

OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE NÉOENGRAIS PAR L'ENRICHISSEMENT DU VERMICOMPOST ET SON APPLICATION

BELKHOUMALI Sarah^{1*}, DOUAIRI Sarah¹, HELALI Selma¹ et DJAZOULI Zahr-Eddine¹

1. Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, Département de Biotechnologie et Agro-Écologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, B.P 270, route de Soumaa, 09100, Blida, Algérie.

Reçu le 25/01/2023, Révisé le 01/06/2023, Accepté le 05/06/2023

Résumé

Description du sujet : Le vermicompost est produit à partir de déchets organiques par des interactions entre les vers de terre et les microorganismes mésophiles, c'est une matière organique finement divisée et entièrement stabilisée, avec une grande activité microbienne. Son application sur les plantes cultivées a permis d'augmenter la croissance des cultures de façon spectaculaire et significative, indépendamment de l'apport en éléments nutritifs, le vermicompost peut également réduire les populations de ravageurs des cultures.

Objectifs : Optimiser l'activité insecticide du vermicompost par l'augmentation du ratio chitinase à travers son enrichissement par des apports de matières végétales de *Populus nigra*.

Méthodes : Toutes les expériences ont été menées L'optimisation de l'activité insecticide a été conduite par le mélange des extraits aqueux et méthanolique des feuilles et de l'écorce de *Populus nigra* en ratio avec le vermicompost. D'une part, l'effet direct (contact) a été évalué sur les populations adultes du puceron du laurier rose *Aphis nerii* dans une chambre de culture à 25±2°C, 60±10% HR, et une photopériode de 14:10 (L:D). Des estimations journalières ont été effectuées pour évaluer la fécondité, et la longévité des adultes ainsi que la survie des stades immatures. D'autres parts, l'effet indirect (résiduel) a été apprécié sur la pédofaune dans les conditions naturelles. La disponibilité des bioindicateurs a été considérée.

Résultats : Les résultats obtenus ont révélés que les vermicomposts enrichis en extrait méthanolique et aqueux du mélange feuilles et écorce de *Populus nigra* sont les plus toxiques. L'effet le plus néfaste a été enregistré dès 72h de leurs applications par apport au témoin. En revanche l'évaluation de l'effet résiduel des vermicomposts enrichis sur la pédofaune a montré que la disponibilité des collemboles et des acariens sont très sensible à l'extrait méthanolique des feuilles par rapport à l'extrait aqueux des feuilles a parti de 72 h d'exposition. Cependant, les vermicomposts enrichis en extrait méthanolique et aqueux du mélange feuilles et écorce de *Populus nigra* s'avèrent les plus toxiques sur les cohortes de collemboles et acariens dès 48 h d'exposition.

Conclusion : Sur la base de nos résultats, une combinaison du vermicompost aux extraits aqueux des feuilles et des écorces de *Populus nigra* assure une bonne couverture sanitaire aux plantes cultivées en plus de son effet nutritionnel. Le néoengrais obtenu pourrait jouer un rôle clé dans la gestion des bioagresseurs.

Mots clés: Extraits aqueux, Extrait méthanolique, pédofaune, systémie, fécondation, vermicompost

OPTIMIZATION OF NEO-FERTILIZER PRODUCTION BY VERMICOMPOST ENRICHMENT AND ITS APPLICATION

Summary

Description of the subject: Vermicompost is produced from organic waste by interactions between earthworms and mesophilic microorganisms, it is a finely divided and fully stabilized organic matter with high microbial activity. Its application on cultivated plants has increased the growth of crops dramatically and significantly, regardless of the supply of nutrients, vermicompost can also reduce the populations of crop pests.

Objectives: Optimize the insecticidal activity of vermicompost by increasing the chitinase ratio through its enrichment with *Populus nigra* plant matter.

Methods: All experiments were conducted Optimization of the insecticidal activity was conducted by mixing the aqueous and methanolic extracts of *Populus nigra* leaves and bark in ratio with vermicompost. On the one hand, the direct effect (contact) was evaluated on adult populations of the oleander aphid *Aphis nerii* in a growth chamber at 25±2°C, 60±10% RH, and a photoperiod of 14:10 (L:D). Daily estimates were made to evaluate fecundity, and longevity of adults as well as survival of immature stages. In addition, the indirect (residual) effect was assessed on soil fauna under natural conditions. The availability of bioindicators was considered.

Results: The results obtained revealed that the vermicomposts enriched in methanolic and aqueous extract of the mixture of leaves and bark of *Populus nigra* are the most toxic. The most harmful effect was recorded from 72h of their applications compared to the control. On the other hand, the evaluation of the residual effect of the enriched vermicomposts on pedaufone showed that the availability of springtails and mites is very sensitive to the methanolic extract of the leaves compared to the aqueous extract of the leaves after 72 hours of exposure. However, vermicomposts enriched with methanolic and aqueous extracts of *Populus nigra* leaves and bark proved to be the most toxic to the cohorts of springtails and mites from 48 h of exposure.

Conclusion: The control of this species requires more research to identify the optimal control methods to limit its spread.

Key words: Aqueous extracts, methanolic extract, pedofauna, systematics, fertilization, vermicompost.

*Auteur correspondant : BELKHOUMALI Sarah, E-mail : sbelkhoulali@hotmail.fr

INTRODUCTION

Les biostimulants stimulent la croissance et le développement des plantes tout au long du cycle de croissance de plusieurs façons, (i) ils améliorent le métabolisme, le rendement et la qualité des cultures, (ii) ils améliorent la tolérance aux contraintes abiotiques, (iii) ils facilitent l'assimilation, la translocation et l'utilisation des nutriments, (iv) ils améliorent certaines propriétés physico-chimiques du sol et stimulent le développement des microorganismes du sol. Ils fonctionnent comme des régulateurs de croissance à faibles doses en améliorant la nutrition et le métabolisme des plantes [1, 2]. Des processus biologiques tels que le vermicompostage permettent de convertir les déchets végétaux en un engrais organique utile. Le vermicompost est un engrais organique écologique, qui est produit par la digestion d'une large variété de déchets organiques par les vers de terre (*Eisenia foetida*). La digestion de la matière organique par les vers de terre produit le vermicompost solide accompagné d'une phase liquide résultant des processus de lixiviation. Les deux fractions sont naturellement enrichies en substances humiques actives, dont l'humate, l'un des substances humiques ayant des effets similaires à ceux des régulateurs de la croissance des plantes. Il contient également une teneur élevée en macroéléments (tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium) et en oligoéléments (tels que le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse), des composés phénoliques, et des phytohormones, connues pour avoir des effets positifs sur la physiologie des plantes [3 - 7].

