



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Larbi Tébessi -Tébessa-

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

Département des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (SNV)

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie Animale

Thème :

**Impact d'un insecticide chez les adultes des vers *Eisenia fetida*
Aspect physiologique**

Présenté par : ACHOURI INES

GHOUL RANIA

Devant le jury :

Dr. DJELLAB Sihem	MCA	Université de Tébessa	Présidente
Dr. BOUAZDIA Karim	MCA	Université de Tébessa	Promoteur
Dr. HANNACHI MED Salah Examineur	MCB	Université de Tébessa	

Année Universitaire : 2021\2022

Note: /20

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements à la présidente de jury Mme DJELLAB SIHEM pour avoir accepté de présider la soutenance et Mr HANNACHI MOHAMED SALAH d'avoir examiné notre travail.

Nous voudrions remercier, notre promoteur Mr BOUAZDIA KARIM pour son encadrement, sa disponibilité et pour ses conseils. Nous avons ainsi profité de ses connaissances interminables.

Nous remercions aussi ceux qui tout au long de ces années d'études, nous ont aidés, conseillés. Particulièrement les enseignants du département biologie des êtres vivants.

Nos remerciements s'adressent également à nos parents qui ont toujours été présents pour nous à tout moment et dans toutes les situations, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce mémoire.

Résumés

Résumé

Le travail que nous avons abordé a été réalisé dans le but d'évaluer l'effet d'insecticide phoenix (5E) chez les adultes des vers *Esenia fetida*.

Dans un premier temps, une identification des vers de terre collectés dans le site d'échantillonnage a été effectuée, les résultats de l'étude taxonomique du peuplement lombricien dans notre région a révélé que les espèces échantillonnées appartiennent à la famille des lumbricidae, Deux espèces sont identifiées *Esenia fetida*, *Aporrectodea molleri*

Dans notre travail, nous nous sommes concentrés sur les effets d'un insecticide Phoenix 5EC sur les adultes des vers dominant dans le site d'échantillonnage sous différentes concentrations sub-létales, Nous nous sommes intéressés à un biomarqueur enzymatique GST et un biomarqueur biochimique la quantité de protéines et leur évolution dans le temps.

Nos résultats montrent que l'activité enzymatique de GST a diminué après 24 heures chez les vers traités par CL5 et CL10. Aussi, la quantité de protéines a augmenté après 48 heures chez les vers traités par le CL5. Par contre on a constaté qu'il y'a aucun changement de l'activité de la GST et la quantité de protéines entre les séries traitées par CL5 et CL10 pendant 24 et 48 heures.

Mots clé : E.fatida , Phoenix 5EC , GST , proteines , Adulte , identifications, CL10, CL5.

Abstract

The work we discussed is aimed at evaluating the effect of phoenix insecticide (5E) in adults of *Esenia fetida* worms.

As a first step, an identification of earthworms collected in the sampling site was carried out, the results of the taxonomic study of the earthworm stand in our region revealed that the sampled species belong to the family of lumbricidae, Two species are identified *Esenia fetida*, *Aporrectodea molleri*.

In our work, we focused on the effects of a Phoenix 5EC insecticide on adults of worms dominant in the sampling site under different sub-lethal concentrations, We were interested in an enzymatic biomarker GST and a biochemical biomarker the amount of proteins and their evolution over time.

Our results show that the enzymatic activity of GST decreased after 24 hours in worms treated with CL5 and LC10. Also, the amount of protein increased after 48 hours in worms treated with LC5. On the other hand, it was found that there is no change in the activity of GST and the amount of protein between the series treated with LC5 and LC10 for 24 and 48 hours.

Keywords : *E.fatida* , Phoenix 5EC , GST , proteins , Adult , identifications, CL10, CL5.

ملخص

يهدف العمل الذي ناقشناه إلى تقييم تأثير المبيد الحشري phoenix(5E) لدى البالغين من ديدان *Esenia fetida*. كخطوة أولى، تم إجراء تحديد لديدان الأرض التي تم جمعها في موقع أخذ العينات، وكشفت نتائج الدراسة التصنيفية لدودة الأرض في منطقتنا أن الأنواع التي تم أخذ عينات منها تنتمي إلى عائلة lumbricidae، تم تحديد نوعين *Esenia fetida*، *Aporrectodea mollerii*.

في عملنا، ركزنا على آثار مبيد حشري Phoenix 5EC على البالغين من الديدان المهيمنة في موقع أخذ العينات تحت تركيزات مختلفة شبه قاتلة، كنا مهتمين بعلامة حيوية إنزيمية GST وعلامة حيوية كيميائية حيوية كمية البروتينات وتطورها بمرور الوقت.

تظهر نتائجنا أن النشاط الأنزيمي ل GST انخفض بعد 24 ساعة في الديدان المعالجة ب CL5 و CL10. أيضا، زادت كمية البروتين بعد 48 ساعة في الديدان المعالجة ب CL5. من ناحية أخرى، وجد أنه لا يوجد تغيير في نشاط GST وكمية البروتين بين السلسلة المعالجة ب CL5 و CL10 لمدة 24 و 48 ساعة.

الكلمة المفتاحية: E.fatida , Phoenix 5EC, تصنيف ,proteins, GST, CL5,CL10.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste de figures

Introduction.....	01
Synthèse bibliographique	03
1 Généralités sur les lombriciens.....	4
1.1 Biologie et écologie des lombriciens.....	4
1.1.2. Classification :	4
1.2 Morphologie :	5
1.2.1 Anatomie externe :	5
1.2.2 La Taille :	6
1.3 Critères morphologiques :	6
1.3.1 Le prostomium :	6
1.3.2. Le pygidium :	6
1.3.3. Les sois :	7
1.3.4. Coloration :	7
1.4 Anatomie interne :	8
1.4.1 Système digestif :	8
1.4.2 Système respiratoire :	8
1.4.3 Système nerveux :	9
1.4.4 Système circulatoire :	9
1.4.5 Système excréteur :	09
1.4.6 L'appareil reproducteur :	10
1.5 La régénération :	10
1.6 Classification écologique des lombriciens :	11
1.6.1 Les épigés :	11
1.6.2 Les anéciques :	11
1.6.3 Les endogés :	11

1.7	Sensibilité à la lumière :	12
1.8	Régime alimentaire :	12
1.9	Reproduction et longévité :	12
1.10	Mode de locomotion des lombrics :	13
2.	Généralités sur les pesticides :	14
2.1.	Historique :	14
2.2.	Définition des pesticides :	15
2.3.	Classification des pesticides :	15
2.3.1.	Selon la base de toxicité :	15
2.3.2.	Selon la cible :	16
2.3.3.	Selon la famille chimique :	17
2.4.	La Lambda cyhalothrine :	18
2.4.1.	définition :	18
2.4.2.	Propriété physico-chimique :	19
2.4.3.	Mode d'action :	20
2.4.4.	Toxicité de la lambda-cyhalothrine :	20
2.4.5.	Stress oxydant :	21
	Matriel et methode :	22
3.	Dispositif expérimental :	23
3.1.	Présentation du site de collecte des vers de terre :	23
3.1.1.	Situation géographique :	23
3.2.	Prélèvement des Echantillons :	23
3.3.	Choix de l'espèce :	24
3.4.	Systématique de <i>E. fetida</i> :	25
3.5.	Matériel chimique :	25
3.5.1.	Phoenix 5EC :	25
3.5.2.	La lambda-cyhalothrine :	26
3.6.	Travaux au laboratoire :	26
3.6.1.	Rinçage et tri des vers de terre :	26
3.6.2.	Méthode d'identification et description des espèces :	27
3.6.3.	Conditions expérimentales :	27
3.7.	Traitement :	28
3.8.	Méthodes de dosage :	29
3.8.1.	Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase) :	29
3.8.2.	Dosage des Protéines totales :	30
3.9.	Analyse statistique des résultats :	30

