University of Horticulture and Forestry, Nauni, India .

Kouassi, Mathias de. 2001. “Les possibilités de la lutte microbiologique.” *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, no. Volume 2 Numéro 2 (October). <https://doi.org/10.4000/vertigo.4091> .

Kovacevic, S., A. Sevim, M. Eroglu, Z. Demirbag, and I. Demir. 2015. “Molecular Characterization, Virulence and Horizontal Transmission of *Beauveria Pseudobassiana* from *Dendroctonus Micans* (Kug.) (Coleoptera: Curculionidae).” *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.12181>.

Kreutz, J ., O. Vaupel., G. Zimmermann. 2004. “Efficacy of *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuill. against the Spruce Bark Beetle, *Ips Typographus* L., in the Laboratory under Various Conditions.” *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00813.x> .

Kulye, M.S., Pokharkar, D.S. 2009 . Evaluation of two species of entomopathogenic fungi against whitegrubs, *Holotrichia consanguinea* (Blan.) infesting potato in Maharashtra, India. *J. Biol. Control*, 23, 1–4 .

« L »

Leger, R. J., St, R. J., St Leger, T. M. Butt., R. C. Staples, and D. W. Roberts . 1990. "Second Messenger Involvement in Differentiation of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium Anisopliae*." *Journal of General Microbiology*. <https://doi.org/10.1099/00221287-136-9-1779>

Labrie, G., Voynaud, L. 2013. Guide des ravageurs de sol en grandes cultures. Quibec, Canada. 78p.

Lipa, J. 1995 . White muscardines (*Beauveria* sp.). An Outline of insect pathology. Foreign sci . Publi. Dept NCSTEI, Warsaw, Poland, pp.139-142.

Lord, Jeffrey C. 2005. "From Metchnikoff to Monsanto and beyond: The Path of Microbial Control." *Journal of Invertebrate Pathology*. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.04.006> .

Louis, M.N., Jeremy,C .2020 .Biologie des hanneton.bilan des connaissances: Rendez-vous techniques de l'ONF, office national des forets. P13_17 https://hal_archives_ouvertes.fr/hal_02989148/16 Nov 2020 .

Luc Auber. 19971 coléoptères de France, 3eme Ed: N Boubée et cie Tome 1 paris (VIe) p 220_224.

Luz, C., Fargues, J. 1998. Factors affecting conidial production of *Beauveria bassiana* from fungus-Killed caravers of *Rhodnius prolixus*.*Journal of Invertebrate Pathology*,vol. 72, pp. 97-103 .

« M »

Meikle, W. G., G. Mercadier, V. Girod, F. Derouane, and W. A. Jones. 2006. "Evaluation of *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycota: Hyphomycetes) Strains Isolated from Varroa Mites in Southern France." *Journal of Apicultural Research*. <https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101352> .

Mesbah, A., Boufersaoui, A., Moumen, A. 2002.Control de cycle biologique de *Geotrigus deserticila* (Blanche), Insecte coloptera ravageur des céréales en Algerie. Bulletin de la Société zoologique de France. 127(2). 137_148.

Mishra, Sapna, Peeyush Kumar, and Anushree Malik. 2015. "Effect of Temperature and Humidity on Pathogenicity of Native *Beauveria bassiana* Isolate against *Musca Domestica* L." *Journal of Parasitic Diseases*. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0408-0> .

Mondal, P., Bhattacharya, A.K.. 2004. Assessment of different media for mass multiplication of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.)Vuillemin. *Proceedings of Indian Natural Science Academic*, vol.74, pp. 161-169 .

Monika kalia, R.S., Saurbh, S and Mehta,P.K . 2016. Production and Application of *Beauveria bassiana* (Bals.) against potato whitegrups, *Brahmina coriacea* (Hope) in Himachal Pradesh. *Departement of entomology*.12(1), 19_24.