L'application du vermicompost dans une approche phytosanitaire, permet d'améliorer la fertilité biologique des sols, et la croissance des plantes [8]. L'utilisation de différents types de vermicompost développé à partir de déchets végétaux (déchets ménagers, marc de café et résidus de cultures) a aidé dans la suppression de divers insectes parasites tels que le foreur de maïs européen [9], les pucerons et les cochenilles [10] notamment *Myzus persicae* [11] et *Pseudococcus spp.* [12]. Plusieurs rapports ont également démontré que l'addition de vermicompost a diminué l'incidence de *Spodoptera litura*, *Helicoverpa armigera*, *Apoaerema modicella*, *Empoasca kerri*, *Aphis craccivora* et les acarides inféodés aux arachides [13, 14].

Cette action de répression à l'encontre des bioagresseurs est due à la richesse du vermicompost en enzyme chitinase. Cette enzyme est très utile pour induire une résistance aux plantes face aux ravageurs et aux maladies car elle peut décomposer la chitine du corps des insectes et les parois cellulaires des pathogènes [15]. Les chitinases sont également produites par de nombreux organismes (bactéries, virus, champignons, animaux) et sont impliquées dans de nombreux processus nutritionnels et développementaux. L'absence de chitine dans le règne végétal et chez les vertébrés fait de cette molécule une cible d'intérêt dans le cadre du développement de nouveaux programmes de lutte contre les ravageurs et pathogènes des cultures [16].

Les chitinases sont très répandues dans la nature, on les trouve chez les bactéries, les champignons, les plantes, les invertébrés (principalement les nématodes) [17], les insectes et les crustacés [18]. Les chitinases végétales sont les plus étudiées à l'heure actuelle. Bien que ne possédant pas de chitine, les plantes produisent des chitinases qui peuvent être constitutives ou induites. Les chitinases végétales qui sont produites constitutivement, sont réparties différemment dans la plante, selon l'espèce, le stade de développement ou le type d'organe considéré [19]. D'autre part, les chitinases végétales appartiennent à la famille des PR (protéines reliées à la pathogénèse) [20] jouant un rôle important dans le mécanisme de défense contre les organismes qui contiennent de la chitine tels que les champignons pathogènes et les insectes.

Notre étude a porté sur à l'optimisation de l'activité insecticide du vermicompost par l'apport de ratios des extraits méthanolique et aqueux d'écorce et de feuilles de *Populus nigra*. L'activité insecticide a été évaluée par effet direct sur les populations adultes du puceron de laurier rose *Aphis nerii* et par effet indirect sur la pédofaune d'une jachère. Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses : (i) Quel serait l'impact des applications des extraits méthanoliques et aqueux des feuilles et des écorces de *Populus nigra* sur les femelles adultes d'*Aphis nerii* ?, (ii) Les extraits aqueux et méthanoliques des deux compartiments (rameaux et feuilles) du peuplier noir présentent-elles le même effet toxique ?, (iii) Les ratios (extraits aqueux et méthanoliques et vermicompost) présentent-elles la même toxicité ?

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'objectif de cette étude est l'optimisation de l'activité insecticide du vermicompost par l'addition de différents ratios d'extraits méthanoliques et aqueux des feuilles et d'écorce du peuplier noir (*Populus nigra*) L.. Les réponses obtenues de cette expérimentation envisageraient un référentiel pour le développement d'un biostimulant à activité insecticide très marquée sur la base de la sélection du ratio le plus adéquat en termes d'efficacité bioinsecticide.

1. Matériel d'étude

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de feuilles et d'écorces du peuplier noir (*Populus nigra* L.). Ce sont des essences d'alignement âgées de 20 ans poussant au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1. La récolte des feuilles a été réalisée durant la phase de feuillaison de l'essence, cependant les écorces ont été récoltées sur des rameaux aoûtés. Le séchage du matériel végétal a été effectué dans une étuve ventilée (Memmert) réglée à 45°C pendant 48 heures. Les feuilles et l'écorce ont été réduites en poudre à l'aide d'un broyeur à hélice (Kenwood). Enfin, un tamisage a été effectué à l'aide d'une passoire en fer qui permet la transition des particules sans s'accrocher.

1.2. Jus de vermicompost

Le vermicompost utilisé dans cette étude a été produit dans le laboratoire de Biotechnologie des productions végétales de l'Université de Blida 1 (Algérie), par vermicompostage de déchets alimentaires à l'aide du ver de terre *Eisenia foetida* et en suivant les recommandations de Ndegwa et Thompson (2001). Le vermicompost liquide collecté a précédemment montré qu'il contenait 678 mg L⁻¹ d'acides humiques, 46,04 mg L⁻¹ de Polyphénols, 8,474 mg L⁻¹ d'Anthocyanes, 89 mg L⁻¹ C-glycosides, 290 µg ml⁻¹ Sucres solubles, 8,84 nmole ml⁻¹ Putrescines, 12,91 nmole ml⁻¹ Spermidines, 12,39 nmole ml⁻¹ Spermines, 4,7 mg L⁻¹ P, 907 mg L⁻¹ Na⁺, 3,54 mg L⁻¹ K⁺, 0,158 mg L⁻¹ Mg⁺², 0,157 mg L⁻¹ Ca⁺² et des Phytohormones dont, l'acide abscissique et métabolites (ABA) 13,74 pmol ml⁻¹, l'acide jasmonique (JA) 1,46 pmol ml⁻¹, l'acide salicylique (SA) 164,89 pmol ml⁻¹, l'acide benzoïque (BzA) 449,73 pmol ml⁻¹, l'acide phénylacétique (PAA) 5,24 pmol ml⁻¹ et l'acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC) 196,99 pmol ml⁻¹,

avec comme composé majoritaire, l'acide benzoïque et comme composé minoritaire, l'acide jasmonique [21, 22].

2. Préparation des extraits méthanoliques et aqueux de de *Populus nigra*

Les feuilles et l'écorce de *Populus nigra* réduites en poudre fine seront destinées à préparer l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique respectivement. 1g de poudre végétale a été extrait avec 10 ml d'eau à 80°C pendant 3h [23]. 60 mg de poudre végétale ont été rajoutés à 2 ml de méthanol à 80% à température ambiante, ces macérats ont été homogénéisés pendant 2h sur un homogénéiseur de rotation à 15 tr / min, puis centrifugés à 10.000 g. pendant 15 min (SIGMA 2-16K, UK) [24, 25]. Les surnageants provenant des extraits aqueux et méthanoliques après centrifugation ont été récupérés et conservés dans des flacons en verre, soigneusement fermés, à l'abri de la lumière, dans un réfrigérateur à 4°C.