Resultats.....	31
2 Identification.....	32
2.1 E. fetida.....	32
2.2 A. molleri.....	33
3 Effet de l'insecticide phoenix sur les biomarqueurs :	33
4 Effet sur la quantité totale de protéines :	33
4.1 Effet de l'insecticide après 24 heures :	34
4.2 Après 48 heures :	35
5 Effet du phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase :	36
5.1 Après 24 heures d'exposition :	36
5.2 Après 48 heures d'exposition :	36
6 Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST :	37
7 Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines :	38
discussion.....	40
1 Identification :	41
2 Effet sur les biomarqueurs :	43
2.1. Effet sur la GST :	43
2.1.1. L'effet après 24 heures	44
2.1.1 L'effet après 48 heures :	45
3 Effet sur la quantité totale de protéines :	45
3.1 L'effet après 24 heures :	46
3.2 L'effet après 48 heures :	46
4 Effet du temps.....	46
Conclusion.....	49
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	51

Dédicace

Je dédie ce travail a

A mon père celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, En ce jour, j'espère réaliser l'un de tes rêves Puisse Dieu te préserver et te procurer santé.

A ma très chère mère source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta bienveillance me guide et ta présence a mes cotes a toujours été ma source de force.

A ma grand-mère maternelle je vous souhaite une longue vie.

A mon cher frère MAHDI mon exemple éternel, mon soutien moral, tu m'as soutenu, réconforte et encourage.

A ma adorable sœur KENZA ma source de joie et de bonheur.

A mes oncles BADRI, AISSAM, ABDELHAK et MOUHAMED Par vos mots apaisés, vos conseils inestimables et vos encouragements.

A mon tonton DJAMEL J'aurais tant aimé que tu sois présent.

A mon cher binôme ma moitié ma sœur RANIA et à toute sa famille.

A toute mes chers amis

**A ma chère amie Dr. LAILA ATTIA Au nom de l'amitié qui nous réunit,
Et au nom de nos souvenirs inoubliables.**

A tous ceux qui me sont chers.

Dédicace

**A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié
pour me voir réussir, à toi mon père « Mohammed ».**

**A maman « Mehania » pour son amour, et qu'elle m'a toujours accordé en
témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, ses sacrifices et sa
tendresse.**

**A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon
cœur, ma vie et mon bonheur. A mes sœurs, « rahima », « Imen » pour
l'amour qu'elles me réservent Je leurs souhaite une vie pleine du bonheur
et de succès.**

A mes frères "Bilal", "Zakaria" et "Abd Al Rahim"

A Mon cher binôme ma moitié ma sœur « INESS » et à toute sa famille

A toutes mes amis

**A ma chère amie LAILA ATTIA Au nom de l'amitié qui nous réunit, Et au
nom de nos souvenirs inoubliables**

A tous ceux qui me sont chers.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification des Lumbricidae	05
02	Classification des pesticides selon la famille chimique	18
03	Synthèse des caractéristiques physico-chimiques de la lambda-cyhalothrine	19
04	Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.	29
05	Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage (m±s).	32
06	Activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments clitelliennes des adultes d' <i>E.fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ($m \pm s$; n= 7 individus après 48 heures. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$)	34
07	La quantité de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des vers adultes d' <i>E.fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ($m \pm s$; n= 2 répétitions compor7 individus après 48 heures. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$)	38

Listes des figures

N°	TITRE	PAGE
01	Anatomie externe de vers de terre (photo personnelle2022)	6
02	La taille de vers de terre (photo personnelle2022)	6
03	Dispositions des soies chez le ver de terre	7
04	Anatomie interne d'un vers de terre	11
05	Classification écologique des lombriciens	12
06	Accouplement des vers de terre	14
07	Action de déplacement des lombrics	14
08	Formule développée de la λ -cyhalothrin	20
09	Carte géographique de Tébessa, avec le site de collection des vers de terre.	23
10	Les étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain (photo personnelle 2022).	24
11	Morphologie générale d' <i>E.fetida</i> (photo personnelle2022)	24
12	L'insecticide Phoenix (photo personnelle 2022)	25
13	Triage des vers de terre (photo personnelle 2022).	27
14	Les étapes du test A /rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet ; B /Essuyage du vers de terre ; C /Mettre les vers de terre dans un boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs ; D /mettre un vers dans une fiole cylindrique dont les bords intérieurs sont couverts avec du papier filtre imbibé d'insecticide Phoenix (Photo personnelle 2022)	28
15	Morphologie générale d' <i>E.fetida</i> (photo personnelle2022)	33
16	Morphologie générale d' <i>A.molleri</i> (photo personnelle2022).	33
17	Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg) (R^2 : coefficient de détermination=0.9671).	34
18	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition ($m \pm s$, $n=7$ vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$).	35
19	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition ($m \pm s$, $n= 7$	36

	vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$).	
20	Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postero mediane des adultes des vers <i>Eisenia foetida</i> Après 24 heures d'interaction ($m \pm s$, $n = 21$ vers Les moyennes suivies d'une même lettre sont significativement différentes, $p < 0,05$).	37
21	Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postero mediane des adultes des vers <i>Eisenia foetida</i> Après 24 heures d'interaction ($m \pm s$, $n = 21$ vers Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$).	37
22	L'activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments clitelliennes des vers adultes d' <i>E. foetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ($m \pm s$; $n = 21$ individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent aucun effet significatif du temps d'exposition).	38
23	La quantité de protéines totales ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des vers adultes d' <i>E. foetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ($m \pm s$; $n = 21$ individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent aucun effet significatif du temps d'exposition)	39

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

A : Aporrectodea

CL5 : concentration Sub-Latéal 5.

CL10 : concentration Sub-latéral 10.

LCT : lambda cyhalothrin.

GST : glutathion s-Transférase.

Ph : potentiel hydrique.

E : eisia.

DTNB : Acide 5,5 - dithiobis (2 = nitrobenzoïque) ou réactif d'Ellman.

BSA : Bovine Albumine Serum.

Introduction

Introduction

Le sol est un système complexe et dynamique responsable de nombreuses fonctions naturelles, en interaction directe avec les autres compartiments de l'écosphère. Cet écosystème est à la fois un support pour les êtres vivants et un réservoir de matières organiques et minérales (Gobat et *al.*, 2003). La couverture pédologique représente une diversité d'habitats par sa composition physique et chimique très variable (Girard et *al.*, 2005). Elle est indispensable à la vie qu'elle abrite et en retour, les organismes vivants participent activement à sa formation (pédogénèse) (Gobat et *al.*, 2003).

