

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB – BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA  
VIE

DÉPARTEMENT DE BIOTÉCHNOLOGIE ET AGRO-  
ÉCOLOGIE



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en  
Phytopharmacie et Protection des Végétaux

**Thème**

# Optimisation de l'activité insecticide du vermicompost

Présenté par :

**KERAKERI Sara et ATTAB AL BABDA Meriem**

Devant le jury composé de :

Mme. BRAHIMI L	MCA	Université Blida 1	Présidente
Mme KHEDDA R.	MCB	Université Blida 1	Examineur
M. DJAZOULI Z.E	Professeur	Université Blida 1	Promoteur
Mme BELKHOUMALI S.	MAB	Université Blida 1	Co-promotrice

**Année universitaire : 2022 /2023**

---

# **Remerciements**

---

*Nous tenons à remercier tous d'abord ALLAH de nous avoir donné la patience et le courage pour accomplir ce travail et cueillir le fruit d'un long cursus scolaire et universitaire.*

*Nous exprimons aussi notre très profonde gratitude à notre promoteur le professeur **Mr. DJAZOULI Z.E.** Pour son aide, sa patience, ses précieuses conseils ses efforts et sa gentilles.*

*Nous remercions également notre Co-promotrice **Mme. BELKHOUMALI S.** pour son aide, ses conseils et son soutien.*

*Remerciements sont également adressés aux membres du jury :*

*La présidente **Mme. BRAHIMI L.** qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Notre examinatrice **Mme. KHADDAR R.** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous nos enseignants de phytopharmacie et protection des végétaux.*

*Il nous serait agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements envers toute personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons à remercier tous nos collègues d'étude, en particulier notre promotion Phytopharmacie et Protection des Végétaux (2022 – 2023).*

**MERCI**

---

# *Dédicace*

---

*Tout d'abord, je tiens à remercier ALLAH de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, et je dédie avec mes sentiments les plus profonds et un très grand honneur :*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, et à Mon adorable frère Ishak.*

*A mon oncle Brahim et ma douce tante Samira ma deuxième maman merci pour votre encouragement.*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours, mes cousines, mes cousins Omar, Said et la reine Sousou ma chérie que j'aime beaucoup.*

*Son oublier mon fiancé Qui n'a jamais cessé de me soutenir,*

*A mes chères amies Hadil, Nermin Kamli, Douaa, Manel,*

*A mon binôme Meriem avec qui j'ai partagé cette expérience, tous les moments difficiles et agréables qu'on a passés ensemble durant la réalisation de ce travail.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Merci*

*Sara*

---

## *Dédicace*

---

*Je dédie ce mémoire à :*

*Mes parents qui ont toujours été à mes côtés pour me soutenir et me donner le courage pour terminer mes études. Merci beaucoup*

*Maman et papa je vous aime beaucoup.*

*Mon très cher mari Ali pour son aide et ses encouragements et ma belle petite fille Eline, ainsi qu'à toute ma belle famille.*

*A mes grandes Mères Mamtiah et Khaira*

*A mes frères, Aymen et Houssein, et surtout ma chère Houda qui étaient toujours à mes côtés et qui n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'encourager et surtout les adorables petites*

*Yasmine et Roeya*

*Dédicace spécial à mon professeur monsieur Djazouli ; Merci beaucoup.*

*A ma chère binôme Sara, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

*Meriem*

## *Optimisation de l'activité insecticide du vermicompost*

### **Résumé**

Le vermicompost est d'une importance en agriculture en tant qu'engrais naturel riche en nutriments, améliorant la structure du sol, supprimant les maladies et les ravageurs et favorisant la durabilité environnementale. Son utilisation contribue à une agriculture saine, productive et respectueuse de l'environnement.

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la maximalisation de l'activité insecticide du vermicompost par l'addition de poudre et d'extrait aqueux de populier pour augmenter la proportion de chitinase, que nous avons testé sur pucerons de laurier-rose *Aphis nerii* par deux modes d'application (systémique et pulvérisation) ainsi que sur la pédofaune (effet indirect).

Les résultats obtenus ont montré que l'incorporation de la poudre végétale avec les déchets ménagers, une fois vermicomposté, elle exprime une toxicité plus élevée sur le puceron de laurier-rose par comparaison à l'extrait aqueux mélangé avec le jus de vermicompost.

De plus, les résultats ont montré que la méthode par systémie est la plus efficace par rapport aux pulvérisations. En revanche, selon les résultats obtenus l'effet biocide de vermicompost enrichi sur la pédofaune, notamment sur la disponibilité des collemboles et des acariens, n'a pas causé de dommages.

**Mots clé :** Vermicompost, extrais *Populus nigra*, poudre de *Populus nigra*, bioinsecticide, optimisation, Mortalité.

## *Optimization of the insecticidal activity of vermicompost.*

### **Summary**

Vermicompost is of importance in agriculture as a natural fertilizer rich in nutrients, improving soil structure, suppressing diseases and pests, and promoting environmental sustainability. Its use contributes to a healthy, productive, and environmentally friendly agriculture.

This research is part of the maximization of the insecticidal activity of vermicompost through the addition of powder and aqueous extract of *Populus nigra* to increase the proportion of chitinase, which we tested on oleander aphids (*Aphis nerii*) through two application methods (systemic and spraying) as well as on soil fauna (indirect effect).

The results obtained showed that the incorporation of plant powder with household waste, once vermicomposted, exhibited greater toxicity to oleander aphids compared to the aqueous extract mixed with vermicompost juice.

Furthermore, the results demonstrated that the systemic method was more effective compared to spraying. However, according to the results obtained, the biocidal effect of enriched vermicompost on soil fauna, especially on the availability of springtails and mites, did not cause any harm.

**Keywords:** Vermicompost, *Populus nigra* extracts, *Populus nigra* powder, bioinsecticide, optimization, Mortality.

## تحسين نشاط مبيدات T شرات 9 سماد الدودي

### المخلص

السماد الدودي له أهمية في الزراعة كسماد طبيعي غني بالعناصر الغذائية، حيث يسكن بيئته ويقاوم

الأفراض والآفات، ويساهم في تعزيز استدامة البيئة. استخدامه في الزراعة العضوية والمنتجة واحتمالاً، يتم البنية

تدرج هذه البحث ضمن مجال تحسين نشاط مبيدات الخ شرات 9 سماد الدودة من خلال إضافة موق

ومستخلص مايلنبات الخ وورلزيادة نسبة الكبتناز، والذي تم اختباره على براغيث أفندي، بطريقة التطبيق

(النظامي والرشي) وأيضاً على الخ بابة البيئية (تأثيراً، مباشرة)

أظهرت النتائج أن صلة Z إضافة موق النبات مع الفاقدات التالية إلى سماد الدودة بعد تحويله إلى سماد

ناتجاً، أظهرت سمية أعلى تجاه الراجيث مقارنة بالمستخلص المائي الممزوج مع عصير سماد الدودة.

وإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج أن الطريقة النظامية /انت الأك، فعالية مقارنة بالرشي. ومع ذلك، ووفقاً للنتائج

الصلة Z، لم يسبب السماد الدودة المائي على الخ بابة البيئية، بما في ذلك توافر الفراء والعث، أي أضرار.

**/لمات مفتاحية:** سماد الدودة، مستخلصات نبات الخ وور الاسود، موق نبات الخ وور الاسود، مبيد

حيوي، تحسين، الوفاة.

---

# SOMMAIRE

---

*Remerciement*

*Dédicaces*

*Résumés*

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

**Introduction** .....01

## *Chapitre 1 : Synthèse bibliographique*

1.	Biopesticides	02
	Les biopesticides microbiens	02
	Les biopesticides végétaux	03
	Les biopesticides animaux	03
	Les avantages de l'utilisation de biopesticides	03
2.	Les chitinases	04
	Historique des chitinases	04
	Les Chitinases végétales et défense	04
3.	La chitine	04
4.	Le vermicompostage	05
	Définition de vermicompostage	05
	Composition chimique de vermicompostage	05
	Paramètres influençant le vermicompostage	06
	Intérêt agronomique du vermicompost	06

## *Chapitre 2 : Matériel et méthodes*

1.	Objectif	08
2.	Présentation de la région et du site d'étude	08
3.	Matériel d'étude	09
	Matériel végétal	09
	Vermicompost	09

4.	Préparation des bioproduits .....	10
5.	Méthode expérimentale .....	10
	Bioessais de l'effet direct de vermicompost enrichi sur le puceron de Laurier rose .....	10
	Méthode par Systémie .....	10
	Méthode par pulvérisation .....	10
	Bioessais de l'effet indirect de vermicompost enrichi sur la pédofaune.....	11
6.	Analyses statistiques.....	12

### ***Chapitre 3 : Résultats***

1.	Évaluation de l'activité insecticide du vermicompost enrichi sur les pucerons par systémie.....	13
	Effet sur la mortalité observée du puceron du laurier rose <i>Aphis nerii</i> .....	13
	1.2 Effet sur la mortalité corrigée du puceron du laurier rose <i>Aphis nerii</i> .....	14
2.	Évaluation de l'activité insecticide du vermicompost enrichi sur le puceron du laurier rose par pulvérisation (contact direct).....	15
	Effet sur la mortalité observé du puceron du laurier rose <i>Aphis nerii</i> .....	15
	Effet sur la mortalité corrige du puceron du laurier rose <i>Aphis nerii</i> .....	16
3.	Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur la pédofaune.....	18
	Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur les acariens.....	18
	Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur les collemboles .....	19

### ***Chapitre 4 : Discussion***

1.	Effet biocides du vermicompost enrichi avec extrait aqueux et de la poudre de <i>Populus nigra</i> sur les adultes du puceron de laurier rose <i>Aphis nerii</i> .....	21
2.	Effet biocides par contact direct et par systémie de vermicompost enrichi avec l'extrait aqueux et de la poudre de <i>Populus nigra</i> sur les adultes du puceron <i>Aphis nerii</i> .....	22
3.	Effet biocides de vermicompost enrichi de l'extrait aqueux et la poudre de <i>Populus nigra</i> sur la pédofaune .....	22
	<b>Conclusion générale et perspectives.....</b>	<b>23</b>
	<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>24</b>