3. Méthode expérimentale

Nous avons conçu sept extraits avec des ratios vermicompost (VLC), extrait aqueux (EA) et extrait méthanolique (EM). Cette approche mettra en application une méthodologie d'aide à la sélection d'extraits de plantes potentiellement intéressants, a priori, pour renforcer l'activité insecticide du vermicompost. au regard des objectifs visés nous avons préconisé les ratios suivants : E1 : 50 ml VLC + 50 ml EM feuilles, E2 : 50 ml VLC + 50 ml EM écorce, E3 : 50 ml VLC + 50 ml EA feuilles, E4 : 50 ml VLC + 50 ml EA écorce, E5 : 50 ml VLC + 25 ml EM feuilles + 25 ml EM écorce, E6 : 50 ml VLC + 25 ml EA feuilles + 25 ml EA écorce, E7 : VLC dilué (100 ml /1 L. d'eau de ville).

4. Évaluation de l'activité insecticide des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra* L. sur le puceron de *Lorus nobilis* (*Aphis neirii*)

Les tests d'activité insecticide des différents ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux ont été conduits sur des rameaux de laurier rose infestés par *Aphis neirii*. Les rameaux de laurier rose infestés sont placés dans des tubes en verre de 100 ml, remplies d'eau de ville. Le dispositif est maintenu dans un Phytotron Helios 600 (27°C, 60% H, 10h d'obscurité et 14h lumière), afin d'assurer le maintien de la vitalité de l'organe végétale le long de l'expérience.

4.1. Méthode par systémie

10 femelles adultes aptères d'*Aphis neirii* ont été disposées séparément sur les feuilles des rameaux de laurier rose. Une prise de 50 ml des différents de ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux a été introduite dans le tube en verre. Ainsi, le principe actif sera en contact avec les adultes aptères d'*Aphis neirii* par systémie. Chaque traitement (E1-E7) a été répété 5 fois, soit 50 individus par traitement. Après traitement, les dénombrements des individus vivants et morts ont été effectués après 24h, 48h et 72h, sous une loupe binoculaire. Pour le témoin la prise de 50 ml d'eau de ville a été retenue.

4.2. Méthode par pulvérisation

10 femelles adultes aptères d'*Aphis neirii* ont été disposées séparément sur les feuilles des rameaux de laurier rose. Une prise de 50 ml des différents de ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux a été pulvérisé sur les rameaux infestés par les adultes d'*Aphis neirii* chaque 24h pendant 3 jours. Ainsi, le principe actif sera en contact avec les adultes aptères d'*Aphis neirii* par contact direct. Chaque traitement (E1-E7) a été répété 5 fois, soit 50 individus par traitement. Après traitement, les dénombrements des individus vivants et morts ont été effectués après 24h, 48h et 72h, sous une loupe binoculaire. Le témoin a été pulvérisé par l'eau de ville.

4.3. Paramètres mesurés

- **Estimation de la mortalité corrigée :** Afin d'éliminer tous risquent de mortalité naturelle, nous avons déterminé la mortalité Corrigée selon la formule d'Abbott [26]. $MC\% = (M - Mt \times 100) / (100 - Mt)$, Avec : *MC*: la mortalité corrigée, *M*: pourcentage de morts dans la population traitée, *Mt*: pourcentage de morts dans la population témoin.

- **Estimation de la fécondité :** Le nombre des formes biologiques (Larve L1 et Adultes) est estimé quotidiennement a fin d'appréhender la fluctuation de la fécondité sous l'effet des différents traitements. La fécondité est estimée par le rapport suivant : $FEC = NL / NF$. Avec : *FEC* : Fécondité, *NL* : nombre des larves, *NF* : nombre des femelles [27].

5. Évaluation de l'activité insecticide des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra* L. sur la pédofaune

5.1. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit en plein champs au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1, en utilisant les différents ratios

vermicompost/extraits méthanolique et aqueux (E1-E7). Les différents traitements ont été comparés à un témoin négatif (eau de ville). Pour cela, nous avons choisi huit parcelles de 0,5 m² pour réaliser notre étude. Dans chaque parcelle 200 ml des traitements suscités ont été appliqués par pulvérisation sur sol nu. Le dispositif est mené en trois répétitions. L'échantillonnage du sol a été réalisé 24h, 48h et 72h après traitements. Dans chaque parcelle nous avons effectué quatre prélèvements aléatoire. Le paramètre température a été pris en considération, où les prélèvements se sont opérés à 9h du matin.

5.2. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement du sol

Nos prélèvements de sols ont été effectués aléatoirement après 24h, 48h et 72h de la pulvérisation des différents traitements. Pour chaque prélèvement, 4 répétitions ont été réalisées dans les différents blocs étudiées. Le prélèvement de 20 cm² de sol et à 15 cm de profondeur a été réalisé pour chaque échantillon. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une binette. Les échantillons de sol accompagné d'une fiche de renseignement ont été conservés dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement [28].

5.3. Extraction, identification et comptage de la mésofaune

L'extraction de la mésofaune du sol est réalisée par la méthode dite de «Berlese Tullgren» [29]. Son principe consiste à placer un volume de terre connu pendant sept à dix jours sur le tamis surplombant l'extracteur constitué d'un entonnoir afin de dessécher lentement l'échantillon du haut vers le bas. Chassée ainsi par la dessiccation progressive de la terre, la faune (collemboles, acariens, myriapodes, et petites larves d'insectes) quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un béccher contenant de l'alcool à 70% [30]. Les microarthropodes ainsi récoltés à partir des échantillons ont été identifiés ensuite comptés sous loupe binoculaire.

6. Analyses statistiques des données

L'analyse statistique a concerné l'impact des différents ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra* sur la mortalité des populations adultes du puceron du laurier rose et sur la pédofaune. 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 [31].

La tendance de la variation temporelle de la disponibilité des acariens et des collemboles par rapport à leurs réactions aux différents ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux de *Populus nigra* ont été établies par une analyse factorielle des correspondances (A.F.C.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariée a été conduite par le logiciel Past version 3.2. [31].

RÉSULTATS

1. Évaluation de l'activité insecticide des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux sur les populations adultes d'*Aphis neirii*

La présentation graphique en Box Plot des données expérimentales est avancée dans le but

d'apprécier la variation des mortalités observées sous l'effet des différents traitements selon le mode systémique (Fig. 1A et B) et le mode pulvérisation (Fig. 1C et D). L'évolution temporelle de la mortalité observée chez les populations adulte d'*Aphis neirii*, montre un effet insecticide plus important selon le temps d'exposition de la cohorte aphidiène, obéissant à un gradient positif 24h<48h<72h pour les deux modes (Fig. 1Aet C).