Parmi les organismes qui contribuent à la pédogénèse figure les vers de terre. Ces derniers jouent un rôle important dans la biomasse de la macrofaune du sol. Elles sont extrêmement importants dans la formation du sol, principalement en consommant de la matière organique, en la fragmentant et le mélanger intimement avec des particules minérales du sol pour former des agrégats stables à l'eau et assurer le maintien de la capacité du sol à délivrer des services écosystémiques (Lavelle, 2002 ; Lavelle et *al.*, 2006) dont l'agriculture.

L'agriculture utilise de grandes quantités de produits chimiques artificiels comme engrais, comme insecticides ou herbicides et comme régulateurs de la croissance des plantes. Les insecticides et les herbicides sont épandus dans l'environnement pour lutter contre les insectes, les mauvaises herbes, les maladies des plantes et autres facteurs nuisibles qui influent sur les cultures ou l'élevage, ainsi que pour lutter contre les insectes qui transmettent les maladies humaines. Ils jouent donc un rôle de premier plan dans l'agriculture et en hygiène publique. Du fait de ses avantages en termes de rendement économique et d'amélioration de la santé et du bien-être de l'homme, cette technique de lutte chimique a été rapidement adoptée dans le monde entier (Plimmer, 1984).

Ainsi, en Algérie, l'utilisation des pesticides à usage agricole est de plus en plus fréquente, suite à l'augmentation des superficies cultivées. Ainsi, près de 400 substances actives de pesticides, dont environ 7000 spécialités, y sont commercialisées annuellement et constituent des outils nécessaires, voire indispensables pour les agriculteurs afin qu'ils assurent la rentabilité de la majorité de leurs productions (Bouziani, 2007).

INTRODUCTION

Si les pesticides sont d'abord apparus bénéfiques, leurs effets secondaires nocifs ont été peu à peu mis en évidence. Ces produits ont un impact sur les organismes vivants dans le sol qui sont non ciblés par eux. Ces derniers peuvent atteindre l'atmosphère (Elodie, 2006), les eaux superficielles par ruissèlement et les eaux souterraines par infiltration (Schiavon et Jacqin, 1973). Certains chercheurs estiment que sur les 2.5 millions de tonnes de pesticides répandus chaque année dans le monde, seulement 0.3% atteignent leur cible. Le reste touche toutes les autres espèces vivantes avec des conséquences multiples telles que l'affaiblissement des défenses immunitaire, la baisse de la fertilité et des modifications des comportements (Magdelaine, 2013).

Les invertébrés du sol sont considérés comme de ` (Lokke & Van Gestel, 1998) et certains d'entre eux, particulièrement les vers de terre, présentent un intérêt particulier, car ils peuvent être exposés aux contaminants par différentes voies (phase aqueuse, phase vapeur et ingestion de la phase solide). Certaines espèces sont ubiquistes et représentatives de la faune indigène tout en étant faciles à élever en laboratoire. Par conséquent, les lombriciens sont proposés comme bioindicateurs de la biodiversité et de la qualité du sol (Mayeux et Savanne, 1996 ; Fragoso et *al*, 1997 ; Decaëns et *al.*, 1999).

Dans ce contexte, notre travail (in vitro) qui contient cinq chapitre bien détaillé se propose d'étudier l'impact de l'insecticide phoenix 5% sur les vers de terre *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) recensée dans la région de Tébessa, à identifier les différentes espèces de vers de terre. Les paramètres étudiés sont l'activité enzymatique de la GST, ainsi que la quantité des protéines totales chez les vers exposés à ce insecticide par deux dose DL5 et DL10, pendant des différents durées 24h et 48heures .

Synthèse bibliographique

1 Généralités sur les lombriciens

1.1 Biologie et écologie des lombriciens

Les annélides Oligochètes sont des animaux typiquement métamérisés, à symétrie bilatérale. Contrairement aux Polychètes, ils possèdent un petit nombre de soies qui ne sont pas portées par des parapodes. Les soies sont groupées en faisceaux au nombre de quatre par segment, deux latéraux dorsaux et deux latéraux ventraux. Les Oligochètes sont pourvus d'un vaste cœlome divisé en sacs cœlomiques, un par segment, par des cloisons issues de la paroi du corps, les septa (Lausanne, 1980). Les vers de terre sont distribués dans tout le monde sous la forme de quelques genres. (Darwin, 1890). L'identification des vers de terre montre qu'il y a plus de 6000 espèces dans le monde. Les vers de terre représentent environ 70% de la biomasse animale terrestre dans les zones tempérées (Vigot et Cluzeau, 2014).

1.1.2. Classification :

Les vers de terre sont des invertébrés représentant la famille des Lumbricidae, ils appartiennent à l'embranchement des Annélides (vers segmentés, dont la principale caractéristique évolutive est un corps formé d'une série d'anneaux), à la sous-classe des Oligochètes (littéralement : qui ont peu de poils), à l'ordre des Haplotaxida et au sous-ordre des Lumbricina. La famille des Lumbricidae est la plus importante des Oligochètes. Elle se compose essentiellement de vers terrestres (Edwards et Bohlen, 1996). On estime à 7 000 environ le nombre total d'espèces, la majorité vivant sous les tropiques (Lavelle et al., 1998). La famille des Lombricidés se divise en plusieurs genres : *Lumbricus*, *Eisenia*, *Allolobophora*, etc.

Tableau 01 : classification des Lumbricidae (Lavelle et *al.*, 1998).

Règne	Animalia
Embranchement	Annelida
Classe	Clitellata
Sous-classe	Oligochaeta
Ordre	Haplotaxida
Sous-ordre	Lumbricina
Super-famille	Lumbricoidea
Famille	Lumbricidae

1.2 Morphologie :

1.2.1 Anatomie externe :

Les vers de terre sont des Annélides fousseurs, dont le corps très extensible est constitué par plusieurs segments. L'extrémité antérieure est pointue et l'extrémité postérieure est légèrement aplatie. La pigmentation dorsale est plus foncée que la face ventrale. Le vaisseau sanguin dorsal est visible à travers la surface supérieure de la peau (Carion, 2012). Leur corps est mou, toujours humide grâce à un léger mucus. Ils se déplacent en contractant et allongeant alternativement leurs segments. Signalons que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez discrète, mais qui devient relativement forte et désagréable chez *Eisenia fetida* (Baha, 2008). (fig.1)



Figure 1 : anatomie externe de vert de terre (photo personnelle 2022)

1.2.2 La Taille :

La taille des vers est difficile à estimer, car leur longueur peut varier du simple au double, et pour une même espèce être influencée par le pH ou l'humidité du sol (Bachelier, 1963). Parmi lesquelles *Lumbricus terrestris* dont la taille est variée de 90 à 300 mm ; *Eisenia fetida* qui est de 25 à 85 mm de taille et *Dendroba empygmea* qui ne dépasse pas 15 à 30 mm (Bachelier, 1978). Elle varie de quelques millimètres à 3 mètres comme certaines espèces d'Amérique du Sud et d'Australie (Razafindrakoto, 2013). Fig2