---

## *Liste des Abréviations*

---

<b>K :</b>	potassium
<b>P :</b>	phosphore
<b>C:</b>	Carbone
<b>N:</b>	Azote
<b>T :</b>	température
<b>H :</b>	heure
<b>Cm :</b>	centimètre
<b>Km :</b>	kilomètre
<b>g :</b>	gramme
<b>min :</b>	minute
<b>ml :</b>	millilitre
<b>EA:</b>	extrait aqueux
<b>Vlc :</b>	vermicomposte
<b>% :</b>	pourcentage
<b>Tem :</b>	témoin
<b>EAPV :</b>	extrait aqueux de poudre végétal
<b>Pvvc :</b>	poudre végétal et vermicompost

---

## *Liste des Figures*

---

<b>Figure n°01</b> : Image satellite de la station expérimentale de l'Université de Blida ( <b>Google Maps, 2023</b> ).....	08
<b>Figure n°02</b> : Dispositif de production du jus de vermicompost ( <b>Originale, 2023</b> ).....	09
<b>Figure n°03</b> : Dispositif de production de l'extrait aqueux de <i>Populus nigra</i> ( <b>Originale, 2023</b> ) .....	10
<b>Figure n°04</b> : Dispositif de l'activité biocide des bioengrais ( <b>Originale, 2023</b> ) .....	11
<b>Figure n°05</b> : Prélèvement des échantillons du sol, détermination de la pédofaune ( <b>Originale, 2023</b> ).....	12
<b>Figure n°06</b> : Estimation de la mortalité observée sous l'effet du vermicompost enrichi (par systémie).....	13
<b>Figure n°07</b> : Estimation de la mortalité corrigée sous l'effet du vermicompost enrichi (par systémie).....	14
<b>Figure n°08</b> : Test (One way ANOVA) appliqué à la mortalité corrigée par le mode systémique .....	15
<b>Figure n°09</b> : Estimation de la mortalité observée sous l'effet de vermicompost enrichi (par pulvérisation).....	16
<b>Figure n°10</b> : Estimation de la mortalité corrigée sous l'effet de vermicompost enrichi (par pulvérisation).....	17
<b>Figure n°11</b> : Test One way ANOVA appliqué à la mortalité corrigée par le mode de pulvérisation.....	18
<b>Figure n°12</b> : Estimation de la disponibilité des acariens sous l'effet de vermicompost enrichi .....	19
<b>Figure n°13</b> : Estimation de la disponibilité des collemboles sous l'effet de vermicompost enrichi.....	20

---

## *Liste des Tableaux*

---

<b>Tableau n°01</b> : Les sources et teneur en chitine par espèces .....	05
--	----

---

# *Introduction*

---

## Introduction

L'agriculture chimique a été considérée comme une méthode pratique et rapide pour répondre aux besoins alimentaires croissants de la population mondiale. Elle offre une approche standardisée et prévisible de la production agricole, permettant aux agriculteurs d'obtenir des récoltes plus grandes et plus uniformes (**Gagaoua et al., 2012**).

Cependant, il est important de prendre en compte les effets négatifs de cette pratique. L'utilisation excessive de pesticides peut entraîner des problèmes tels que la résistance des ravageurs, la contamination de l'environnement et la réduction de la biodiversité. De plus, la dépendance aux engrais chimiques peut entraîner une dégradation de la qualité des sols à long terme, compromettant ainsi la durabilité de l'agriculture (**Joroen et al., 2004**).

Face à ces dommages, il est essentiel de promouvoir des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement, telles que l'agriculture biologique et l'utilisation d'engrais organiques, afin de préserver la santé des sols, de l'eau, de la biodiversité et de notre propre bien-être (**IFOAM, 2014**).

Ces dernières années les chercheurs sont orientés vers une nouvelle méthode de lutte alternative de la lutte chimique, basée sur l'utilisation des extraits végétaux plus précisément les extraits aqueux et les huiles essentielles comme un bioinsecticide pour minimiser les dégâts des bioagresseurs ainsi que l'utilisation des produits chimiques de synthèse (**Regnault-Roger et al., 2008**).

Ce travail a pour but d'enrichir le vermicompost par l'augmentation de son ratio chitinase à travers l'addition des feuilles et des écorces de *Populus nigra*. Dans ce contexte on a essayé de répondre aux hypothèses suivantes :

- Quel serait la fraction qui maximiserait l'effet insecticide du vermicompost ?
- Quel serait le mode d'application le plus approprié pour augmenter l'effet létal du vermicompost ?
- Est-ce que le vermicompost optimisé affecte-t-il la biologie des sols ?

# *Chapitre 1 :*

*Synthèse*

*bibliographique*

## 1. Biopesticides

Les biopesticides peuvent être définis au sens large comme les pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire les organismes ou substances d'origine naturelle synthétisés à partir de ceux-ci, et plus généralement, tout produit phytopharmaceutique non chimique. Sous ce terme, les biopesticides comprennent les agents de lutte contre les insectes (bénéfiques), tels que les arthropodes insectivores (ex. tricolores), les champignons filamenteux pathogènes des lépidoptères ou des coléoptères (ex. *Bovaria*), Baculovirus, bactéries (*Bacillus*), etc., insecticides d'origine végétale et molécules biosynthétiques (phéromones, molécules allélochimiques) responsables de la polyédrose nucléaire (NPV) ou de la granulation (GV) chez les Lépidoptères. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories, selon leur nature : les biopesticides microbiens, les biopesticides végétaux et les biopesticides animaux (**Chandler et al., 2011 ; Leng et al., 2011**).

### Les biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, les champignons, les oomycètes, les virus et les protozoaires. Une grande partie de son efficacité repose sur des substances actives issues de micro-organismes. En principe, ce sont ces substances actives qui combattent les bioagresseurs, et non les micro-organismes eux-mêmes.

Aujourd'hui, il est bien connu que certaines bactéries, virus et champignons peuvent être utilisés comme agents de lutte biologique en protection des plantes. Selon **Jacques et al., (2014)**, les produits phytosanitaires à base de micro-organismes représentent environ 30 % des biopesticides et de nouveaux produits sont régulièrement introduits sur le marché mondial. En 2016, les insecticides fongiques représentaient 10 % du marché mondial des bioinsecticides, tandis que les bioinsecticides bactériens représentaient 75 % (**Zaki et al., 2020**). L'utilisation de micro-organismes dans le biocontrôle présente de nombreux avantages, notamment la facilité de diffusion, la spécificité de leur action contre certains organismes cibles, l'efficacité à de faibles doses initiales administrées, ainsi que la persistance et l'ubiquité dans les systèmes pathologiques (**Sellami et al., 2015**).

### **Les biopesticides végétaux**

Certaines plantes sont connues et utilisées pour leur activité biocide (toxique) ou répulsive contre les bioagresseurs. Ces plantes produisent des substances actives, souvent des métabolites secondaires, qui ont des propriétés insecticides, stériles, voire régulatrices de croissance sur les plantes et les insectes. Ces substances sont obtenues à partir de différentes parties de la plante à l'état sec ou frais, telles que les fleurs, les feuilles, l'écorce, la sève, le bois, les racines, les gousses, les bulbes, les rhizomes, les fruits et les graines (**Deravel *et al.*, 2014 ; Lengai et Muthomi, 2018 ; Werrie *et al.*, 2020**). Considérés comme biopesticides d'origine botanique, extraits de plantes (frais et séchés), huiles essentielles, huiles végétales et plantes avec pesticides de synthèse (**Deravel *et al.*, 2014 ; Lengai et Muthomi, 2018**).

### **Les biopesticides animaux**

Les biopesticides d'origine animale sont des ennemis naturels, comme des prédateurs ou des parasites, ou des molécules d'origine animale, généralement d'invertébrés, comme le venin d'araignée, d'abeille ou de scorpion ; des hormones d'insectes, des phéromones ; ETC (**Leng *et al.*, 2011 ; Deravel *et al.*, 2014**). Les acariens, les coccinelles, les nématodes entomopathogènes, les guêpes parasites, les hétéroptères, les coléoptères, les coléoptères présents dans différents agroécosystèmes sont dans la plupart des cas les insectes les plus couramment utilisés dans la lutte biologique contre les ravageurs (**Sahayaraj, 2014 ; Lengai et Muthomi, 2018**).

### **Les avantages de l'utilisation de biopesticides**

- Restreindre ou éliminer l'utilisation d'insecticides chimiques
- Moins toxique que les pesticides chimiques
- Favoriser lors d'une utilisation en serre
- Diminuer les risques de développer de la résistance
- Favoriser par le nombre restreint d'insecticides homologués en serre
- Plus grande spécificité d'action
- Améliorer la qualité de vie des travailleurs agricoles
- Dégradation rapide des biopesticides
- Diminuant les risques de pollution
- Maintenir la biodiversité des biotopes.

## 2. Les chitinases

### Historique des chitinases

La chitinase a été découverte par Karrer en 1929, et son activité spécifique dans l'hydrolyse de la chitine a été démontrée par Zechmeister en 1939. Ces enzymes se trouvent dans une rangée importante d'organismes, comprenant les bactéries, les champignons, les crustacés, les insectes (**Perrakis et al., 1993**), les plantes (**Neuhaus, 1999**), depuis lors ces molécules sont exactement considérées pendant qu'un outil pour renforcer l'immuno-réaction de plante contre une variété de microbes pathogènes par de divers ouvriers dû à sa propriété pour lyser le mur de cellules et les composants fongiques d'exosquelette d'insecte.