Moore, D., P. D. Bridge, P. M. Higgins, R. P. Bateman, and C. Prior. 1993. "Ultra-Violet Radiation Damage to *Metarhizium Flavoviride* Conidia and the Protection given by Vegetable and Mineral Oils and Chemical Sunscreens." *Annals of Applied Biology*. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04061.x>.

Mugnai., Laura., Paul D., Bridge, and Harry C. Evans. 1989. "A Chemotaxonomic Evaluation of the Genus *Beauveria*." *Mycological Research*. [https://doi.org/10.1016/s0953-7562\(89\)80012-7](https://doi.org/10.1016/s0953-7562(89)80012-7).

Muller-Kogler, E. 1967 Fungi as microbial control agents of insects. In P.A. Van Der La, (ed.), *Insect Pathology and Microbial Control*. North Holland Publication Company, Amsterdam, pp. 339–353.

« N »

Neita-Moreno, J. C., M. A. Morón, and C. A. Zuluaga-Correa. 2012. "Description of the Immature Stages of Four Species of Macroductylini (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae)." *Neotropical Entomology* 41 (2): 150–62.

"New Zealand Digital Library." n.d. Accessed June 8, 2022. www.nzdl.org.

Nicklin, Jane, Kate Graeme-Cook, Tim Paget, and Richard Killington. 2000. *Microbiologie*. Berti.

« P »

Padmavathi, J., Devi, K.U., Rao, U.M. 2003. The optimum and tolerance pH range is correlated to colonial morphology in isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* - a potential biopesticide. World Journal of Microbiology and Biotechnology, vol.19, pp. 469-477.

Parker, B.L., Skinner, M., Costa, S.D., Gouili, S., Reid, W., Bouhssini, E.M. 2003. Entomopathogenic fungi of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) collection and characterization for development. Journal of Biological control, vol. 27, pp. 260-272.

Parker, B.L., Skinner, M., Costa, S.D., Gouili, S., Reid, W., Bouhssini, E.M. 2003. Entomopathogenic fungi of *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae) collection and characterization for development. Journal of Biological control, vol. 27, pp. 260-272.

Potter, D.A., Hold, D.W. 2002. Biology and management of Japanese beetle. Annu.Re.Entomol.47:175_205.

« R »

Randriamanantsoa, Richard., Henri-Pierre Aberlenc., Olga Bakoly Ralisoa., Alain Ratnadass, and Bernard Vercambre. 2010. "Les Larves Des Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera) En Riziculture Pluviale Des Régions de Haute et Moyenne Altitudes Du Centre de Madagascar." *Zoosystema*. <https://doi.org/10.5252/z2010n1a2>.

Rangel, D. E. N., Anderson, A.j., & Roberts, D. W. 2008. Evaluating physical and nutritional stress during mycelial growth as inducers of tolerance to heat and UV-B radiation in *Metarhizium anisopliae* conidia. Mycol. Res. 112 ? 1362-1372.

Ratnadass A., Randriamanantsoa R., Razafindrakoto C., Andriatsimialona D., Andrianaivo A.P., Rafaraso L., Rafamatananantsoa E., Andriamasinoro R.S.V. 2003 - Rapport d'activités 2001-2003. Caractériser l'interaction entre les différents systèmes SCV et les

populations/dégâts des bio-agresseurs sur le riz pluvial. URP SCRID/FOFIFA/CIRAD/UNIVERSITÉ d'ANTANANARIVO. 19 p .

Razafindrakoto C. 1997. Rapport d'activités, Entomologie, Campagne 1996-97. Fofifa, Centre Régional du Moyen-Est, Madagascar.

Reche, S.A., Véga, F.E., Blackwell, M. 2005. phylogénétique et insectes pathogènes du genre *Beauveria bassiana* . In Association insectes-fongiques : écologie et évolution; Oxford university press , Inc : New York, NY , États-Unis, 3-27

Reddy, Narasa, G., Mahesh, M., Priya, R. U., Shailendra Singh., and L. Manjunatha. 2020. "Hirsutella." *Beneficial Microbes in Agro-Ecology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823414-3.00043-5> .