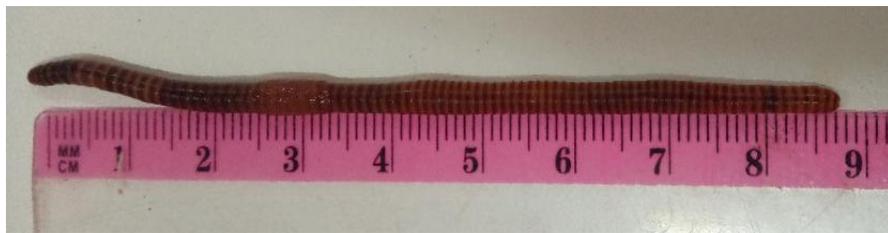


Figure 02 : la taille d'un vers *E. fetida* (photo personnelle2022)

1.3 Critères morphologiques :

Le corps d'un ver de terre est composé de trois régions successives, le prostomium, le pygidium et les soies

1.3.1 Le prostomium :

Le prostomium (du grec *pro*, devant et *stoma*, bouche) est de forme triangulaire, c'est un petit organe situé au-dessus de la bouche et fusionné avec le premier segment ou péristomium (du grec *peri*, autour), (Bouché, 1972). Le prostomium constitue l'extrémité antérieure du ver et n'a pas la même signification que les segments du corps. (Tetry, 1939 in Bachelier, 1963), il ne possède ni soies ni cavité coelomique (Sims et Gerard, 1999).

1.3.2. Le pygidium :

Le pygidium (du grec *pygê*, fesse) est le dernier segment de l'animal, dépourvue de cavité coelomique et qui entoure l'anus.

1.3.3. Les soies :

Les soies constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des vers de terre. Selon Bachelier (1978), les vers de terre possèdent des soies rigides, peu nombreuses et de forme peu variée, implantées directement dans les téguments, elles interviendraient dans le déplacement.

D'après (Bouché, 1972), Il existe deux types de disposition de soie : (Fig.3)

- type lombricien (Avoir 8 soies par segment souvent se répartissent en 4 paires)
- type périchaétien (Avoir plus de 8 soies par segment se répartissent autour de la circonférence du corps)

Les écarts entre les soies sont variables mais constants au niveau d'un même segment et à l'intérieur d'une population, ce qui conduit à l'usage fréquent de ce caractère en taxonomie. Chez quelques oligochètes supérieurs de la famille des Megascolecidae, ces soies sont multipliées et forment au milieu des segments une ceinture presque complète (Bachelier, 1963).

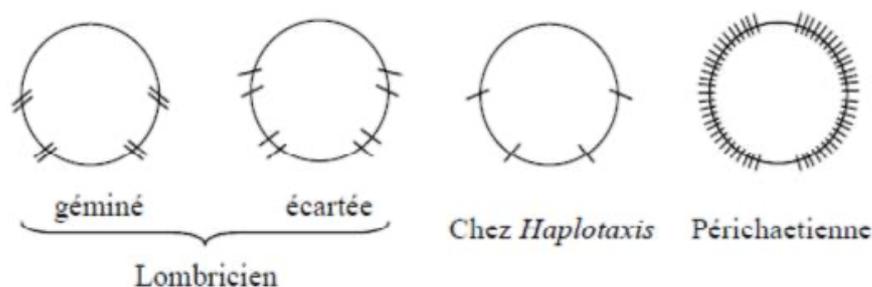


Figure 3 : Dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).

1.3.4. Coloration :

La couleur du corps des lombrics est variée, les genres *Lumbricus*, *Eisenia* et *Dendrobaena* qui vivent au milieu des litières en décomposition sont de couleur rouge : *Eisenia fetida* avec ses bandes de couleur brune et chamois est aisément reconnaissable. Les *Allolobophora* et les *Octolasion* qui vivent moins en surface et ingèrent davantage de matières minérales sont de couleur gris à gris bleuté ; *A. chlorotica* est souvent de couleur verdâtre avec un clitellum bien

rose (Bachelier, 1963). Les vers des régions sèches sont souvent aussi de couleur plus sombre que les vers des régions humides (Bachelier, 1978).

1.4 Anatomie interne :

La structure interne d'un ver de terre se décrit comme, une installation de trois cylindres l'un dans l'autre. La partie interne contient un long intestin qui traverse tout le corps ; la partie médiane est constituée de deux séries de muscles : l'une longitudinale et l'autre circulaire. Enfin, l'épiderme forme l'enveloppe externe, appelée cuticule. On distingue chez le lombric la présence de six systèmes distincts : un système nerveux, un système respiratoire, un système circulatoire, un système digestif, un système excréteur et un système reproducteur (Schraer, 1987)

1.4.1 Système digestif:

Le système digestif d'un ver de terre est composé d'un pharynx, d'un œsophage, d'un gésier et d'intestin (Daniel et Merrill, 2013 ; Edwards et Bohlen, 1996). Le tube digestif est constitué d'un tube interne qui parcourt toute la longueur du ver et qui présente des modifications locales pour assurer certaines fonctions digestives spécialisées. Le tube digestif qui débute par un simple orifice la bouche, comporte directement un pharynx suivi, dans un ordre variable, d'un œsophage plus ou moins long, de glande de Morren, d'un jabot et d'un gésier, cet ensemble est suivi d'un long intestin. Comportant le plus souvent un repli interne, dorsal, le typhlosolis (cet organe a un développement et une morphologie très variables en fonction des espèces) (Tomlin, 1980).

Une fois que la nourriture est décomposée dans le gésier, elle passe dans les intestins, où davantage d'enzymes sont ajoutées (chitinase, protéase). Ces enzymes améliorent la décomposition des aliments et favorisent la croissance des micro-organismes bénéfiques. Les Bactéries et les microchampignons décomposent la cellulose dans les déchets alimentaires et l'herbe coupée. Après la digestion, ils rejettent un mélange de terre et de débris végétaux appelé turricule (Daniel et Merrill, 2013 ; Edwards et Bohlen, 1996).

1.4.2 Système respiratoire :

Les échanges gazeux s'accomplissent directement à travers la peau qui doit constamment rester humide : l'oxygène et le gaz carbonique ne traversent pas la peau si elle est sèche (Villeneuve et Désire, 1965), Les vers de terre n'ont pas d'organes respiratoires spécialisés. L'oxygène doit

d'abord se dissoudre dans une couche aqueuse sur toute la surface du corps, à partir de laquelle se diffuse à travers la cuticule et les tissus épidermiques dans le sang, qui contient l'hémoglobine (Edwards et Lofty, 2013).

1.4.3 Système nerveux :

Le système nerveux se compose de ganglions cérébraux, d'un cordon nerveux ventral, situé dans le coelome, commençant à l'extrémité antérieure et s'étendant sur toute la longueur du corps (Edwards, 2012).

1.4.4 Système circulatoire :

Les vers de terre ont un système circulatoire fermé, il se compose de vaisseaux sanguins longitudinaux ; 4 paires de cœurs avec des valves ; deux paires de boucles latérales ; du sang. Les vaisseaux longitudinaux comprennent les vaisseaux dorsaux et ventraux qui s'étendent sur tout le corps, un vaisseau sous-neural allant du segment 15 à l'extrémité du corps située sous le cordon nerveux, un vaisseau supraoesophagien situé sur l'estomac dans le segment 9-13, et une paire de vaisseaux œsophagiens des segments 13 à 1. La circulation est unidirectionnelle, Le cœur pompe le sang des vaisseaux dorsaux aux vaisseaux ventraux. Le sang est constitué des cellules sanguines de nature phagocytaire et de l'hémoglobine qui reste dissoute dans le plasma sanguin. (Sims et Gerard, 1985; Edwards et Bohlen, 1996; Starr, 2014).