### Les Chitinases végétales et défense

Si les chitinases sont synthétisées de façon constitutive, leur présence dans les tissus végétaux a longtemps été justifiée par leurs interventions dans les mécanismes de défenses induits. La synthèse des chitinases végétales peut être induite en cas de stress biotique ou abiotique. Suite à l'attaque d'une plante par des phytophages ou des pathogènes, plusieurs phytohormones sont synthétisées, telles que, l'acide jasmonique et l'acide salicylique, produites pour activer des cascades de signalisation susceptibles d'induire la synthèse de phénylpropanoïdes, de phytoalexines, et de "pathogenesis-related" protéines (PR-P), dont des chitinase (**Julien, 2007**).

## 3. La chitine

La chitine est un biopolymère abondant à l'échelle mondiale, second seulement à la cellulose et peut-être à la lignine en termes de biomasse. En raison de l'activité hydrolytique intense principalement par les micro-organismes chitinolytiques du sol et marins, la chitine, similairement à la cellulose, n'est pas accumulé dans la biosphère. La chitine, qui est absent des plantes et des vertébrés, est présent dans une faible ou grande mesure chez la plupart des invertébrés, notamment dans les cuticules des arthropodes, dans les septums primaires et les bourgeons cicatriciels des levures, et dans les parois cellulaires de la plupart des champignons filamenteux. La chitine chimiquement détectable a été vérifiée dans des fossiles d'insectes vieux de 25 millions d'années (**Cohen, 2009**). (Tableau 1).

**Tableau n°01** : Les sources et teneur en chitine par espèces

<i>SOURCES</i>	<i>TENEUR EN CHITINE (en % mat sec)</i>
Arthropodes	2 à 72
Mollusques	6 à 40
Ponophores	33
Annélides	0,2 à 38
Brachiopodes	4 à 29
Champignons	2,9 à 20,1
Algues/ Lichen	Faible

#### 4. Le vermicompostage

##### Définition de vermicompostage

Le vermicompostage est un procédé éco-biotechnologique très efficace pour convertir les déchets organiques solides en ressources précieuses, utiles et respectueuses de l'environnement (Ahmed et Deka, 2022). C'est un processus biologique d'oxydation, de décomposition et de stabilisation de la matière organique, mais sous l'action conjointe de microorganismes mésophiles et de vers de terre (St-Pierre, 1998., in Qi, 2012). Le vermicompostage dépend fortement des espèces de vers de terre utilisées dans le processus (Ahmed et Deka, 2022).

Les vers de terre agissent comme des bioréacteurs naturels pour la décomposition de la matière organique. Ils décomposent les grosses particules de sol et de litière, augmentant ainsi la disponibilité de la matière organique dégradée par les microbes, et broient et digèrent les déchets organiques par des micro-organismes aérobies et anaérobies, les convertissant en lombricompost précieux (Pathma et Sakthivel, 2014). L'activité des vers de terre contribue à la décomposition de la matière organique, ce qui contribue au cycle de minéralisation microbienne de l'azote (N), du carbone (C), du phosphore (P), et augmente la disponibilité du potentiel (K) et des micronutriments (Vig et al., 2022).

##### Composition chimique de vermicompostage

Le jus du vermicompost contient des macroéléments nutritifs N.P.K. sous forme NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>. Il contient 2 à 3% d'azote, 1,85 à 2,25% de potassium et 1,55 à 2,25% de phosphore, des oligo-éléments, des microorganismes bénéfiques au sol comme les bactéries fixatrices d'azote et les champignons mycorrhiziens (Singh et al., 2008), et des micronutriments qui présentent des effets bénéfiques sur la croissance et le rendement des plantes, disponibles sous forme de Ca, K, Mg et S.

Il contient de grandes quantités de substances humiques sous forme d'acides fulviques et humiques, qui fournissent de nombreux sites de réaction chimique pour les micro-organismes et sont connus pour améliorer la croissance des plantes et la suppression des maladies par les activités des bactéries (*Bacillus*), des levures (*Sporobolomyces* et *Cryptococcus*) et des champignons (*Trichoderma*), ainsi que des antagonistes chimiques tels que les phénols et les acides aminés (**Nagavalemma et al., 2004**).

### **Paramètres influençant le vermicompostage**

**Température** : est le facteur clé qui affecte l'activité biologique dans toute opération de compostage. Elle est importante pour assurer une croissance et une activité optimales des microbes (**Singh et al., 2013**). Dans le vermicompostage, l'activité du ver de terre, son métabolisme, sa croissance, sa respiration et sa reproduction sont fortement influencés par la température (T 16° à 25°).

**Humidité** : Il existe de fortes relations entre la teneur en humidité des déchets organiques et le taux de croissance des vers de terre. La plage optimale de la teneur en humidité dans le vermicompost pour la plupart des espèces se situerait entre 50 et 90 % (**Singh et al., 2013**). Dans les déchets, l'humidité devrait tourner autour de 75 % et ne pas dépasser 85 %

**pH** : Les vers sont sensibles au pH. De ce fait, le pH du sol ou des déchets est parfois un facteur limitant la distribution, le nombre, les espèces de lombrics et même l'activité de ces derniers (le pH à 6) (**Singh et al., 2005**).

### **Intérêt agronomique du vermicompost**

Sur le plan agronomique, le vermicompost présente de nombreux avantages en tant qu'amendement. Il a le potentiel de maintenir la matière organique du sol, de favoriser la disponibilité des éléments nutritifs, de supprimer les maladies des plantes et d'augmenter l'abondance et l'activité microbiennes du sol (**Gomez-Brandon et Dominguez, 2014**).

En effet, les études menées par **Arancon et al., (2006)** ont révélé deux contributions majeures du vermicompost dans le sol, à savoir l'augmentation de la population microbienne et de son activité.

Ces deux facteurs jouent un rôle crucial dans le cycle des nutriments du sol, en influençant la production d'éléments nécessaires à la croissance des plantes, en renforçant la résistance des plantes et en favorisant la tolérance aux maladies et aux attaques de nématodes. Cet amendement organique permet non seulement d'avoir des plantes saines et productives, mais il régule également le développement des plantes grâce aux acides humiques et aux hormones de croissance (**Durak et al., 2017**).

Lorsqu'il est utilisé en remplacement total ou partiel des engrais minéraux dans les milieux de culture en serre de tourbe, ainsi que comme amendement du sol dans les études sur le terrain, il présente des avantages significatifs (**Lazcano et Dominguez, 2011**).

Le vermicompost améliore l'état nutritionnel du sol, favorise une bonne croissance des racines et facilite l'absorption des macro et micro-nutriments essentiels aux plantes. En effet, les excréments (turricules) des vers sont riches en nitrates, phosphore, potassium, calcium et magnésium sous des formes assimilables par les plantes. De plus, le vermicompost améliore l'aération et la texture du sol, réduisant ainsi le compactage. Il contribue également à améliorer la capacité de rétention d'eau du sol en raison de sa teneur élevée en matière organique.

# *Chapitre 2 :*

## *Matériel et méthodes*

## 1. Objectif

L'objectif de cette étude est l'optimisation l'activité insecticide du vermicompost par l'addition de différents ratios des feuilles et des écorces du peuplier noir *Populus nigra* L. Avec le vermicompost. L'intérêt de de cette expérimentation cherche à améliorer l'activité insecticide d'un bioengrais.

## 2. Présentation de la région et du site d'étude

La présente étude est réalisée au centre de la plaine de la Mitidja dans la région de Soumaa. La Mitidja est située dans la partie nord de la wilaya de Blida, en Algérie. Elle s'étend sur une vaste plaine fertile qui s'étend sur environ 40 km de long et 20 km de large entre les montagnes de l'Atlas au sud et la mer Méditerranée au nord. La région de la Mitidja est bordée par les montagnes du Djurdjura à l'est et les montagnes de l'Ouarsenis à l'ouest. Les principales villes de la Mitidja incluent Blida, Boufarik, Meftah et Chréa.

La région de Soumaa est située dans la partie centrale de la Wilaya de Blida, dans les montagnes du Tell Atlas. Plus précisément, elle se trouve entre les communes de Soumaa et de Bouinan, et est entourée par les montagnes de l'Ouarsenis au sud-ouest, le Djebel Chréa à l'est et le Djebel Ouzellaguen au nord. La présente étude est réalisée au niveau du laboratoire de l'Université de Blida1, Département de Biotechnologie et Agro-Écologie (**figure n°01**).



**Figure n°01** : Image satellite de la station expérimentale de l'Université de Blida  
(GoogleMaps, 2023)

**1:** Zone d'expérimentation des bioessais effet direct  
**2:** Zone d'expérimentation des bioessais effet indirect

### 3. Matériel d'étude

#### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué des feuilles et de l'écorce du peuplier noir (*Populus nigra*) L. On a récolté Les feuilles et les écorces du peuplier noir de la région Blida (Soumaa), ensuite nous le séchons naturellement à l'air libre sur le papier et broyons en poudre à l'aide d'un broyeur à hélice. Puis le tamisage à l'aide d'une passoire (raffinerie) en fer qui permet la transition des particules sans s'accrocher.

#### Vermicompost

Ce système prévoit 3 à 4 bacs qui s'empilent l'un dans l'autre. Le bac du fond, qui n'est pas perforé, recueille le percolât. Les bacs supérieurs, qui s'empilent au-dessus de celui-ci, ont leur fond perforé de trous qui permettent le drainage et la migration des vers les bacs sont en plastique qui contient un mélange des déchets ménagers et l'espèce *Eisenia foetida*, les vers n'aimant pas la lumière. Il est nécessaire de l'absence de lumière et pour cela nous avons placé notre installation dans une cave obscure, aussi l'absence de bruit, La température idéale doit se situer entre 15 et 25°C.

L'humidité est un facteur très important, il doit il n'y en avoir ni trop ni trop peu Le jus de vermicompost récupéré à une forte concentration c'est pour cette raison qu'il est intéressé de faire une dilution avant leur utilisation (**figure n°02**).