Ridgman, W. J. 1991. "Safety of Microbial Insecticides, Ed. M. Laird, L. R. Lacey & Elizabeth W. Davidson. 259 Pp. Boca Raton, Florida: CRC Press (1990). \$139.95 (hard Covers). ISBN 0 8493 4793 9." *The Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.1017/s0021859600078321> .

Roberts, D.W., Yendol, W.G. 1971 Use of fungi for microbial control of insects. In H.D. Burges and N.W. Hussey (eds.), *Microbial Control of Insects and Mites*. Academic press, London, New York, pp. 19–23 .

Roberts, D.W., Hajek, A.E. 1992. Entomopathogenic fungi as bioinsecticides. In *Frontier in industrial mycology*. Ed. Leatham, G.F., pp. 144-159.

Roberts, D.W., Hajek, A.E. 1992. Entomopathogenic fungi as bioinsecticides. In *Frontier in industrial mycology*. Ed. Leatham, G.F., pp. 144-159. Chapman and Hall, New York .

Roberts D.W ., Wraight R.J. 1987 . Insect control effort with fungi .*Devel. Industr. Microbiologie*.28 : 77-87 .

« S »

Samuels, K. D. Z., D. E. Pinnock, and R. M. Bull. 1990. "Scarabeid Larvae Control in Sugarcane Using *Metarhizium Anisopliae*." *Journal of Invertebrate Pathology*. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(90\)90045-8](https://doi.org/10.1016/0022-2011(90)90045-8).

Santa, Herta Stutz Dalla, Osmar Roberto Dalla Santa, Débora Brand, Luciana Porto de Souza Vandenberghe, and Carlos Ricardo Soccol. 2005. "Spore Production of *Beauveria Bassiana* from Agro-Industrial Residues." *Brazilian Archives of Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132005000400007>.

Sato , H. Mitsuhashi, W., Shimazu, M. 1993 Effect of temperature on mycelia growth of three muscardine fungi. Trans. 44th Meet. Kanto Branch of the Japanese Forestry Society, pp. 103-104. (In Japanese) .

Sevim, Ali, Ismail Demir, Elif Tanyeli, and Zihni Demirbağ. 2010. "Screening of Entomopathogenic Fungi against the European Spruce Bark beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae)." *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583150903305737>.

Sharma, S., Gupta, R.B.L. and Yadava, C.P.S. 1999. Mass multiplication and formulation of entomopathogenic fungi and their efficacy against whitegrubs .

Sharma, S., Gupta, R.B.L. and Yadava, C.P.S. 2002. Selection of suitable medium for mass multiplication of entomofungal pathogens. *Indian J. Entomol.*, 64, 254–261.

Shimazu, M. 2004. Effects of temperature on growth of *Beauveria bassiana* F-263, a strain highly virulence to the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, especially tolerance to high temperature. *Applied Entomology and Zoology*, vol . 39, no.2, pp.469-475.

Shimazu, Mitsuaki, and Hiroki Sato. 1996. "Media for Selective Isolation of an Entomogenous Fungus, *Beauveria Bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes)." *Applied Entomology and Zoology*. <https://doi.org/10.1303/aez.31.291>.

Simard.L., Belair.G., Dionne.J. 2009 .Bien connaître les vers blancs: un pas vers un meilleur contrôle: Québec vers. <https://www.agreseau.net/77211/bien-connaître>

Silva, Lucianita da, Lucianita da Silva, and Luiz C. Loch. 1987. “Esporulação Do Fungo Entomopatogênico *Nomurea Rileyi* (Farlow) Samson Em Meio de Cultura à Base de Grãos de Arroz Polidos.” *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*. <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v16i1.475>.