1.4.5 Système excréteur :

Chaque segment sauf les trois premiers possède une paire de tubes sinueux, les tubes urinaires, s'ouvrant chacun à l'extérieur par un orifice excréteur. Cet organe urinaire porte le nom de néphridie sur le dernier segment, le pygidium, s'ouvre un orifice, l'anus (Yesguer, 2015)

Les principaux organes excréteurs du ver de terre sont les néphridies, qui extraient les déchets du fluide coelomique sous forme de déchet. Une paire de néphridies se retrouvent dans chaque segment, à l'exception des trois premiers et des derniers segments. Chaque néphridie se termine par une ouverture à l'extérieur qui sont les néphridiopores. Ces derniers se situent sur la face latérale et s'étendent généralement en une seule série le long du corps de chaque côté (Edwards et Bohlen, 1996).

1.4.6 L'appareil reproducteur :

Le lombric est un hermaphrodite protandre, l'appareil reproducteur mâle comprend deux paires de testicules logés dans le 10^e et 11^e anneau. Les orifices génitaux mâles sont situés dans le 15^e anneau. L'appareil reproducteur femelle est formé par une paire d'ovaires logée dans le 13^e anneau. Les orifices génitaux femelles sont situés dans le 14^e anneau (Villeneuve et Désire, 1965). Le ver de terre est un organisme hermaphrodite qui a besoin d'un partenaire pour se reproduire. Ils juxtaposent leurs organes de reproduction en se positionnant tête-bêche (Morin, 2004). Le ver de terre peut aussi s'auto-coupler lorsqu'il est isolé ou pratiquer la parthénogénèse (Fernandez et *al.*, 2011). Le clitellum permet aux partenaires de rester collés l'un à l'autre. Ils échangent leurs semences mâles et sécrètent de petits cocons via le clitellum (Morin, 2004).

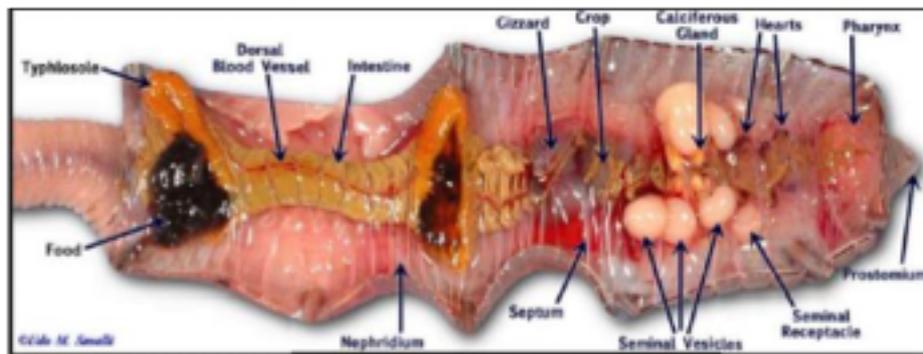


Figure 04 : Anatomie interne d'un vers de terre (Morin et Houseman ; 2002).

1.5 La régénération :

De nombreux vers de terre ont un pouvoir de régénération considérable. Si le corps est coupé en deux moitiés, la moitié antérieure est généralement capable de régénérer la nouvelle queue. Cependant, la moitié postérieure n'est pas capable de se développer une nouvelle tête du corps (Puranik et Bhate, 2008). Dans la famille des Lumbricidae, la régénération nécessite la présence d'une énorme quantité de cellules souches régénératives appelées néoblastes pour reconstruire le mésoderme antérieur, et plus encore, une différenciation de l'épiderme et de l'intestin est nécessaire pour reconstruire l'ectoderme et l'endoderme, mais la régénération des organes postérieurs est exclusivement effectuée par les cellules souches (Myohara, 2012 ; Jamshidi et Pishkahi, 2014).

1.6 Classification écologique des lombriciens :

Les travaux de Bouché (1972) et de Lavelle (1981) ont permis de regrouper les différentes espèces des vers de terre en trois catégories principales. Cette classification est basée sur des critères morphologiques et écologiques.

1.6.1 Les épigés :

Sont des vers pigmentés de petite taille qui vivent dans la litière de surface et se nourrissent des matières organiques en décomposition dans cette litière. Ils ne creusent pas, même si certaines espèces intermédiaires peuvent créer de petites galeries très superficielles. Cependant, cette classification en catégories écologiques est un peu arbitraire, dans la mesure où il existe un continuum entre les groupes : un certain nombre d'espèces présente ainsi des caractéristiques propres à différentes catégories écologiques. Par exemple, *Lumbricus terrestris* est un épi-anécique puisqu'il vit dans une galerie verticale permanente et peut descendre très profondément dans le sol mais se nourrit en surface (Pelosi, 2008).

1.6.2 Les anéciques :

Sont des vers pigmentés de grande taille qui vivent dans des galeries verticales permanentes et se nourrissent de matière organique en surface et contenue dans le sol. Ils sont caractérisés par une forte activité dans le sol, observable par le réseau complexe de galeries et les nombreux turricules (déjections) qu'ils déposent à la surface du sol. (Pelosi, 2008).

1.6.3 Les endogés :

Sont des vers non pigmentés, de taille moyenne, vivant généralement dans les premiers centimètres de sol où ils construisent un réseau de galeries subhorizontal. Ils se nourrissent de la matière organique contenue dans le sol. Plus les vers vivent profondément, moins le sol qu'ils consomment est riche en matière organique. Les endogés qui ingèrent le sol le plus pauvre en matière organique sont des oligohumiques, alors que les polyhumiques consomment du sol des horizons superficiels, riches en matières organiques en voie de décomposition. (Pelosi, 2008). (fig5)

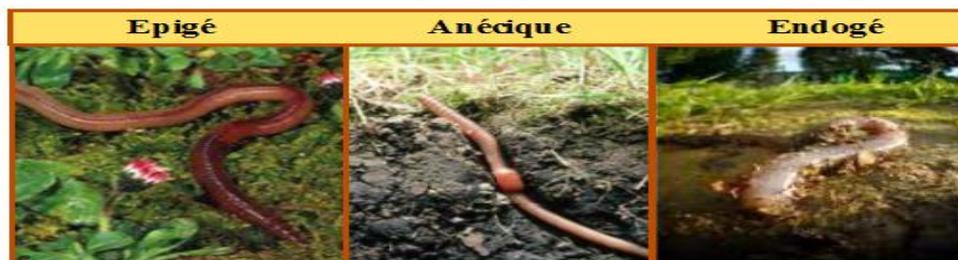


Figure 5 : Classification écologique des lombriciens(www.futura-sciences.com)

1.7 Sensibilité à la lumière :

Les vers de terre ont, sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. C'est pourquoi ils demeurent sous la surface du sol pendant la journée. Ils abandonnent toute matière qui ne répond pas à leurs besoins nutritionnels, mais si la surface est éclairée, ils ne bougent pas.