**Figure n°02 : Dispositif de production du jus de vermicompost (Originale, 2023).**

**A : Composteur**

**B : Le jus de vermicompost**

## 4. Préparation des bioproduits

Nous avons ajouté 100g des écorces et 100g des feuilles de poudre de *Populus nigra* avec les déchets ménager au vert dans le composteur et nous avons récupéré le jus de couleur très foncée par rapport au VLC Brut (poudre+vlc)

Une prise d'essai de 50 g de poudre des feuilles et des écorces dans 200 ml d'eau. Nous le mettons dans le mélangeur pendant 72h après on le filtre et au centrifugeuses 300/r pendant 3 min (extrait aqueux) (**figure n°03**).



**Figure n°03 :** Dispositif de production de l'extrait aqueux de *Populus nigra* (Originale, 2023).

## 5. Méthode expérimentale

### Bioessais de l'effet direct de vermicompost enrichi sur le puceron de Laurier rose

#### Méthode par Systémie

180 pucerons jaunes de laurier rose portés sur des feuilles. Sont introduits dans 9 tubes à raison de 10 pucerons par tube. 3 tubes contiennent un mélange de 10 ml de VLC et extrait de lapoudre avec 45 ml d'eau. et 3 autres contiennent un mélange de 5 ml extrait aqueux et 5 ml VLC avec 45 ml d'eau chaque traitement était répété 3 fois avec 3 témoins Le traitement des pucerons a été effectué par systémie d'extrait chaque 24h pendant 3 jours. Pour déterminer l'effet d'extrait aqueux de *Populus nigra* L. sur la mortalité du puceron (**figure n°04**).

#### Méthode par pulvérisation

180 pucerons jaunes portés sur des feuilles de Laurier rose. Sont introduit dans 9 tubes à raison de 10 pucerons par tube. Chaque tube contient un mélange de 10 ml d'extrait avec 45 ml d'eau. Chaque traitement été répété 3 fois avec 3 témoins. Le traitement des pucerons a été effectué par pulvérisation d'extrait chaque 24h pendant 3 jours. Pour déterminer les effets des extraits de *Populus nigra* L. sur la mortalité du puceron (**figure n°04**).



**Figure n°04 : Dispositif de l'activité biocide des bioengrais (Originale, 2023).**

### **Bioessais de l'effet indirect de vermicompost enrichi sur la pédofaune**

La technique de Berlèse est une méthode utilisée en biologie pour récupérer et étudier la faune du sol, notamment les invertébrés tels que les collemboles, les acariens et les insectes. Elle consiste à placer un échantillon de sol dans un entonnoir spécial, souvent appelé "entonnoir de Berlèse", qui est équipé d'un tamisen tissu fin ou en toile métallique et d'un récipient collecteur en dessous. Contient une solution d'alcool dilue. L'échantillon est ensuite échauffé doucement pour faire fuir les invertébrés qui tombent dans le récipient collecteur où ils peuvent être collectés et identifiés.

On peut donc facilement réaliser un appareil de Berlèse avec le matériel suivant : une bouteille d'eau coupée en deux (support et entonnoir), un cache noir, un tamis, un petit pot, de l'alcool dilue, une lampe, du sol.

On a choisi une petite parcelle de 5 mètres sur 5 au niveau de la station expérimentale de l'université. Cette parcelle est divisée de 8 petites parcelles de 20/20Cm chaque parcelle traitée par ( vlc plus poudre et vlc plus l'extrait de poudre) Nous enlevons 10 centimètres de chaque parcelle. Ensuite, on fait le traitement sur toute la parcelle, ainsi prélevé les échantillons du sol à une profondeur de 10 cm chaque 24h, 48h, 72h avec 9 répétitions pour chaque produit. Mais pas du même endroit qu'avant, (la même chose pour le témoin), ensuite on les place sur le dispositif de Berlèse au laboratoire.

- L'échantillon est desséché progressivement sous la lampe.
- L'extraction dure après 15 jours.
- En observant sous une loupe binoculaire.



**Figure n°05** : Prélèvement des échantillons du sol, détermination de la pédofaune (**Originale, 2023**).

**A** : Prélèvement du sol  
**B** : Dispositif du Berlèse  
**C** : Vue sous loupe binoculaire de la pédofaune

## 6. Analyses statistiques

L'analyse statistique a concerné l'impact de l'enrichissement du vermicompost brut par des ratios de *Populus nigra* et son effet sur la mortalité du puceron du laurier rose. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V.<15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel Past version 3.2 (**Hammer et al., 2001**).

# *Chapitre 3 :*

## *Résultats*

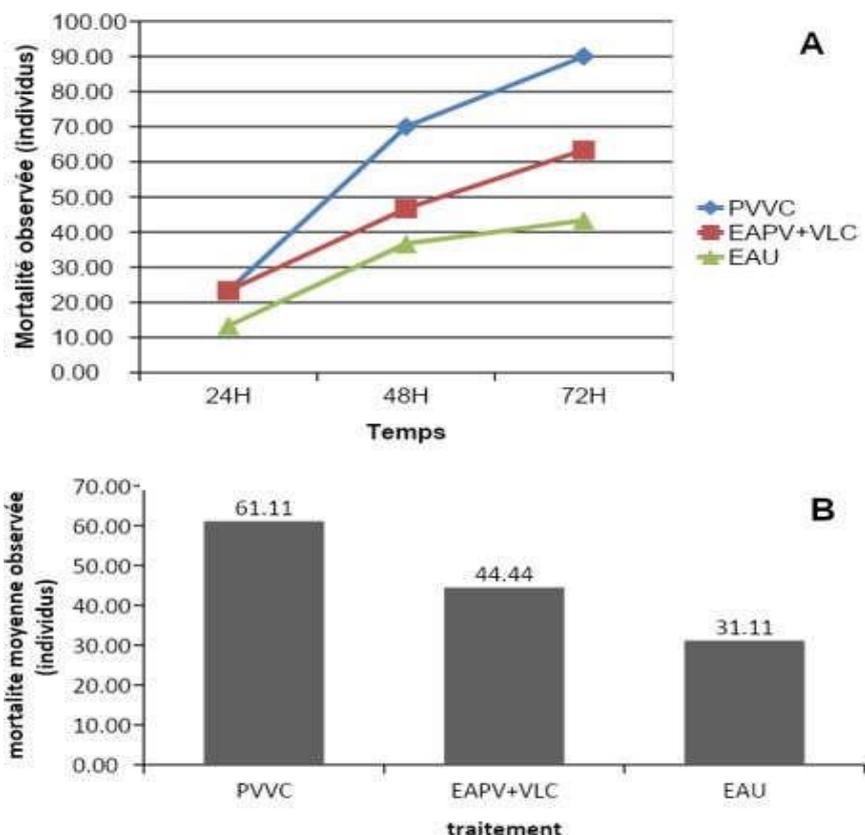
Dans ce chapitre nous exposons les résultats relatifs à l'évaluation de l'activité insecticide du vermicompost par l'enrichir avec la poudre et de l'extrait aqueux des feuilles et de l'écorce de *Populus nigra* par effet direct sur les populations adultes du puceron de laurier rose *Aphis nerii* et par effet indirect sur la pédofaune.

## 1. Évaluation de l'activité insecticide du vermicompost enrichi sur les pucerons par systémie

### Effet sur la mortalité observée du puceron du laurier rose *Aphis nerii*

Les résultats de l'effet temporel par systémie de vermicompost enrichi en rapport avec le témoin ont été testées sur les adultes d'*Aphis nerii* (**figure n°06 A**), montrent que la mortalité augmente avec le temps dans les trois courbes avec le PVVC atteignant leur valeur maximum pendant 72h d'exposition des populations de puceron aux traitements (**figure n°06 A**).

D'autre part la représentation graphique de l'histogramme des données expérimentales pour comprendre les changements de la mortalité moyenne observés sous l'influence de vermicompost enrichi, effet comparé des traitements (**figure n°06 B**) les résultats montrent que le PVVC le plus efficaces par apport au EAPV+VLC et le témoin (**figure n°06 B**).



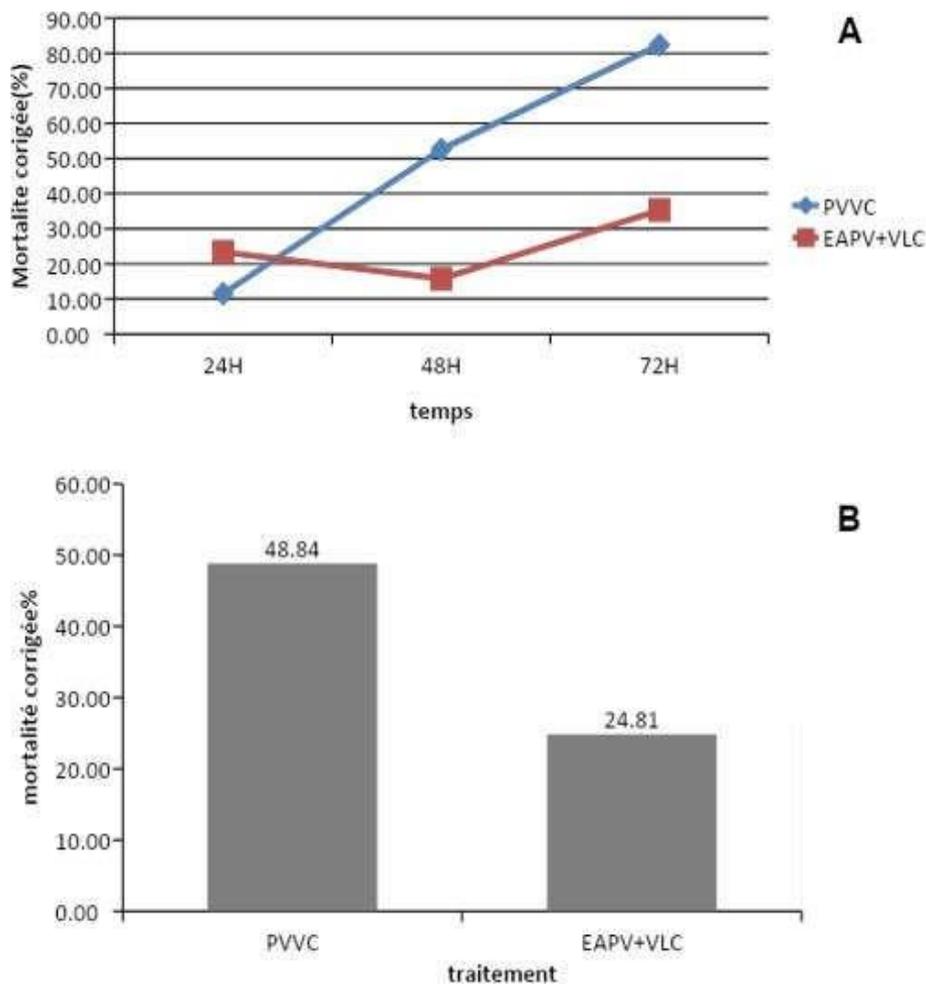
**Figure n°06 :** Estimation de la mortalité observée sous l'effet du vermicompost enrichi (par systémie).