Sivasankaran, P., Eswaramoorthy, S., David, H. 1998. Influence of temperature and relative humidity on the growth, sporulation and pathogenicity of *Beauveria bassiana*. *Journal of Biological Control*, vol. 12,pp.71-75.

Starnes, Robert L., Chi Li Liu, and Pamela G. Marrone. 1993. “History, Use, and Future of Microbial Insecticides.” *American Entomologist*. <https://doi.org/10.1093/ae/39.2.83>.

Steinkraus, D.C., Slaymaker, P.H. 1994. Effect of temperature and humidity on formation, germination and infectivity of conidia of *Neozygites fresenii* (Zygomycetes: Neozygitaceae) from *Aphis gossypii* (Homoptera:Aphididae). *Journal of Invertebrate Pathology* , vol. 64, pp. 130-137.

Stiling, Peter. 1993. “Why Do Natural Enemies Fail in Classical Biological Control Programs?” *American Entomologist*. <https://doi.org/10.1093/ae/39.1.31>.

St Leger, Raymond J., and Chengshu Wang. 2010. “Genetic Engineering of Fungal Biocontrol Agents to Achieve Greater Efficacy against Insect Pests.” *Applied Microbiology and Biotechnology* 85 (4): 901–7.

Subramanian, Chirayathumadom Venkatachaliar. 1983. *Hyphomycetes, Taxonomy and Biology*.

« T »

Tarocco, Federico, Roberto E. Lecuona, Alicia S. Couto, and Jorge A. Arcas. 2005. “Optimization of Erythritol and Glycerol Accumulation in Conidia of *Beauveria Bassiana* by

Solid-State Fermentation, Using Response Surface Methodology.” *Applied Microbiology and Biotechnology* 68 (4): 481–88.

Tavini, M. 1993,. Molecular biological effects of ultraviolet radiation. In M. Tevini (Ed.), *UV-B Radiation and Ozone Depletion: Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms, and Materials* (pp. 1-15). Boca Raton: Lewis Publishers.

Tong-Kwee, Lim, Rita Muhamad, Chung Gait Fee, and Chin Chiew Lan. 1989. “Studies on *Beauveria Bassiana* Isolated from the Cocoa Mirid, *Helopeltis Theobromae*.” *Crop Protection*. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(89\)90055-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(89)90055-0).

Tortora, Gerard J., Berdell R. Funke, and Christine L. Case. 2003. *Introduction à la microbiologie*. Saint-Laurent, Québec : Éditions du Renouveau pédagogique.

Trudel, Richard. 2005. “Amélioration de La Virulence Du Champignon Entomopathogène *Beauveria Bassiana* Par Le Clonage Du Gène de Chitinase Bbchit 1.” *Phytoprotection*. <https://doi.org/10.7202/011708ar>.

Tulloch, M. 1976. “The Genus *Metarhizium*.” *Transactions of the British Mycological Society*. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(76\)80209-4](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(76)80209-4).

« V »

Vago, C. 1963. “Predispositions and Interrelations in Insect Diseases.” *Insect Pathology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-395602-6.50015-9>.

Vercambre, B .2008 .Les vers blancs au paradis vert: ou l’histoire vécue d’un bio envahisseur de la canne à sucre en milieu insulaire .Paris. 84p .

Viaud, Muriel., Yvonne Couteaudier., Caroline Levis, and Guy Riba. 1996. “Genome Organization in *Beauveria bassiana*: Electrophoretic Karyotype, Gene Mapping, and Telomeric Fingerprint.” *Fungal Genetics and Biology*. <https://doi.org/10.1006/fgbi.1996.0033>.

Vincent, Charles, et Daniel Coderre. 1992. *La Lutte Biologique*. Boucherville, Québec : G. Morin.

Vyas, R.V., Yadav, D.N. and Patel, R.J. 1991. Mass production of entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* on solid substrates. *Indian J. Exp. Biol.*, 29, 795–797.