La comparaison des mortalités observées sous l'effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux annonce une similarité d'effet entre le mode systémique (Fig. 1B) et le mode de pulvérisation (Fig. 1D), où l'EM-F-E-VLC, EA-F-E-VLC, EM-F et EM-E sont les traitements les plus toxiques par comparaison aux autres ratios. Cependant, le mode systémique, dépasse largement le mode pulvérisation en termes de mortalité observée maximale.

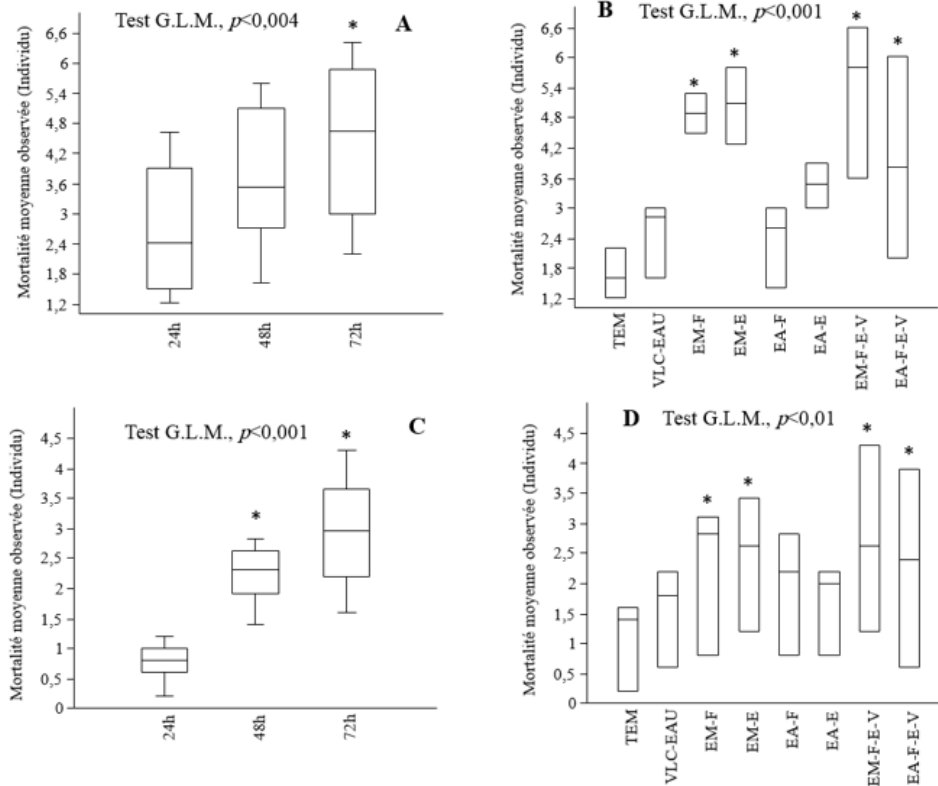


Figure 1 : Estimation de la mortalité observée sous l'effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux A et B: Effet par systémie (effet temporelle & effet comparé des traitements), C et D : Effet par pulvérisation (effet temporelle & effet comparé des traitements), (TEM : Témoin, VLC : Vermicompost, EM : Extrait méthanolique, EA : Extrait aqueux, F : Feuilles de *Populus nigra*, E : Ecorce de *Populus nigra*)

Une analyse type G.L.M a été utilisée pour le facteur temps d'exposition et le facteur traitements. Les résultats sont consignés dans le tableau 1. À partir des résultats obtenus, nous remarquons que le temps d'exposition enregistre

un effet très significative sur le taux de mortalité corrigée des populations adulte d'*Aphis neirii* pour l'ensemble des traitements ($p < 5\%$). Le test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey,

désigne pour les ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra*, la présence de 3 groupes homogènes relatifs aux paliers temporels d'activité insecticide pour les deux modes. Le premier palier est signalé à 24h d'exposition montrant le taux de mortalité le plus faible, affilié au groupe homogène (C). Le deuxième palier est remarquable après 48h d'exposition montrant une mortalité corrigée modérée, affilié au groupe homogène (B). Enfin, le troisième palier est visible dès 72h d'exposition exprimant le taux de mortalité corrigée le plus important, affiliée au groupe homogène (A) (tableau 1). Concernant, le facteur traitements, l'analyse de la variance montre que la mortalité corrigée est significativement tributaire du type

des ratios ($p < 5\%$). Les résultats du test de Tukey reportés dans le tableau 1 (effet par systémie), montrent globalement la présence de 4 groupes homogènes d'efficacité (a, b, c et d), dont la mortalité corrigée la plus marquée est allouée aux ratios EM-F-E-VLC et EA-F-E-VLC formant ainsi le groupe homogène (a), les EM-F et EM-E sont consignés dans le groupe homogène (b), induisant des taux de mortalités moyennement importantes. Cependant, VLC-EAU & EA-E et EA-F sont désignés par les groupes homogènes (c) et (d) renferment simultanément le taux de la mortalité corrigée le moins importante. En mode pulvérisation, le ratio EM-F-E-VLC étant le plus toxique.

Tableau 1 : Moyennes arithmétique (+ coefficient de variation en %) de la mortalité corrigée

Effet par systémie	VLC-EAU	EM-F	EM-E	EA-F	EA-E	EM-F-E-VLC	EA-F-E-VLC	f	p
24h	4,55 c (0,008)	11,82 b (0,018)	14,09 b (0,002)	2,27 c (0,011)	9,09 ab (0,002)	13,64 a (0,014)	16,82 a (0,008)	53,5	0,0083**
48h	17,09 c (0,005)	26,64 b (0,038)	19,36 b (0,009)	9,09 d (0,010)	15,91 c (0,003)	42,73 a (0,070)	34,09 a (0,003)	17,16	0,017*
72h	19,64 c (0,003)	30,18 b (0,016)	24,91 b (0,007)	11,36 d (0,005)	20,45 c (0,005)	57,68 a (0,015)	47,27 a (0,009)	24,32	0,032*
f	11,43	27,25	44,7	52,67	73,31	19,35	92,98		
p	0,0345*	0,014*	0,027*	0,014*	0,007**	0,032*	0,000***		
Effet par pulvérisation	VLC-EAU	EM-F	EM-E	EA-F	EA-E	EM-F-E-VLC	EA-F-E-VLC	f	p
24h	4,55 b (0,002)	2,27 c (0,010)	4,55 b (0,011)	6,82 ab (0,007)	2,27 c (0,006)	9,09 a (0,003)	4,55 b (0,018)	17,3	0,029*
48h	12,36 b (0,004)	4,55 d (0,003)	10,76 b (0,002)	9,09 c (0,012)	6,82 c (0,003)	14,36 a (0,066)	8,82 c (0,010)	48,17	0,002**
72h	20,45 a (0,023)	6,82 c (0,005)	13,64 b (0,055)	20,45 a (0,004)	13,82 b (0,007)	22,73 a (0,007)	27,27 a (0,015)	8,93	0,042*
f	23,5	57,76	16,87	19,3	28,87	11,73	19,13		
p	0,014*	0,001**	0,036*	0,015*	0,009**	0,027*	0,032*		