**A : effet temporel / B : effet comparé des traitements**

(PVVC: poudre végétale vermicompost, EAPV : extrait aqueux, VLC : Vermicompost ,EAU : l'eau)

### Effet sur la mortalité corrigée du puceron du laurier rose *Aphis nerii*

Les résultats de l'effet temporel des taux de mortalité corrigés sous l'effet de vermicompost enrichi (par systémie) ont été testés sur les adultes d'*Aphis nerii* (Fig. A) il est à signaler que les fluctuations rapprochées chez PVVC et EAPV+VLC pendant les 24h et Mis à distance de manière significative dans les 48h et 72h qui atteindra son maximum au bout de 72h (figure n°07 A).

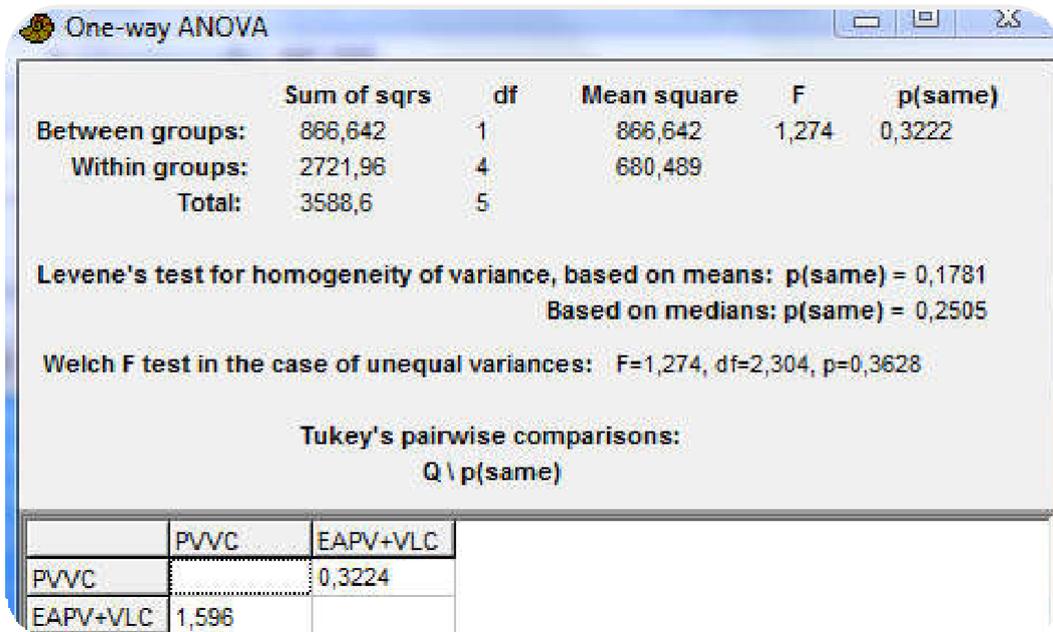


**Figure n°07 :** Estimation de la mortalité corrigée sous l'effet du vermicompost enrichi (par systémie).

**A : effet temporel / B : effet comparé des traitements**

(PVVC: poudre végétale vermicompost, EAPV : extrait aqueux, VLC : Vermicompost ,EAU : l'eau)

D'après les résultats obtenus par les analyses (One way ANOVA), les taux des mortalités corrigées est non significative, mais d'après La présentation graphique en histogramme qui montre la mortalité moyenne corrigée sous l'influence de vermicompost enrichi, effet comparé des traitements (Fig.B) on remarque que PVVC le plus toxique a 48,84% En comparaison avec EAPV+VLC a 24.81% (figure n°07 B) (figure n°08).



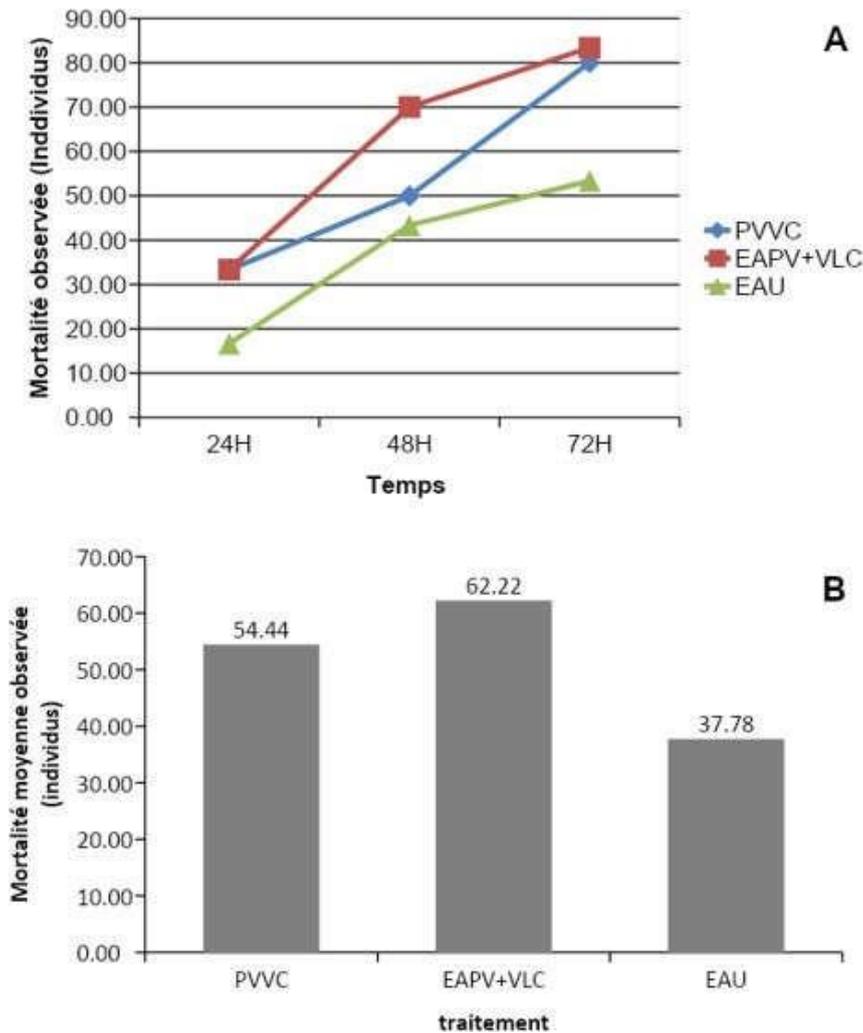
**Figure n°08 :** Test (One way ANOVA) appliqué à la mortalité corrigée par le mode systémique.

## 2. Évaluation de l'activité insecticide du vermicompost enrichi sur le puceron du laurier rose par pulvérisation (contact direct)

### Effet sur la mortalité observé du puceron du laurier rose *Aphis nerii*

Les résultats de l'effet temporel par pulvérisation de vermicompost enrichi en rapport avec le témoin ont été testés sur les adultes d'*Aphis nerii* (Fig. A) montrent que la mortalité temporelle augmente avec le temps dans tous les types d'application avec le PVVC et EAPV+VLC atteignant des valeurs convergentes pendant 72h d'exposition des populations de puceron aux traitements par rapport au témoin qui est plus faible (**figure n°09 A**).

La Représentation graphique de l'histogramme des données expérimentales pour comprendre les changements de la mortalité moyenne observés sous l'influence de vermicompost enrichi selon le mode pulvérisation (Fig. B) montre un effet insecticide plus important dans EAPV+VLC et PVVC par comparaison avec le témoin (**figure n°09 B**).