« W »

Walstad, J.D., Anderson, R.F., Stambaugh, W.J. 1970. Effect of environmental conditions on two species of muscardine fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 16, pp. 221-226.

Wegensteiner, R. n.d. “Pathogens in Bark Beetles.” *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. <https://doi.org/>

Weiser, J. 1972. *Beauveria* Vuill. In: *Nemoci hmyzu*. Naklad. Ces Kozlov. Akademie, Praha, pp. 361-377.

« Z »

Zimmermann., Gisbert., Bernard Papierok., and Travis Glare. 1995. “Elias Metschnikoff, Elie Metchnikoff or Ilya Ilich Mechnikov (1845-1916): A Pioneer in Insect Pathology, the First Describer of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium Anisopliae* and How to Translate a Russian Name.” *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583159550039701> .

Zhang, Y.J., Li, Z.H., Luo, Z.B., Zhang, J.Q., Fan Y.H., Pei, Y. 2009. Light stimulates conidiation of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*, vol. 19, pp. 91-101.

Les sites on lignes

- <https://m.espacepourelavie.ca/carnet-horticol/ravageurs-et-maladies/versblancs>. Accessed May, 20 2022.
- <https://www.putraagrolestari.com/product/Metarhizum-anisopliae> . Accessed May, 23 2022.
- https://www.zoom.nature.fr/un-champignon_ tres_manipulateur/ . Accessed May, 24 2022.
- https://antibioprotection.com/blog/Beauveria_bassiana_application.html . Accessed May, 24 2022.
- <https://www.thescientist.com>. Accessed February, 02. 2022.
- https://www.orchidee_poitou_charentes.org/spip?article 2991. Accessed March, 12. 2022.
- https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/cultures/pommes_terre/ver_b lanc.html . Accessed March 5, 2022.
- https://www.leblogue_jardin.com/salades_qui_deperissent_html. Accessed March, 17. 2022.
- <https://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/grubdamage.htm>. Accessed May, 21. 2022.
- https://m.espacepourelavie.ca/insectes_arthropodes_hanneton_europeen . Accessed June, 1. 2022.
- <https://www.jardindion.com/2017/06/10-8805> . Accessed Avril, 23. 2022.
- <https://generationnouvelles.nel/alertescarabeejaponaisinsecteravageurquirisqueentrerenFrance/ap>
Accessed March, 29. 2022.
- <https://www.ipmimages.org/browsdetail.cfm?imgnum=536821> . Accessed may, 10 2022.
- <https://www.omafra.gov.on.ca/french/corps/facts/08024w.htm>. Accessed February, 28. 2022.
- <https://ephytia.inra.fr/fr/C/25205/Tropileg-Ver-blanc-Hoplochelusmarginalis>. Accessed June, 23 2022.
- <https://jardinierparparesseux.com/2020/05/29/nouveau-produit-dans-la-lutte-contre-les-vers-blancs/amp> Accessed February, 28. 2022.
- <https://revueforestierefrancaise.agroparistech.fr/article/view/5023/18117>. Accessed May, 11. 2022.
- https://www.ville.rosemere.qc.ca/dawnload.php?filename=-_vers blancs modifie.pdf. Accessed February, 14. 2022.
- https://www.globalcitizenyear.org/updates/Beauveria_bassiana. Accessed May, 15 2022.
- <https://www.biolib.cz/en/image/id 300671/>. Accessed May, 17 2022.
- <https://www.canada.ca/fr/sant-canada/services/conseil -pour- control-parasites/vers blancs.html>.
Accessed Marth, 5. 2022.
- <https://agrichem.dzdetailfleu/76/les vers blancs/> . Accessed March 9, 2022.
- <https://eol.org/pages/3260753/articles> . Accessed June, 5 2022.

http://lemmagdesanimaaux.ouest.france.fr/dossier_237.hanneton.htm/ .Accessed May, 11 2022.

http://ephytia.inra.fr/c25205/Tropileg_ver_blancpoplochelus_marginalis. Accessed May, 11 2022.