TEM : Témoin, VLC : Vermicompost, EM : Extrait méthanolique, EA : Extrait aqueux, F : Feuilles de *Populus nigra*, E : Ecorce de *Populus nigra*

En résumé, il nous semble peu vraisemblable que l'on puisse invoquer des variations de toxicité en rapport avec le statut phytochimique (métabolites secondaire des compartiments), dans la mesure où nous retrouvons cette tendance de divergence d'efficacité entre les différents traitements. Nous portons notre attention à l'intégration de la mortalité corrigée d'*Aphis neirii* mesurée sous l'effet des ratios permettant de classer celles-ci selon leur sensibilité aux traitements. Une analyse typologique (*Cluster analysis*) selon la

méthode de Ward a été conduite (Fig. 2). De cette dernière, il ressort que sous le mode systémique, les ratios EM-F-E-VLC et EA-F-E-VLC ainsi que les EM-F et EM-E demeurent les plus toxiques (Cluster 1 et 2). Alors que le ratio VLC-EAU ainsi que les EA-F et EA-E sont les moins toxiques (Cluster 3). Sous mode pulvérisation, les ratios EM-F-E-VLC, EA-F-E-VLC et VLC-EAU ainsi que les EA-F sont les plus toxiques (Cluster 1), cependant, EM-F, EM-E et EA-E sont les moins toxiques (Cluster 2).

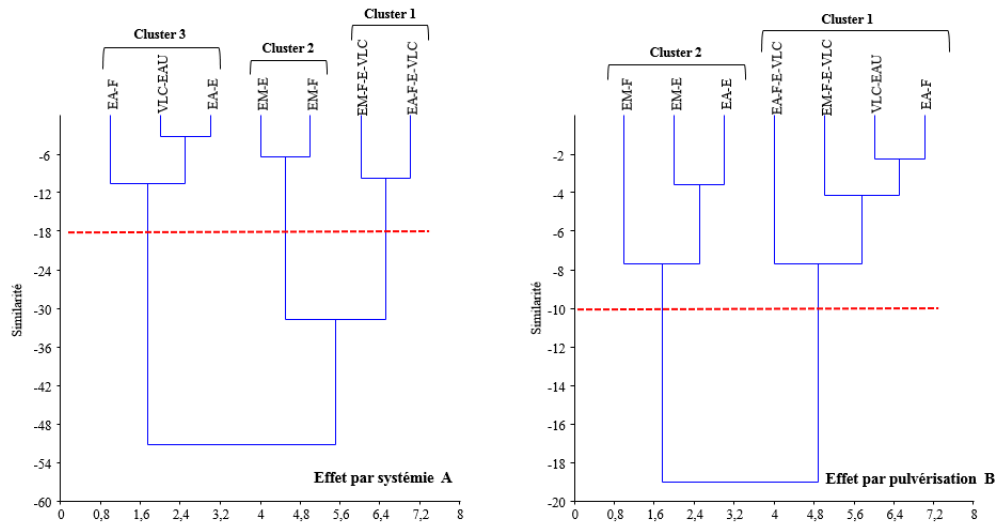


Figure 2 : Dendrogramme de la mortalité corrigée des adultes d’*Aphis neirii* sous l’effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux de *Populus nigra*

2. Évaluation de l’effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux sur la fécondité des femelles adultes d’*Aphis neirii*

L’effet recherché à travers l’application des traitements en mode systémique et en mode pulvérisation est de révéler leurs capacités perturbatrices du potentiel biotique d’*Aphis neirii*. Dans cette optique, nous avons choisi d’apprécier la progéniture des adultes femelles sous l’effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux de *Populus nigra*. Les valeurs de la fécondité moyenne sont consignées dans le tableau 2. L’analyse de la variance type GLM relatifs aux facteurs étudiés, montre que le temps d’exposition enregistre un effet très significatif sur la fécondité d’*Aphis neirii*. Le test Post-Hoc de Tukey, désigne la présence de 3

groupes homogènes relatifs aux paliers temporels d’efficacité des traitements à base d’extractions méthanolique et aqueux de *Populus nigra* et de vermicompost selon un gradient positif 24h<48h<72h ($p<5\%$). Le diagnostic du potentiel biotique des femelles, montre une augmentation graduelle de la fécondité de manière assez contrastée sous l’effet des différents traitements ($p<5\%$). L’analyse de la variance des fécondités confirmée par le Test de Tukey, relative à la vision globale des potentialités des traitements à perturber le potentiel biotique d’*Aphis neirii*, montre que le ratio EA-F-E-VLC et les EM-F & EM-E (groupe homogène a) conduisent à des accroissements de la fécondité d’une manière significative par comparaison au ratio EM-F-E-VLC (groupe homogène c).

Tableau 2 : Moyennes arithmétique (+ coefficient de variation en %) de la fécondité des femelles

Effet par systémie	VLC-EAU	EM-F	EM-E	EA-F	EA-E	EM-F-E-VLC	EA-F-E-VLC	f	p
24h	0,36 c (0,008)	1,02 a (0,018)	1,74 a (0,002)	0,63 b (0,011)	1,12 a (0,002)	0,25 c (0,014)	1,18 a (0,008)	19,7	0,035*
48h	1,31 b (0,005)	1,69 b (0,038)	2,76 a (0,009)	1,00 b (0,010)	1,44 b (0,003)	0,71 c (0,070)	2,63 a (0,003)	31,56	0,002**
72h	1,59 b (0,003)	2,43 a (0,016)	3,18 a (0,007)	2,06 a (0,005)	1,96 b (0,005)	1,21 c (0,015)	3,56 a (0,009)	28,05	0,044*
f	13, 41	22,75	47,4	25,76	33,71	29,56	29,99		
p	0,043*	0,039*	0,008**	0,025*	0,002**	0,012*	0,028*		

Effet par pulvérisation	VLC-EAU	EM-F	EM-E	EA-F	EA-E	EM-F-E-VLC	EA-F-E-VLC	f	p
24h	0,12 c (0,002)	0,30 b (0,010)	0,37 b (0,011)	0,55 b (0,007)	0,25 b (0,006)	0,17 c (0,003)	0,80 a (0,018)	11,7	0,047*
48h	0,16 c (0,004)	0,42 b (0,003)	0,72 b (0,002)	1,05 a (0,012)	0,46 b (0,003)	0,16 c (0,066)	1,78 a (0,010)	9,87	0,041*
72h	0,22 c (0,023)	0,49 c (0,005)	0,85 b (0,055)	1,08 a (0,004)	0,67 b (0,007)	0,70 b (0,007)	2,03 a (0,015)	48,93	0,006*
f	27,3	67,76	18,66	43,38	20,09	17,13	93,16		
p	0,019*	0,001**	0,028*	0,003**	0,024*	0,031*	0,001**		