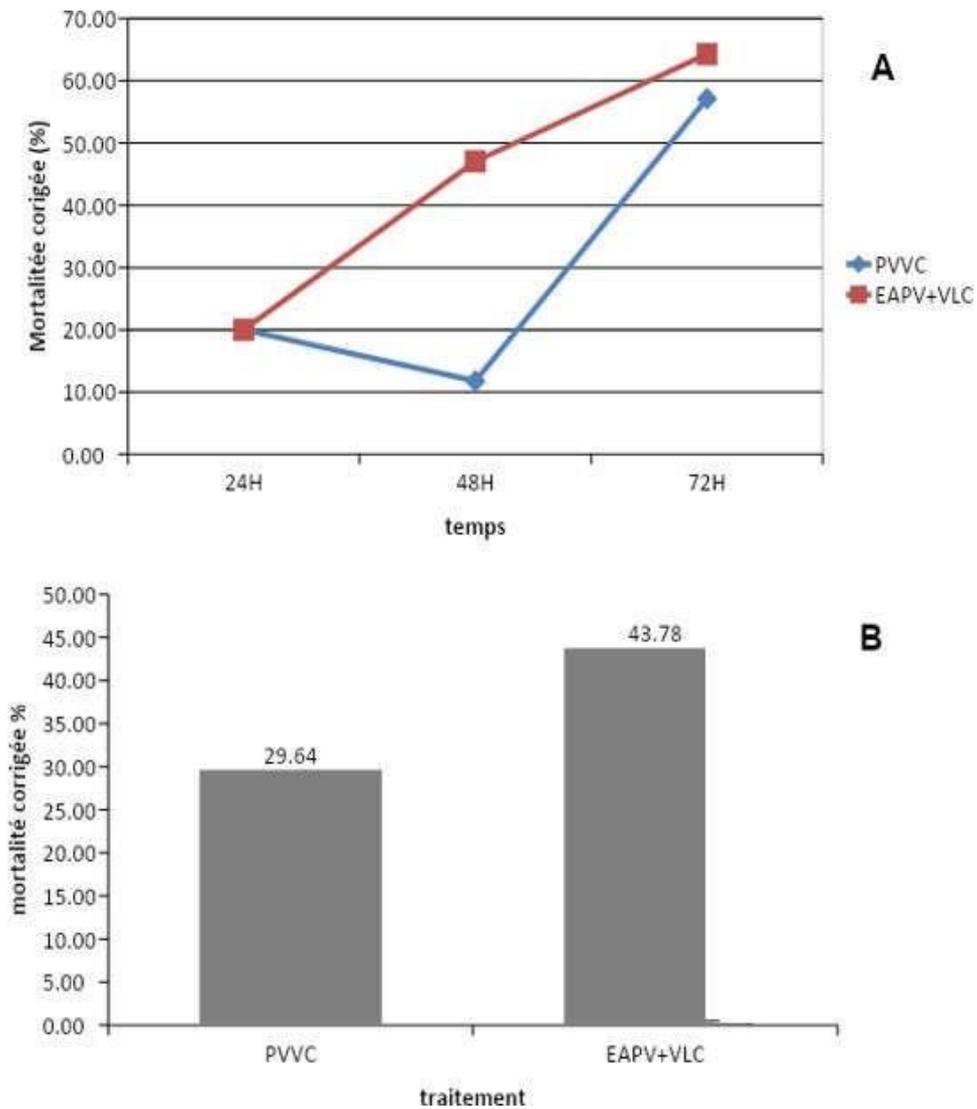
**Figure n°09** : Estimation de la mortalité observée sous l'effet de vermicompost enrichi (par pulvérisation).

**A : effet temporel / B : effet comparé des traitements**

(PVVC: poudre végétale vermicompost, EAPV : extrait aqueux, VLC : Vermicompost ,EAU : l'eau)

### **Effet sur la mortalité corrigée du puceron du laurier rose *Aphis nerii***

Les résultats de l'effet temporel des taux de mortalité corrigés sous l'effet du vermicompost enrichi (par pulvérisation) ont été testées sur les adultes d'*Aphis nerii*(Fig.A) il est à signaler que le PVVC et EAPV+VLC atteignant des valeurs convergentes pendant 24het 72h avec une différence remarquable pendant 48h d'exposition des populations de puceron aux traitements (**figure n°10 A**).

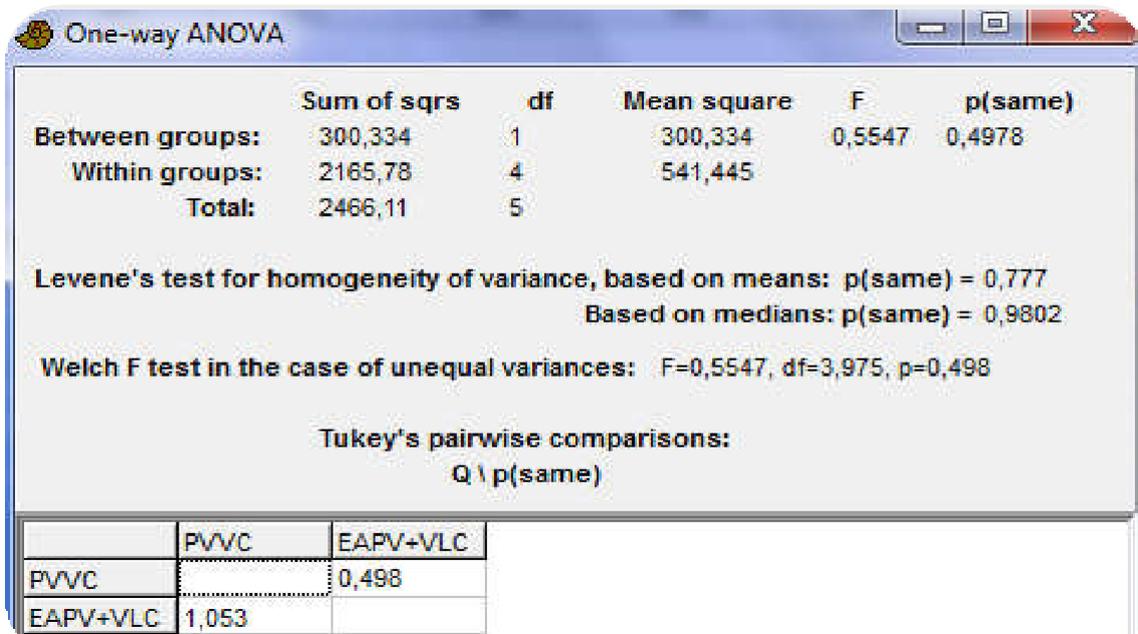


**Figure n°10** : Estimation de la mortalité corrigée sous l'effet de vermicompost enrichi (par pulvérisation).

**A : effet temporel / B : effet comparé des traitements**

(PVVC: poudre végétale vermicompost, EAPV : extrait aqueux, VLC : Vermicompost, EAU : l'eau)

D'autre part les résultats obtenues par les analyses de (One way ANOVA) sont non significatif mais La présentation graphique en histogramme qui montre la mortalité moyenne corrigée sous l'influence de vermicompost enrichi selon le mode pulvérisation (Fig.B) on remarque que le EAPV+VLC le plus toxique a 43,78% par comparaison avec le PVVC a 29,64% (**figure n°10 B**) (**figure n°11**).



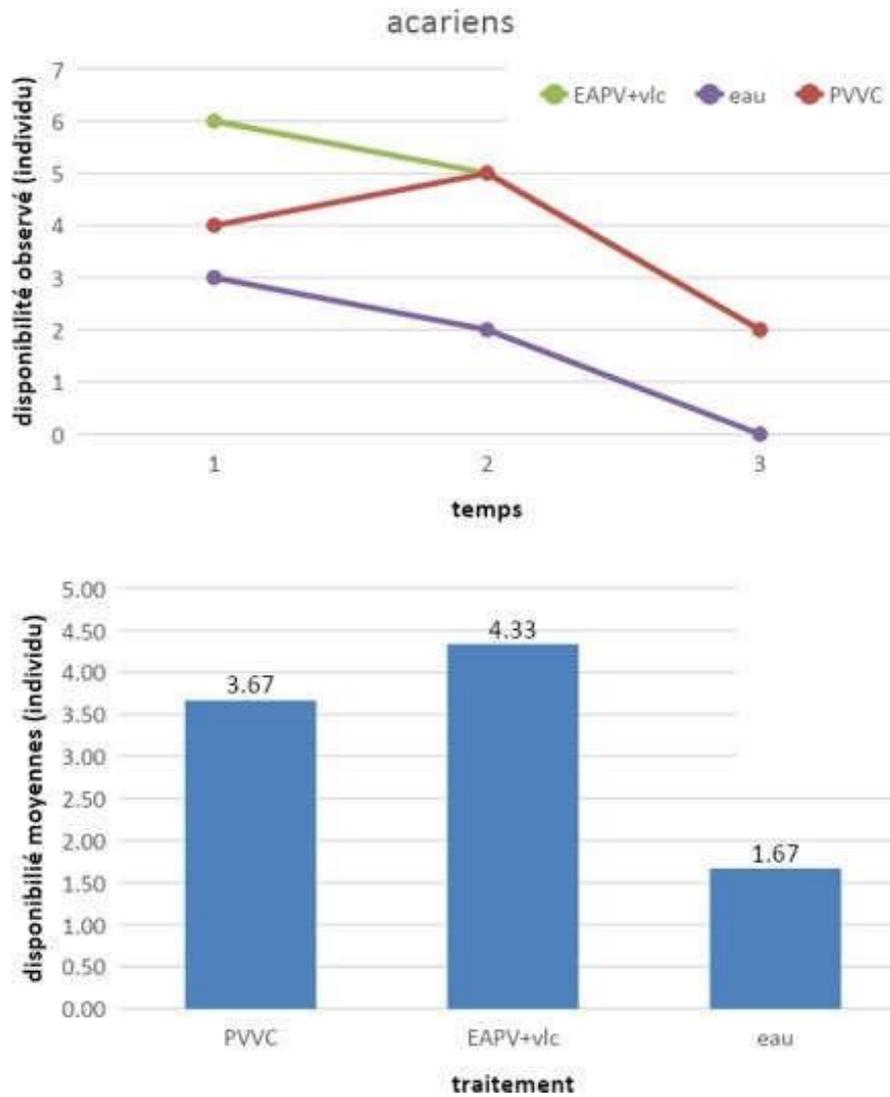
**Figure n°11** : Test One way ANOVA appliqué à la mortalité corrigée par le mode de pulvérisation.

### 3. Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur la pédofaune

#### Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur les acariens

Les résultats montrent que les parcelles élémentaires des échantillonnages ne renferment pas la même disponibilité des acariens et collemboles à cet effet nous exprimant l'effet des différents types de vermicompost enrichi selon les échantillons temporels dans chaque traitement (**figure n°12 AA'**).

La disponibilité des acariens sous l'effet de vermicompost enrichi avec contrôle temporel et comparé montre qu'il y a pas une diminution importante dans tous types des traitement EAPV+VLC et PVVC et le témoin avec EAPV+VLC un peu plus toxique avec 4.33 (**figure n°12 AA'**).