1.8 Régime alimentaire :

Le régime alimentaire des vers de terre se compose principalement de matière à divers stades de décomposition. Les tissus végétaux morts constituent l'essentiel de la matière organique consommée, mais aussi des microorganismes vivants, des champignons, des nématodes et d'autres microfaunes, mésofaune et leurs restes morts sont également ingérés. La plupart des espèces consomment aussi les fractions minérales du sol et semblent préférer les mélanges organo-minéraux aux matières organiques pures. On distingue deux modes de nutrition : les détritivores qui se nourrissent de la litière et les géophages qui ingèrent de grandes quantités de sol contenant de la matière organique (Curry et Schmidt, 2007).

1.9 Reproduction et longévité :

Les vers de terre sont hermaphrodites, l'autofécondation a été rarement observée. Les vers de terre se reproduisent en mieux au printemps et en automne, si les conditions de température et d'humidité dans le sol sont favorables (herger, 2003 ; vigot et cluzeau 2014). L'accouplement des vers se fait de nuit à la surface des sols (bachelier, 1978 et herger, 2003). La maturité sexuelle des individus se caractérise par l'épaississement de la peau dans la partie antérieure (clitellum) ; la présence d'un mucus collant et spécial ; des poils clip protègent les côtés du ventre rapprochés et des gamètes qui se produisent dans les ouvertures reproductrices mâles (herger, 2003). Les organes reproducteurs mâles sont sur les segments 9, 10, 11, 12 et 15 qui portent l'orifice (Fig.6). Les organes reproducteurs femelles sont sur les segments 13 et 14 qui

portent l'orifice. Les segments 32. 37 forment la gangue muqueuse ; les gonopores des 2 lombrics ne sont pas face à quelque chose de marquant. Les spermatozoïdes migrent le long de l'animal pour arriver dans les Réceptacles séminaux (spermathèque). Quand ils sont accouplés, les 2 lombrics sont au stade sexuel mâle ; Dans certains cas, il y a accolement du gonopore mâle sur les réceptacles séminaux. Ensuite on passe. La phase de maturation des organes génitaux femelles. Il y a fabrication de la gangue muqueuse au niveau du clitellum puis l'animal recule pour atteindre le segment 9 (spermathèque) où il y aura fécondation externe, les spermatozoïdes d'un lombric sont déposés sur les organes génitaux femelles de l'autre lombric puis il y a formation d'un cocon (Fig.6) (gauer, 2007).



Figure 6 : Accouplement des vers de terre (www.futura-sciences.com)

1.10 Mode de locomotion des lombrics :

Le tube externe, ou paroi du corps, est composé d'un épiderme enveloppé d'une cuticule, d'une couche de muscles circulaires et une autre de muscles longitudinaux. Cette musculature est adaptée à leur mode de locomotion de fousseurs. Une vague de contraction suivie d'une vague de relaxation du même ensemble de muscles (Fig 7). Les soies des segments postérieurs font saillie et sont incrustées dans le sol tandis que celles des segments antérieurs sont rétractées (Puranik et Bhate, 2008).

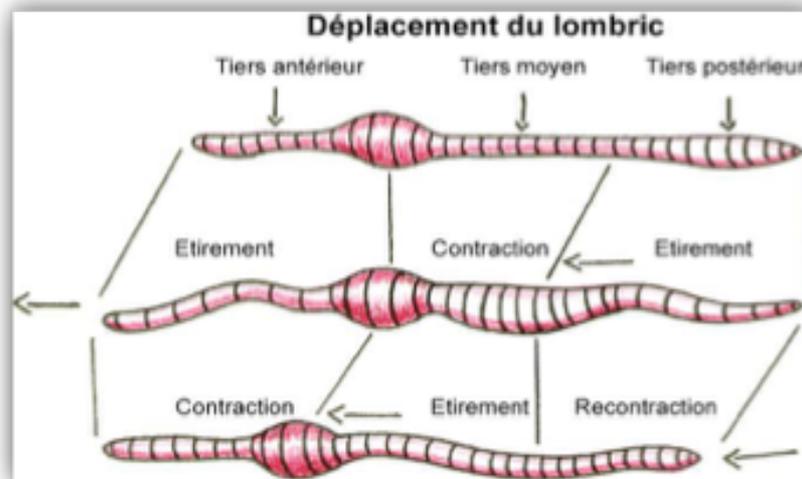


Figure 7 : Action de déplacement des lombrics (<https://aminoapps.com/>).

2. Généralités sur les pesticides :

2.1. Historique :

Selon Calvet et al. (2005), la lutte contre les organismes nuisibles aux cultures a certainement été de tous temps une préoccupation de l'agriculteur. Pendant longtemps, l'essentiel des moyens étaient de nature physique : ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique. L'utilisation des produits chimiques est malgré tout assez ancienne comme l'indique l'emploi du soufre et de l'arsenic.

Ce dernier a été utilisé comme insecticide depuis la fin du XVII^e siècle ainsi que la nicotine dont les propriétés toxiques ont été découvertes par Jean de la Quintinie (1626- 1688) qui en a recommandé l'usage. Cependant, c'est surtout au cours des XIX^e et XX^e siècles que les propriétés biocides de nombreux produits chimiques ont été mises en évidence et ont donné lieu à de considérables développements des techniques de protection des plantes. Plusieurs facteurs ont contribué à ce développement : l'apparition de graves épidémies (ex : phylloxéra, mildiou de la pomme de terre, doryphore), la nécessité de nourrir une population humaine croissante, les progrès considérables de la chimie organique de synthèse, et les innovations techniques.

2.2. Définition des pesticides :

Le terme pesticide dont la traduction étymologique est "tueurs de fléaux" dérive de "Pest", mot anglais désignant tout organisme vivant (virus, bactéries, champignons, herbes, vers, mollusques, insectes, rongeurs, mammifères, oiseaux) susceptible d'être nuisible à l'homme et/ou à son environnement. Le terme « pesticide » couvre un champ plus vaste et général que les expressions « produit phytosanitaire » ou « produit phytopharmaceutique » (Berrah, 2011).

De manière générique l'ensemble des produits destinés à lutter contre les parasites animaux ou végétaux. Souligne l'intention de ces substances à lutter contre des nuisances biologiques. Cependant, les mêmes matières actives employées en agriculture peuvent être également utilisées dans d'autres secteurs professionnels ou être destinées à un usage domestique ou médical. La plupart des pesticides, qu'ils soient naturels ou de synthèse, sont des produits biologiquement actifs et donc intentionnellement toxiques pour certains organismes (Regnault-Roger *et al*, 2005).

2.3. Classification des pesticides :

Les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une telle variété de structure chimique, de groupes fonctionnels et d'activité que leur classification est complexe. D'une manière générale, Les pesticides sont classés en fonction de leurs cibles, mais aussi en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose (Ming *et al*, 2013) aussi selon la base de toxicité.