TEM : Témoin, VLC : Vermicompost, EM : Extrait méthanolique, EA : Extrait aqueux, F : Feuilles de *Populus nigra*, E : Ecorce de *Populus nigra*

L'examen des Clusters, nous a permis de constater qu'en mode systémique, le ratio EA-F-E-VLC ainsi que l'EM-E stimulent fortement la fécondité (Cluster 1), suivi par les EM-F et EA-E (Cluster 2). En revanche, EM-F-E-VLC, VLC-EAU et EA-F, stimulent moins la fécondité

(Cluster 3). Parallèlement, en mode pulvérisation, la fécondité se trouve stimuler par VLC-EAU, EM-F-E-VLC, EM-F et EA-E (Cluster 1), cependant, EA-F-E-VLC, EA-F et EM-E et sont les moins perturbateurs de la fécondité (Cluster 2).

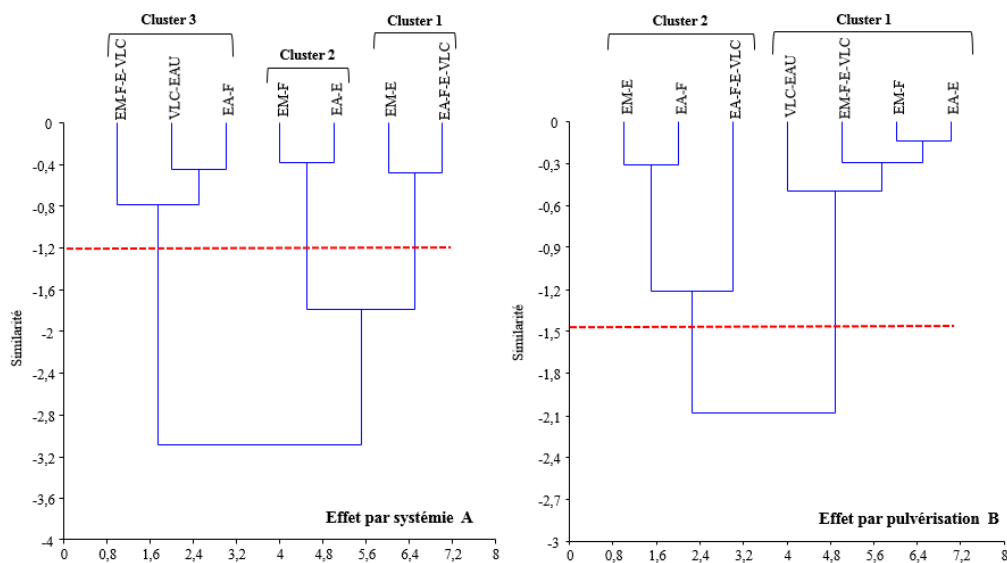


Figure 3: Dendrogramme de la fécondité des adultes d'*Aphis neirii* sous l'effet des ratios vermicompost/extractions méthanolique et aqueux de *Populus nigra*

3. Évaluation de l'effet des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux sur la pédofaune

Nous avons analysé la distribution des communautés des acariens et des collemboles sur la base d'une matrice globale établie à partir des données d'abondance temporelle des taxons, durant la période des traitements dans un sol sous jachère au niveau au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1. La matrice analysée représente au total 84 relevés et 5 genres. Sur la base de cette matrice, nous avons réalisé une analyse multivariée (AFC) par l'ensemble des traitements.

D'après la droite de troncature choisie (similitude a -5), l'AFC a mis en évidence 3 assemblages distincts qui se distinguent globalement par des communautés d'acariens et de collemboles principalement phytophages. Par gradation d'effet précoce et tardive, l'assemblage des extraits méthanoliques (EM-F-E-VLC, EM-E et EM-F) se montre avec un effet précoce (Fig.4 groupe 1), l'assemblage des extraits aqueux (EA-F-E-VLC, EA-E et EA-F) exprime son effet dès 48h (Fig.4 groupe 2), cependant l'assemblage (VLC-EAU) n'exprime son effet qu'à partir de 72 h d'exposition des communautés au traitement (Fig.4 groupe 3).

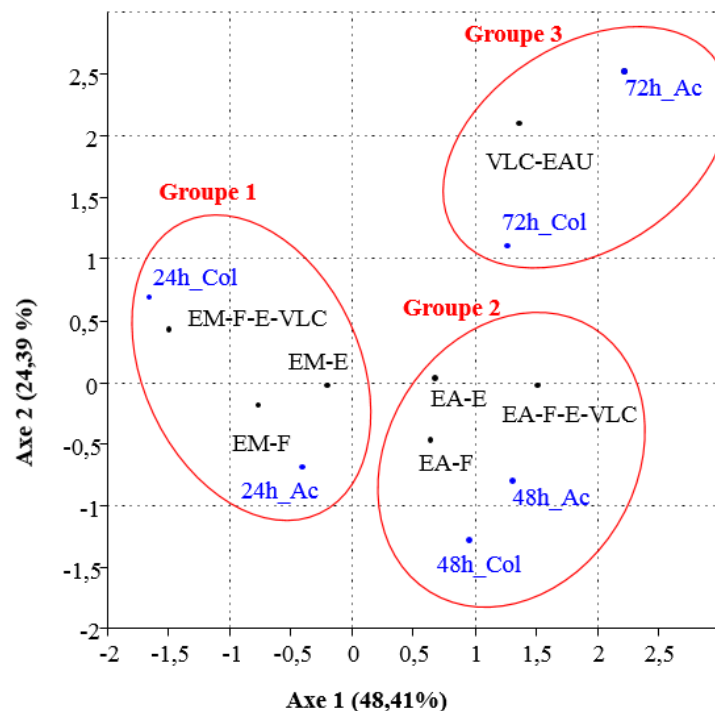


Figure 4: Analyse par AFC de la disponibilité des acariens et des collemboles sous l'effet des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra* (VLC : Vermicompost, EM : Extrait méthanolique, EA : Extrait aqueux, F : Feuilles de *Populus nigra*, E : Ecorce de *Populus nigra*)

DISCUSSION

Ces dernières années, l'utilisation des produits chimiques de synthèse pour le contrôle des insectes et des arthropodes soulève plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces non cibles, et au développement des populations résistantes, ce qui a conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte, entre autres la formulation de nouveaux bio-insecticides issus de plantes ciblant et perturbant les fonctions biochimiques de l'insecte.