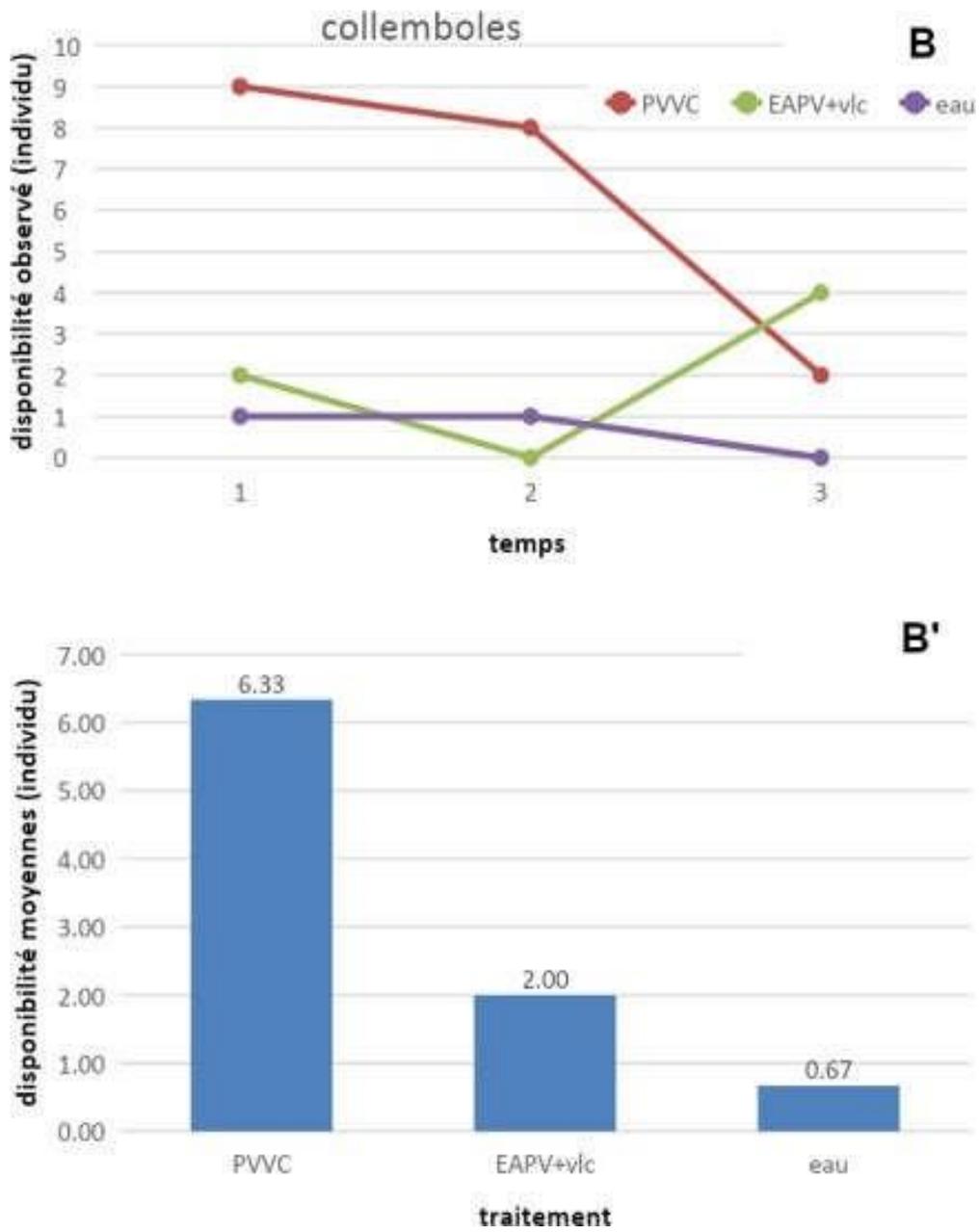


**Figure n°12 :** Estimation de la disponibilité des acariens sous l'effet de vermicompost enrichi.

### Évaluation de l'effet biocide de vermicompost enrichi sur les collemboles

Les résultats montrent que les parcelles élémentaires des échantillonnages ne renferment pas la même disponibilité des acariens et collemboles à cet effet nous exprimons l'effet des différents types de vermicompost enrichi selon les échantillons temporels dans chaque traitement (**figure n°13 BB'**).

La disponibilité des collemboles sous l'effet de vermicompost enrichi avec contrôle temporel et comparé montre qu'il n'y a pas une diminution importante dans tous les types de traitement EAPV+VLC et PVVC et le témoin avec PVVC un peu plus toxique avec 6.33 (**figure n°13 BB'**).



**Figure n°13** : Estimation de la disponibilité des collemboles sous l'effet de vermicompost enrichi.

**B** : effet temporel / **B'** : effet comparé des traitements

# *Chapitre 4 :*

## *Discussion*

L'utilisation des produits phytosanitaires pour le contrôle des ravageurs présentent des risques potentiels pour la santé humaine, la faune, l'environnement et la sécurité alimentaire. Ces produits chimiques peuvent également nuire à la biodiversité en éliminant les insectes bénéfiques et en contaminant les sols et les sources d'eau..Cela amène les chercheurs à trouver de nouvelles façons de Lutter, y compris la formulation de nouveaux biopesticides dérivés des plantes ou n'importe quelle matière organique, pour cibler et perturber les fonctions biochimiques des insectes...Dans cette optique, la présente étude vise à mettre en évidence l'effet des feuilles et de l'écorce de *Populus nigra* en poudre et extraits pour l'enrichissement du vermicompost comme un bio insecticide dans le but de les proposer aux agriculteurs.

### **1. Effet biocides du vermicompost enrichi avec extrait aqueux et de la poudre de *Populus nigra* sur les adultes du puceron de laurier rose *Aphis nerii***

Les résultats de la mortalité corrigée du puceron de laurier rose *Aphis nerii* traité de vermicompost enrichi avec extrait aqueux et la poudre ont montré que le PVVC (poudre végétale de *Populus nigra* que nous avons donné aux vers) est plus toxique en termes de mortalité que EAPV+VLC (extrait aqueux de la poudre végétal avec le vermicompost) . Nous expliquons cela que le vermicompost riche du chitinase qu'il tirait de sa nourriture qui est à base des plantes,

Selon **Adrangi et al., (2018)** qui a également annoncé que les insectes, les virus, les plantes et les vertébrés peuvent également synthétiser des chitinases à différentes fins, notamment la morphogenèse, la pathogenèse, le parasitisme et la défense. Il est connu que le vermicompost est très riche en enzyme chitinase. Cette enzyme est très utile pour induire la résistance des plantes aux ravageurs et aux maladies car elle décompose la chitine du corps des insectes et les parois cellulaires des agents pathogènes (**Ersahim Y.S, 2014**) .et puis, l'utilisation de chitinases en tant qu'agent bioinsecticide ait été envisagée (**Kramer and Muthukrishnan, 1997**).

Sur la base de la présence de la chitine chez les insectes, cette dernière représente un composé majeur de la cuticule du corps des insectes, donc Nous considérons que le métabolisme de la chitine est une cible potentielle de molécules insecticides et sa recherche discute de l'efficacité des chitinases brutes et purifiées extraites des excréments de poisson scorpions rouges dans la lutte contre le charançon du pois chiche (**Laribi, 2013**).

Nous notons que le biofertilisant sous ses différentes dilutions apportées a été capable de stimuler les défenses naturelles de la fève qui à son tour a pu synthétiser des molécules ayant agi sur le pouvoir biotique du puceron noir de la fève (**Djazouli et al., 2017**).

Nos résultats sont conformes à ceux de **Djazouli *et al.*, (2017)**, qui ont montré que l'utilisation des biofertilisants à base de lombricompost conduit à une perturbation de la fécondité et la disponibilité des populations d'*Aphis fabae* ; et que ce dernier est considéré comme étant un stimulateur des défenses naturelles des plants.

## **2. Effet biocides par contact direct et par systémie de vermicompost enrichi avec l'extrait aqueux et de la poudre de *Populus nigra* sur les adultes du puceron *Aphis nerii***

Les résultats de la mortalité corrigée du puceron de laurier rose *Aphis nerii* traité par le vermicompost enrichi par le mode systémie Ils nous ont donné des résultats efficaces par rapport au mode direct (pulvérisation), Nombreuses recherches montrent que le mode d'action des produits chimiques produits par les plantes peut agir de diverses manières sur les organismes cibles (**Lauwerys, 1990**).

Il met également en évidence l'importance du métabolisme de la chitine dans la croissance et le développement des insectes, ainsi que ses possibilités en tant que cible pour de nouveaux insecticides (**Mezendorfer et Zimoch, 2003**).

Dans les insectes, la chitine agit comme un matériau d'échafaudage soutenant l'exosquelette, les tubes respiratoires (trachées) ainsi que les matricules cuticulaires qui tapissent la surface de l'intestin (**Mezendorfer et Zimoch, 2003**).

## **3. Effet biocides de vermicompost enrichi de l'extrait aqueux et la poudre de *Populus nigra* sur la pédofaune**

Les résultats de la disponibilité des acariens et collembolés traité par le vermicompost enrichi de la poudre et extrait nous avons montré qu'il n'y a pas de mortalité importante et donc y a pas d'effet nocif sur la pédofaune sachant que les parcelles alimentaires ne renferment pas la même disponibilité des acariens et des collembolés,

L'enquête de **Verovtseva *et al.*, (2002)** sur le compost de vers a révélé une abondance de microorganismes appartenant aux genres *Acetobacter*, *Sphingobacterium*, *Aeromonas*, *Vibrio* et *Streptomyces* qui ont considérablement augmenté après la procédure de vermicompostage. Les données recueillies démontrent la prévalence de microorganismes dotés d'une activité hydrolysante élevée.

---

*Conclusion et  
Perspectives*

---

## Conclusion générale et perspectives

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet d'évaluation de l'activité insecticide du vermicompost par l'enrichir avec la poudre et de l'extrait aqueux des feuilles et de l'écorce de *Populus nigra* par effet direct sur les populations adultes du puceron de laurier rose *Aphis nerii* et par effet indirect sur la pédofaune, il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats relatifs sur les populations adultes du puceron du laurier rose (*Aphis nerii*) effet direct et systémique ainsi que sur la pédofaune du sol (effet indirect), traiter par le vermicompost enrichi par la poudre et l'extrait aqueux de *Populus nigra*, il nous a montré que le mélange de la poudre végétale avec le vermicompost expriment les meilleurs résultats du taux de mortalité temporelle, de la mortalité corrigée (48.84%) par comparaison avec l'extrait aqueux avec le vermicompost (24.81%), confirmé par les graphes expérimentales.