2.3.1. Selon la base de toxicité :

La toxicité des pesticides dépend principalement de deux facteurs, à savoir la dose et le temps. Par conséquent, quelle quantité de substance est impliquée (dose) et à quelle fréquence l'exposition à la substance se produit (temps) augmenter à deux types différents de toxicité - toxicité aiguë et chronique. (PMD, 2018)

2.3.1.1. Toxicité aiguë :

La toxicité aiguë fait référence au degré de pesticide est destiné à un être humain, animal ou végétal après une seule exposition. Un pesticide avec une toxicité aiguë élevée est mortel même lorsqu'une très petite quantité est absorbée. La toxicité aiguë peut être mesurée en tant que toxicité orale aiguë, toxicité cutanée aiguë et toxicité par inhalation. (Akashe *et al*, 2018)

2.3.1.2. Toxicité chronique :

La toxicité chronique est un effet toxique différé d'une exposition à un pesticide. Toxicité chronique des pesticides concerne le grand public ainsi que ceux qui travaillent directement avec pesticides en raison d'une exposition potentielle aux pesticides sur / dans les aliments produits, eau et air. (Akashe et *al.*,2018).

2.3.2. Selon la cible :

- **Fongicides** : Les fongicides destinés à éliminer les moisissures et parasites (champignons...). Le fongicide le plus ancien et le plus courant est le soufre et ses dérivés ainsi que le cuivre, le triazole et le benzène (Foubert, 2012).

- **Insecticides** : Selon Batch (2011), les insecticides sont des substances actives ayant la propriété de tuer les insectes, leurs larves et/ou leurs œufs. Les insecticides organiques de synthèse sont des molécules carbonées, synthétisées, et se distinguent des insecticides inorganiques ou minéraux. Les insecticides actuels se répartissent en cinq familles principales qui sont : les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, pyretrinoïdes et les nicotiniques. (Ramade, 2005).

- **Herbicides** : Les herbicides sont destinés à lutter contre certains végétaux (les « mauvaises herbes » ou plantes adventices), qui entrent en concurrence avec les plantes à favoriser et à protéger en ralentissant leur croissance. L'herbicide le plus connu est le glyphosate (Roundup) qui inhibe la synthèse des acides aminés dans les plantes jugées « indésirables » pour les cultures (Foubert, 2012).

- **Acaricides** : Les acaricides sont toxiques pour les acariens hématophages ou phytophages (araignées rouges) (Dajoz, 2006).

On distingue en outre :

- Les nématicides (toxiques pour les vers du groupe des nématodes).
- Les rodenticides (contre les rongeurs).
- Les molluscicides (contre les mollusques : limaces et escargots).
- les corvifuges (contre les corbeaux) .

2.3.3. Selon la famille chimique :

Les pesticides regroupent plus de 1000 substances appartenant à plus de 150 familles chimiques différentes, une famille chimique regroupe l'ensemble de molécules dérivées d'un groupe d'atomes constituent une structure de base (Clive et Tomlin, 2006), Les principaux groupes chimiques sont représentés dans le plan suivant :

Tableau 02 : classification des pesticides selon la famille chimique (Clive et Tomlin, 2006)

Insecticide	Fongicide	Herbicide
<ul style="list-style-type: none"> • Composés arsenicaux • Soufre • Composés fluorés • Dérivé de mercure • érivé de sélénium • Composé de base de silice, quartz, manganèse • Huiles de pétrole 	<ul style="list-style-type: none"> • Sels de NH₄, de Ca, de Fe de Mg, K, Na • Sous forme de sulfates, de nitrates • Chlorures, Chlorates... 	<ul style="list-style-type: none"> • Sel de Cuivre • A base de soufre • Composés arsenicaux • Huiles minérales
<ul style="list-style-type: none"> • Organochlorés • Organophosphorés • Carbamates 	<ul style="list-style-type: none"> • Phytohormones ; • Dérivés de l'urée • Carbamates • Triazines et Diazine • Dérivés de pyrimidines • Dérivés des dicarboximide • Dérivés des thiadiazine et thiadiazoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbamate et Dithiocarbamates • Dérivés des benzène • Dérivés des quinones • Amides • Benzonnitriles • Toluidines • Organophosphorés

2.4. La Lambda cyhalothrine :

2.4.1. Définition :

La lambda-cyhalothrine est un insecticide pyréthriinoïde de synthèse de type II, dont les utilisations en agriculture sont de plus en plus importantes (Ansari et *al.*, 2012; Fetoui et *al.*, 2009; Iyyadurai et *al.*, 2014). Cette substance active est constituée de deux des quatre formes énantiomères de la cyhalothrine. Il s'agit d'une molécule à large spectre contre les insectes ravageurs des cultures (Fetoui et *al.*, 2009).

Il a été déterminé, à partir d'études chroniques menées avec la cyhalothrine et la lambda-cyhalothrine, que la pharmacocinétique, le métabolisme et la toxicité de la lambda-cyhalothrine et la cyhalothrine sont similaires (Anadon *et al.*, 2006). En effet, ces deux composés ont la même structure chimique, mais ils diffèrent seulement par la composition des stéréo-isomères présents. Ils partagent ainsi les mêmes propriétés physicochimiques et biologiques (Moser *et al.*, 2016)

2.4.2. Propriété physico-chimique

La lambda-cyhalothrine ou le (R1S), 3a(Z)]-(±)-cyano(phenoxyphenyl)methyl 3-(2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propenyl)-2,2 dimethylcyclopropanecarboxylate est un solide incolore de poids moléculaire 449 g/mol. Les études montrent que la lambda-cyhalothrine n'est facilement pas volatilisable dans l'atmosphère à cause de sa faible pression de vapeur mais se dissipe rapidement dans l'eau à cause de son adsorption sur les particules et les organismes aquatiques. De plus, son coefficient de partage octanol-eau élevé (Kow) montre qu'elle a un potentiel de bioconcentration élevé. Elle est peu soluble dans l'eau. Ses paramètres physico-chimiques sont résumés dans le Tableau 03 (Zoumenou *et al.*, 2015).

Tableau 3 : Synthèse des caractéristiques physico-chimiques de la lambda-cyhalothrine (Zoumenou *et al.*, 2015).

Paramètres	Propriétés
Nom commun	Lambda-cyhalothrine
Numéro CAS	91465-08-6
Bioconcentration	4600 à 5000
Code de PUS EPA	128897
Formule moléculaire	C ₂₃ H ₁₉ C ₁ F ₃ NO ₃ Mm= 449.9
Apparence / état ambiant	Solide incolore
Solubilité dans l'eau (mg/L)	4.10 ⁻³ à 20°C et pH 5
Constante de dissociation Kd (pKa)	1.970 à 7.610
Log du coefficient de partage octanol –eau (log Kow)	7
Facteur de Bioconcentration (BCF) (poisson)	2240

2.4.3. Mode d'action

Lamatière active de cet insecticide est lambda-cyhalothrine (5g/l) qui est très liposoluble et très peu volatile (Syngenta Agro, 2016).

Lambda cyhalothrine possède une action frénatrice sur les acariens et ovicide sur les lépidoptères (Schreck, 2008). La formulation Zeon permet d'envelopper la matière active dans une microcapsule. Durant les manipulations, celle-ci ne rentre plus en contact avec l'applicateur. Cette formulation permet d'éviter les désagréments connus des pyréthrinoïdes. Les microcapsules sont essentiellement plus petites que chez des insecticides microcapsulés conventionnels. Les microcapsules se brisent au contact de la feuille libérant la matière active (Syngenta Agro, 2016). Le lambda-cyhalothrin pénètre dans la cuticule d'insecte, perturbant la conduction de nerf en quelques minutes; ceci mène à la cessation d'alimentation, la perte de contrôle musculé (musculaire), la paralysie et la mort finale. D'un point de vue moléculaire, l'effet Kd est dû à la fixation du pyréthrinoïdes sur le canal sodium «voltage-dépendant», situé sur la membrane plasmique des cellules nerveuses (Schreck, 2008).