Dans ce contexte, cette étude préalable visant à rechercher des processus d'optimisation de l'efficacité de nouvelles molécules bioactives par proposition de ratios (extraits de plantes/vermicompost). Les résultats auxquels nous avons aboutis en traitant l'effet des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra* par systémie et par pulvérisation sur les femelles adultes du puceron de laurier rose *Aphis nerii*. Holistiquement,

les résultats ont montré que les ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux des feuilles et de l'écorce de *Populus nigra* (EM-F-E-VLC & EA-F-E-VLC) sont les plus toxiques en termes de mortalité et les plus perturbateurs en termes d'effet sur le potentiel biotique des femelles. Aussi, l'effet par systémie s'est montré plus efficace que l'effet par pulvérisation. Nous supposons qu'en plus des chitinases disponibles dans le vermicompost, les extraits de *Populus nigra* contenaient de la chitinase suite à l'expression d'un gène de chitinase chez le Peuplier qui provoque également des effets délétères sur le puceron cible. Notre hypothèse corrobore avec les travaux de Lawrence et Novak [32], qui avance qu'une chitinase de peuplier exprimée chez la tomate, semble présenter des effets délétères pour le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*).

Selon Kempton et al. [33] et Rahbé et al. [34], sur une étude qui s'est portée sur l'apport des inhibiteurs de mue chez le puceron *Myzus persicae*. Les aphides survivants possèdent également une taille inférieure après une semaine d'alimentation sur un milieu complété en DP2S et certains d'entre eux ne produisent pas de descendance. Or, la taille des pucerons est un paramètre important dans la reproduction puisque des pucerons de taille réduite sont généralement moins féconds. Ces différences de taille pourraient expliquer pourquoi en présence de DP2S, de nombreux pucerons ne produisent pas de descendance. L'absence de descendance et la réduction de fécondité observées chez *M. persicae* pourraient également être dues à l'inhibition des chitinases nécessaires au remodelage des structures lors du développement embryonnaire des pucerons. Bien que nous ne soyons pas en mesure aujourd'hui de confirmer que les chitinases sont des cibles du DP2S, on peut toutefois largement supposer que cette molécule affecte leur métabolisme. En effet, puisque le DP2S présente des homologies de structures avec la chitine et les inhibiteurs de chitinase d'origine polysaccharidique et qu'il induit des effets comparables à ceux obtenus avec les inhibiteurs, on peut supposer que ce composé se lie directement au site actif des chitinases d'insectes et qu'il exerce une fonction inhibitrice. Si l'on peut considérer que le métabolisme des chitinases est une cible et qu'il est dérégulé en présence de DP2S, on ne peut toutefois pas exclure l'action de cette molécule sur d'autres cibles telles que des glucosyl hydrolases ou des glycosidases.

En effet, les chitinases appartiennent à cette famille d'enzymes qui regroupe également des lactases, des amylases, des maltases et des sucrases. Chez les pucerons, les sucrases ou saccharases sont notamment impliquées dans la dégradation du saccharose et hydrolysent les liaisons entre les résidus glucose et fructose du saccharose. Elles participent aux processus d'osmo-régulation en libérant des résidus glucose qui sont ensuite polymérisés pour donner de nouveaux oligo saccharides qui réduisent les différences de pression osmotique entre le tube digestif et l'hémolymphe. La prise alimentaire et le développement des pucerons sont altérés lorsque les sucrases sont inhibées par l'acarbose. Le DP2S étant produit à partir de glucose et de N-glucosamine, on peut donc supposer qu'il interagit avec les sucrases dont il inhiberait l'activité. [35].

Les résultats ont montré que les communautés des acariens et des collemboles ont été très fortement influencées par les traitements. Nous supposons que les ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux (EM-F-E-VLC & EA-F-E-VLC) étaient susceptibles d'émettre des composés chimiques issus du métabolisme secondaire entre autres les chitinases, capable d'inhiber la croissance et le développement des taxons pédofauniques. Zou et Cates [36], signale que la microfaune peut être affectée dans sa croissance par un effet direct lié à un médiateur chimique (terpénoïdes). Elmer et al. [36], estiment que le cortège spécifique d'organismes pédofauniques, au moins en partie, est subordonné aux actions anthropiques tant quantitativement que qualitativement. Cette sélection peut avoir plusieurs causes : émission probable de messagers moléculaires, effet du substrat d'origine fourni au sol (apports), conditions environnementales imposées par l'essence (pH, microclimat etc).

L'ensemble des résultats nous a permis d'aborder les différents aspects liés à la dérégulation de la croissance et du potentiel biotique des espèces à carapace molle par apport de la chitinase. Nos travaux soulignent l'importance majeure du métabolisme et de l'activité des chitinases dans la lutte contre les ravageurs des cultures. L'apport de chitinases de sources végétale et son amplification par l'addition du vermicompost constitue une étape initiale dans la recherche de substances de source naturelle biologiquement active.

CONCLUSION

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'activité insecticide des ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux de *Populus nigra*. Il nous a paru intéressant de signaler que l'usage des bioinsecticides serait responsable du déclin de la biodiversité. En effet, ils peuvent avoir des effets directs sur les organismes cibles (mortalité, baisse de la fécondité) ou sur les organismes non cibles (pédofaune) mais également des effets indirects sur les mêmes groupes soit par intoxication, soit par réduction des ressources disponibles dans le milieu. Il semblerait toutefois que les ratios vermicompost/extraits méthanolique et aqueux les plus toxiques n'entraînent pas de modification de la richesse spécifique de la pédofaune, mais simplement une diminution de leur abondance. En fin, l'ensemble de ces résultats obtenus contribuent à la présentation de nouvelles connaissances sur le mode d'action d'une enzyme chitinolytique, la chitinase. La discussion précédente propose par ailleurs de nouvelles hypothèses et laisse envisager plusieurs avenues pour poursuivre la recherche sur la compréhension plus fine de la relation entre l'action du vermicompost et les extraits de *Populus nigra*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]. Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Metzger, J.D., Lee, S., and Arancon, N.Q. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technol.* 84 : 7–14.

[2]. Martinez-Balmori, D., Spaccini, R., Aguiar, N. O., Novotny, E. H., Olivares, F. L., and Canellas, L. P. (2014). Molecular characteristics of humic acids isolated from vermicomposts and their relationship to bioactivity. *J. Agric. Food Chem.* 62: 11412–11419.

[3]. Aremu, A.O., Stirk, W.A., Kulkarni, M.G., Tarkowska, D., Tureckova, V., Gruz, J. (2015). Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regul.* 75 :483–492.