De plus, le mode systémique nous a donné des résultats efficaces par rapport au mode direct (pulvérisation), confirmé par les graphes expérimentaux.

La disponibilité des collembolés et des acariens sous l'effet de vermicompost enrichi de poudre et extraits aqueux *P.nigra*, a révélé qu'elle n'a pas été touchée par les traitements à part que EAPV+VLC un peu plus toxique, confirmé par les graphes expérimentaux.

Par conséquent, nous pouvons suggérer le compostage des déchets végétaux et leur utilisation comme bio pesticides de haute qualité, qui peuvent être considérés comme des moyens efficaces contre bio agresseurs.

En perspectives, les bioinsecticides à base de chitinase visent des améliorations de leur efficacité, des développements de formulations améliorées, une utilisation combinée avec d'autres méthodes de lutte antiparasitaire, des applications ciblées et durables, ainsi qu'une acceptation réglementaire accrue. Ces développements contribueront à promouvoir des méthodes plus durables et respectueuses de l'environnement pour la gestion des insectes nuisibles

---

***RÉFÉRENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

---

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Adrangi P., Faramarzi M., karasuda N., Shinoda M. (2018)** : Microbial and viral Microbial and viral chitinasas : Attractive biopesticides for integrated pest management; biological advances. and disease attacks. *BioCycle*, pp.51–53.
- **Ahmed R., Deka H. (2022)**. Vermicomposting of patchouli bagasse—A byproduct of essential oil industries employing *Eisenia fetida*.
- **Arancon, N. Q., Edwards, C. A., & Bierman, P. (2006)**. Influences of vermicompost on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97(6), 831–840.
- **Chaichi W., Djazouli Z.-E., Djemai I., Abdelkader S. H., Ribera I. et Nancé J. M. (2017)**. Stimulation des défenses naturelles par l'application d'un lombricompost. Effet sur les paramètres populationnels d'*Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae) et la qualité phytochimique de la fève. *Lebanese Science Journal*, 18(1) : 81-97.
- **Chandler D. et al. (2011)**. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B.*, 366(1573), 1987-1998.
- **Cohen. E. (2009)**. Chitin. *Encyclopedia of Insects*, pp 156–157.
- **Deravel J., Krier F. & Jacques P., (2014)**. Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 18(2), 220–232.
- **Durak, A., Altuntaş, Ö., Kutsal, İ. K., Işık, R., et Karaat, F. E. (2017)**. The Effects of Vermicompost on Yield and Some Growth Parameters of Lettuce. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(12), 1566.
- ECOLE NATIONALE POLYTEHNIQUE D'ALGER. 154p
- *Environmental Technology & Innovation*, 25, 102232p

- **Ersahim Y.S. (2014)** .The Use of Vermicompost Products to Control Plant Diseases and Pests. A. Karaca (ed.), *Biology of Earthworms, Soil Biology* 24, DOI 10.1007/978-3-642-14636-7\_12, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- **Gagaoua ,Y 2012** : Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam 46p
- **Gomez-Brandon, M., & Domínguez, J. (2014)**. Recycling of solid organic wastes through vermicomposting: Microbial community changes throughout the process and use of vermicompost as a soil amendment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(12), 1289–1312.
- **IFOAM. (2014)**. Principles of organic agriculture 2014
- **Jeroen B., Irene K., Joep van Lidth de Jeude., Jan O., (2004)**. Les pesticides : composition, utilisation et risques ; *Agrodok* 29, Wageningen 2004, 124p.
- **Julien Saguez.(2007)**. Dérégulation des activités chitinasés : vers de nouvelles perspectives de lutte contre les aphides. *Sciences du Vivant*[
- **Kramer, K.J. and Muthukrishnan, S. (1997)** Insect Chitinases: Molecular Biology and Potential Use as Biopesticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 27,887-900.
- **Kramer, K.J. and Muthukrishnan, S. (1997)** Insect Chitinases: Molecular Biology and Potential Use as Biopesticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 27,887-900.
- **LARIBI HASSIBA -HABCHI.(2013)**. Purification et caractérisation des chitinases extraites de la biomasse marine et son application comme bioinsecticide à l'égard de la bruche de pois chiche : *Callosobruchus maculatus* (F).thèse de doctorat ,
- **LARIBI HASSIBA -HABCHI.(2013)**. Purification et caractérisation des chitinases extraites de la biomasse marine et son application comme bioinsecticide à l'égard de la bruche de pois chiche : *Callosobruchus maculatus* (F).thèse de doctorat ,
- **Lauwerys R.( 1990)**. Les composés organiques volatils (COV) : définition, classification et propriétés. *Revue des Maladies Respiratoires* Vol 25, Issue 2, Pages 155-163.

- **Lauwerys R.( 1990).** Les composés organiques volatils (COV) : définition, classification et propriétés. *Revue des Maladies Respiratoires* Vol 25, Issue 2, Pages 155-163.
- **Lengai G. M. W. & Muthomi J. W., (2018).** Biopesticides and Their Role in Sustainable Agricultural Production. *Journal of Biosciences and Medicines*, 06(06),7–41
- **Lengai G. M. W. & Muthomi J. W., (2018).** Biopesticides and Their Role in Sustainable Agricultural Production. *Journal of Biosciences and Medicines*, 06(06),7–41
- **Lombricomposteur., (2022).** Tout sur la lombriculture : Définition, histoire, fonctionnement et intérêtS , *Lombricomposteur : Guide d'achat comparatif 2022*
- **Lombricomposteur., (2022).** Tout sur la lombriculture : Définition, histoire, fonctionnement et intérêtS , *Lombricomposteur : Guide d'achat comparatif 2022*
- **Mezendorfer H., Zimoch L. (2003) .**Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *The Journal of ExperimentalBiology (The Company of Biologists Ltd)*-Vol. 206, Iss: 24, pp 4393-4412.
- **Mezendorfer H., Zimoch L. (2003) .**Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *The Journal of ExperimentalBiology (The Company of Biologists Ltd)*-Vol. 206, Iss: 24, pp 4393-4412.
- **Nagavallemma, K.P., Wani, S.P., Lacroix, S., Padmaja, V.V., Vineela, C., Babu., Rao, M.; Sahrawat, K.L., (2004).** Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on AgrecosystemsReport no. 8.Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for theSemi- Arid Tropics. p. 20.Families.800 pp.*
- **Nagavallemma, K.P., Wani, S.P., Lacroix, S., Padmaja, V.V., Vineela, C., Babu., Rao, M.; Sahrawat, K.L., (2004).** Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on AgrecosystemsReport no. 8.Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for theSemi- Arid Tropics. p. 20.Families.800 pp.*
- **Neuhaus J.M .,(1999).** Plant chitinases (PR-3, PR-4, PR-8, PR-11) In: Datta SK et Muthukrishnan S, *Pathogenesis-Related proteins in plantsCRC Press, Boca Raton.*

- **Pathma J., Sakthivel N. (2014).** Microbial and functional diversity of vermicompost bacteria. In *Bacterial Diversity in Sustainable Agriculture* Springer, Cham, pp 205–225.
- **Perraki A., Wilson K.S., Chet J., Oppenheim A.B. and Vorigiase C.E., (1993).** phylogenetic relationships of chitinase in chitin enzymology, edited by Muzzarelli R. AA ancona: european chitin society .217-232.
- **Qi Y. (2012).** Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. *International Journal of Environmental Studies*, 69, pp.173–174
- **Regnault-Roger C., Philogene B. J.R., Vincent C., (2008)** - Biopesticides d'origine végétale, 2ème édition. Éditions Tec & Doc Lavoisier, 576 p.
- **Saguez J. (2007).** Dérégulation des activités chitinasés : vers de nouvelles Perspectives de lutte contre les aphides. Thèse de Doctorat, Université de Picardie Jules Verne France. 149 p.
- **Sellami S., Tounsi S. & Jamoussi K., (2015).** La lutte biologique, alternative aux produits phytosanitaires chimiques. *Journal Of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 19(5), 736–743.
- **Singh, N. B., Khare, A. K., Bhargava, D. S., et Bhattavharya. (2005).** Effect of initial substrate pH on
- **Singh, R., Sarma, R., Satyendra K., Gupta R. & Patil R. (2008).** Vermicompost Substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* (Duch.)). *Biorecourse Technology* 99, pp.8502-8511.
- **Singh, S., Khwairakpam, M., & Tripathi, C. N. (2013).** A comparative study between composting and vermicomposting for recycling food wastes. *International Journal of Environment and Waste Management*, 12(3), 231.
- **St-Pierre M.A. (1998).** Lombricompostage de fientes de poulet et de résidus de scierie. Thèse de M.sc, Université Laval, Canada, 98p vermicomposting using *Perionyx excavatus* (PERRIER, 1872). *Applied Ecology and -Environmental Research*, 4(1), 14.

- **Verkhovtseva N.V., Osipov G.A., Bolysheva T.N., Kasatikov V.A., Kuzmina N.V., Antsiferova E.J., Alexeeva A.S.(2002)**- Comparative Investigation of Vermicompost Microbial Communities. in: Heribert Insam., Nuntavun Riddech M. Sc., Mag. Susanne Klammer microbiologyof composting.univ.doz,pp 99-108.
- **Vig A.P., Singh J., Suthar S . (2022)**. Earthworm Engineering and Applications
- **Werrie P. Y., Durenne B., Delaplace P. & Fauconnier M. L., (2020)**. Phytotoxicity of essential oils: Opportunities and constraints for the development of biopesticides. A review. *Foods*, 9(9), 1–24.
- **Zaki O., Weekers F., Thonart P., Tesch E., Kuenemann P. & JacquesP., (2020)**. Limiting factors of mycopesticide development. *Biological Control*, 270p.