<https://www.bio-enligne.com/coleoptere/532-vers-blanc.html> . Accessed june, 25 2022.

[www.nagwa.com/fr/explainers/325102871697/..](http://www.nagwa.com/fr/explainers/325102871697/)” Accessed June 4, 2022.

https://quebecvert.com/medias/Feuillet_vers-blancs-final.pdf. Accessed June, 26 2022.

<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/classification-vivant-champignon-14469/> .

Accessed June 4, 2022.

Résumé

Les vers blancs sont des ravageurs polyphages qui s'attaquent pratiquement à toutes les cultures. L'action de ces dévastateurs occupe une place importante dans la réduction de la production agricole, ils causent des vrais problèmes pour les paysans, c'est pour ça ces derniers utilisés des méthodes classique comme les pesticides pour éliminée ces problèmes.

Pour cela la présente étude eu pour l'objectif de proposer une solution alternative basée sur les champignons entomopathogènes. L'espèce *Beauveria bassiana* est la plus utilisée en lutte biologique contre les ravageurs de cultures et font l'objet d'études de plus en plus poussées.

Mots clé : vers blancs, champignons entomopathogènes, *Beauveria bassiana*, lutte biologique

Abstract

White grubs are polyphagous pests that attack practically all crops. The action of these devastators occupies an important place in the reduction of the agricultural production; they cause real problems for the farmer, that's why they use classical methods as pesticides to eliminate these problems.

For this reason, the present study had for objective to propose an alternative solution based on entomopathogenic fungi. The species *Beauveria bassiana* is the most used in biological control of crop pests and are the subject of more and more studies.

Keywords: white grubs, entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, biological control

الملخص

اليرقات البيضاء هي آفات متعددة التغذية تهاجم جميع المحاصيل، يحتل عمل هؤلاء المدمرين مكانا مهما في الحد من الإنتاج الزراعي، فهم يتسببون في مشاكل حقيقية للفلاحين، و لهذا السبب استخدموا الأساليب التقليدية مثل: المبيدات للقضاء عليها. لهذا الغرض كان هدف الدراسات الحديثة اقتراح بديل يعتمد على الفطريات الممرضة للحشرات. *Beauveria bassiana* هي النوع الأكثر استخداما في مكافحة البيولوجية لآفات المحاصيل و هي موضوع الدراسات المتقدمة.

الكلمات المفتاحية: اليرقات البيضاء، الفطريات الممرضة للحشرات، مكافحة البيولوجية، *Beauveria bassiana*

Année universitaire : 2021-2022	Présenté par : Menacer kenza Zorgane chahrazed Zouache Nour el yakine
Les champignons entomopathogènes contre les vers blancs (<i>Beauveria bassiana</i>)	
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Mycologie et biotechnologie fongique	
<p>Résumé</p> <p>Les vers blancs sont des ravageurs polyphages qui s'attaquent pratiquement à toutes les cultures. L'action de ces dévastateurs occupe un place importante dans la réduction de la production agricole, ils causent des vrais problèmes pour les paysans, c'est pour ca ces derniers utilisés des méthodes classique comme les pesticides pour éliminée ces problèmes.</p> <p>Pour cela la présente étude eu pour l'objectif de proposer une solution alternative basée sur les champignons entomopathogènes. L'espèce <i>Beauveria bassiana</i> est la plus utilisée en lutte biologique contre les ravageurs de cultures et font l'objet d'études de plus en plus poussées.</p>	
Mots-clefs : vers blancs, champignons entomopathogènes, <i>Beauveria bassiana</i> , lutte biologique	
Laboratoires de recherche : Laboratoire de/..... (Université Frères Mentouri, Constantine 1).	
<p>Encadreur : ABDELAZIZ Ouided (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).</p> <p>Examineur 1 : BENKAHOUL Malika (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).</p> <p>Examineur 2 : ALMI Hiba (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).</p>	