[4]. Zhang, L.; Garneau, M.G.; Majumdar, R.; Grant, J. and Tegeder, M. (2015). Improvement of pea biomass and seed productivity by simultaneous increase of phloem and embryo loading with amino acids. *Plant Journal* 81: 134-146.

[5]. 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.

[6]. Benazzouk S., Djazouli Z.E. & Lutts S. (2018). Assessment of the preventive effect of vermicompost on salinity resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Ailsa Craig). *Acta Physiologiae Plantarum*, 40:121.

[7]. Chaichi W., Djazouli Z.E., Zebib B. & Merah O. (2018). Effect of Vermicompost Tea on Faba Bean Growth and Yield. *Compost Science & Utilization*, <https://doi.org/10.1080/1065657X.2018.1528908>.

[8]. Zheljzkov, V.D. and Warman P.R. (2004). Source separated municipal solid waste compost application to Swiss chard and basil. *J. Environ. Qual.* 33:542–552.

[9]. Phelan P.L., Norris K.H. & Mason J.F., (1996). Soil management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. *Environ Entom.* 25: 1329-1336.

[10]. Huelsman M. F., Edwards C. A., Lawrence J. L. & Clarke- Harris D. O., (2000). A study of the effect of soil nitrogen levels on the incidence of insect pests and predators in Jamaican sweet potato (*Ipomoea batatas*) and (*Callaloo Amaranthus*). Proc Brighton Pest Control Conference: *Pests and Diseases* 8D.13: 895- 900.

[11]. Edwards C.A., Arancon N.Q., Emerson E. & Pulliam R. (2007). Suppressing plant parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost teas. *Biocycle*, pp: 38- 39.

[12]. Arancon N.Q., Edwards C.A., Yardim E.N., Oliver T.J., Byrne R.J. & Keeney G. (2007). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Prot.* 26: 29- 39.

[13]. Rao K.R. (2002). Induce host plant resistance in the management of sucking insect pests of groundnut. *Annals of Plant Protection Sciences.* 10 (6): 45- 50.

[14]. Rao K.R. (2003). Influence of host plant nutrition on the incidence of *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera* on groundnuts. *Indian J Entomol.* 65: 386-392.

[15]. 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,

[16]. Saguez J. (2007). Dérégulation des activités chitinases : vers de nouvelles Perspectives de lutte contre les aphides. Thèse de Doctorat, Université de Picardie Jules Verne France. 149 p.

[17]. Ferial A. (2000). Etudes moléculaires de la surface des nématodes. Thèse de Doctorat en Biologie, Université de Neuchâtel, 98p.

[18]. Suresh PV and Anil Kumar PK. (2012). Enhanced degradation of alpha-chitin materials prepared from shrimp processing by product and production of N-acetyl-D glucosamine by thermoactive chitinases from soil mesophilic fungi, *Biodegradation*, 23 :597-607.

[19]. Dinesh K P, Santaram A and Shivanna. (2010). Studies on the chitinase activity in coffee (*Coffea Arabica* L). Genetic Resources in India, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4): 449-452.

[20]. Gonio, Sanchez-Ballesta M T, Merodio C and Escribano M I. (2010). Ripening, related defense proteins in Annona fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 55(3): 169-173.

- [21]. Benhebil M (2015). Approche à la Caractérisation de la Lombriculture. MSc Thesis, University of Blida, Algeria
- [22]. Salima Benazzouk & Petre I. Dobrev & Zahr-Eddine Djazouli & Vaclav Motyka & Stanley Lutts (2019). Positive impact of vermicompost leachate on salt stress resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) at the seedling stage: a phytohormonal approach. *Plant Soil*, <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04361-x>
- [23]. Midorikawa K., Banskota A.H., Tezuka Y., Nagaoka T., Matsushige K., Message D., Huertas A.A.G. & Kadota S. (2001). Liquid chromatography-mass spectrometry analysis of propolis. *Phytochemical Analysis*. 12: 366-373.
- [24]. Šamec D., Durgo K., Gruz J., Kremer D., Kosalec I., Piljac-Zegarac J. & Salopek-Sondi B. (2015). Genetic and phytochemical variability of six *Teucrium arduini* L. populations and their antioxidant/prooxidant behaviour examined by biochemical, macromolecule- and cell-based approaches. *Food Chemistry*. 186: 298-305.
- [25]. Daghbouche S., Daghbouche A., Boulessnam A., Snuoussi S.A. et Djazouli Z-E (2018). Variation phénologique du contenu phytochimique et de l'activité antibactérienne de *Cytisus triflorus* l'Her. *Revue Agrobiologia*, 7(2): 548-561.
- [26]. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol*, 18: 265-267
- [27]. Spoorenberg, T. (2014). Reverse survival method of fertility estimation: "An evaluation", *Demographic Research* 31(9): 217-246.
- [28]. Djazouli Z.-E., Fechit D. & Ziouche S. (2014). Étude préliminaire sur l'effet de la biofumigation à base d'une crucifère (*Raphanus raphanistrum*) sur la dynamique des communautés pédofauniques. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014)*.
- [29]. Berlese A. (1905). Apparicchio per raccogliere presto ed in gran numero di piccoli artropodi. *Redia*, 2 :85-89.
- [30]. Gobat JM, Aragno M et Matthey W. (1998). *Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires, Romandes, Suisse, 519 p.
- [31]. Hammer, Øyvind, Harper, David A.T., and Paul D. Ryan, (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and. *Data Analysis*. 9 pages
- [32]. Lawrence S & Novak N (2006). Expression of poplar chitinase in tomato leads to inhibition of development in Colorado potato beetle. *Biotechnol Lett* 28: 593-599
- [33]. Kempton RA, LoweHJB et Bintcliffe JB (1980) The relationship between fecundity and adult weight in *Myzus persicae*. *J Anim Ecol* 49:917-926.
- [34]. Rahbé Y, Deraison C, Bonade-Bottino M, GirardC, Nardon C et Jouanin L (2003) Effects of the cysteineprotease inhibitor oryzacystatin(OC-I) on different aphids and reduced performance of *Myzus persicae* on OC-I expressing transgenic oilseed rape. *Plant Sci* 164: 441-450
- [35]. Karley AJ, Ashford DA, Minto LM, Pritchard J et Douglas AE (2005) The significance of gut sucrose activity for osmoregulation in the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *J Insect Physiol* 51:1313-1319.
- [36]. Zou J. & Cates R.G., (1997). Effects of terpènes and phenolic and flavonoid glycosides from Douglas fir on Western spruce budworm larval growth, pupal weight, and adult weight. *Journal of Chemical Ecology*; 23: 2313-2326.
- [37]. Elmer M., La France M., Förster G., & Roth M., (2004). Changes in the decomposer community when converting spruce monocultures to mixed spruce/beechn stands. *Plant and Soil* 264: 97-109.