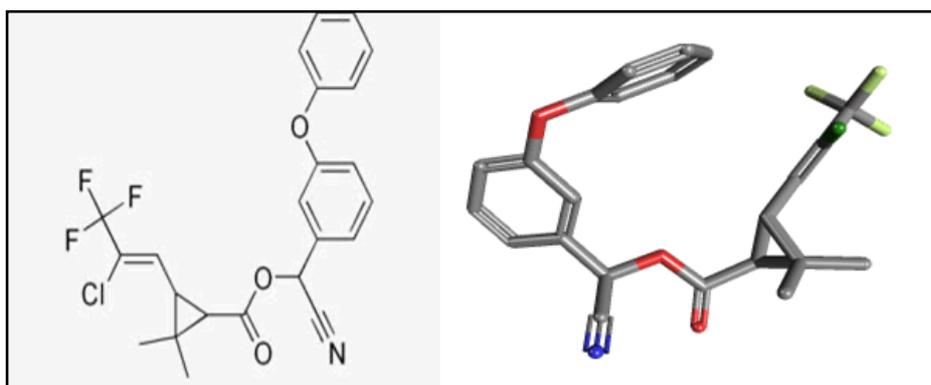


Figure 8 : Formule développée de la λ -cyhalothrin (<http://kangmei.com/Cyhalothrin.html>?).

2.4.4. Toxicité de la lambda-cyhalothrine

Comme les autres pyréthrinoïdes, la lambda-cyhalothrine est une molécule à potentiel neurotoxique non seulement pour les insectes, mais aussi pour les mammifères (Anadon et *al.*, 2006; Ansari et *al.*, 2012; Aouey et *al.*, 2017; Fetoui et *al.*, 2009). Cependant, cette substance active est plus toxique chez les insectes que chez les humains, étant donné la différence inter-espèces dans la sensibilité des canaux sodiques et des différences de masse et température corporelle (Bradberry et *al.*, 2005). La toxicité de la lambda cyhalothrine chez les animaux a été étudiée abondamment ces dernières années, parce que les sujets exposés à ces insecticides ont montré des changements au niveau du fonctionnement du cerveau impliquant les systèmes dopaminergiques, cholinergiques et sérotoninergiques (Hossain et *al.*, 2005).

2.4.5. Stress oxydant

La lambda cyhalothrine, comme la majorité des pyréthrinoïdes, est une molécule hydrophobe. Cela suggère que son action sur les membranes biologiques pourrait être liée avec des altérations des protéines et des phospholipides (Michelangeli et *al.*, 1990). Des études récentes indiquent l'implication du stress oxydatif comme mécanisme de toxicité des pyréthrinoïdes de synthèse de type II dans divers tissus de rats (Fetoui et *al.*, 2008; Sankar et *al.*, 2012). En effet, la lambda-cyhalothrine semble s'accumuler dans les membranes biologiques et cause des dommages oxydatifs (Michelangeli et *al.*, 1990). De plus, des indicateurs spécifiques de ce type de dommage ont été rapportés, tels que l'augmentation des concentrations des espèces réactives oxygénées au niveau du foie ainsi que la peroxydation des lipides. Ces effets ont été observés 60 jours après une exposition quotidienne répétée chez des rats (Aouey et *al.*, 2017).

Matériels et méthodes

3. Dispositif expérimental :

3.1. Présentation du site de collecte des vers de terre :

3.1.1. Situation géographique :

La wilaya de Tébessa fait partie des hautes plaines constantinoises. Elle est située à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Souk-ahras, à l'Ouest par la wilaya d'Oum el Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 Km de frontières, par la Tunisie. La wilaya de Tébessa avec ses 13878 Km², se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays.

3.1.1.1. Tébessa : (35°24'11.7"N 8°07'58.9"E)



Figure 9. Carte géographique de Tébessa, avec les différents sites de collection des vers de terre.

3.2. Prélèvement des Echantillons :

La collecte s'est déroulée pendant la saison d'activité des vers de terre de décembre 2022 au cours de plusieurs sorties sur plusieurs terrains, particulièrement durant les jours pluvieux pour choisir l'espèce la plus abondante. Pour extraire les vers de terre, nous avons utilisé une méthode physique de Bouché (1972) qui consiste à :

- Désherber le sol sur le point de prélèvement.
- Remonter le sol, jusqu'à obtention d'une cavité d'une profondeur de 30 cm.

- Récolter les individus qui émergent du sol et sélectionner les individus adultes.
- Trier soigneusement le sol et collecter les vers de terre qu'il contient (Fig.10)

Ainsi une espèce abondante dans le milieu est choisie pour l'étude au laboratoire



Figure 10 : Les étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain (photo personnelle 2022).

3.3. Choix de l'espèce :

Notre choix s'est porté sur *Eisania fetida* (Fig.11). Les vers de terre sont prélevés avec leur sol naturel où elles vivent ensuite conservées dans des terrariums, au laboratoire, ils sont nourris avec du terreau. Leur longueur environ de 09cm, leur largeur environ de 3mm et leur poids environ 0.78g.



Figure 11 : Morphologie générale d'*E.fetida* (photo personnelle 2022)

3.4. Systématique de *E. fetida* :

Domaine : Biota endl (D.Don)

Régne : Animalia (Linnaeus ,1758)

Phylum : Annelida (Lamarck ,1809)

Classe : Clitellata (Michaelson ,1919)

Sous-classe : Oligochaeta (Grube,1850)

Ordre : Crassiclitellata (Jamieson,1850)

Sous-ordre : Lumbricina (De Blainville ,1828)

Super-famille : Lumbricoidea

Famille : Lumbricoidae (Claus,1876)

Genre : *Eisenia* (Michaelson,1900)

Espec : *Eisenia fetida* (Savigny,1826)

3.5. Matériel chimique

3.5.1. Phoenix 5EC :

C'est un insecticide préventif et curatif utilise pour le contrôle d'un grand nombre d'insectes broyeur, suceurs appartenant à différentes ordres (Coléoptères, Homoptères ...) sur différentes cultures. A une action foudroyante sur les insectes et une bonne persistance d'action. A un effet sur les insectes avec de faibles doses et sur les acariens rouges en affectant leur reproduction. (SARL.BPI /ENH-DOUDAH). Phoenix est insecticide qui agit par contact et par ingestion, il a aussi une action répulsive. Sa matière active est Lambda-Cyhalothrine.



Figure 12 : l'insecticide Phoenix (photo personnelle 2022)

3.5.2. La lambda-cyhalothrine

La lambda-cyhalothrine (LCT) est un nouvel insecticide à base de pyréthriinoïdes qui sont des insecticides largement utilisés dans la production agricole partout dans le monde. Ces insecticides lipophiles sont appliqués en remplaçant des organophosphorés, en raison de leur plus faible volatilité et leur inactivation métabolique rapide (Celik et *al.*, 2005; Khemiri, 2017).

La lambda-cyhalothrine (LCT) est un pyréthriinoïde de synthèse fabriquée qui est utilisé dans la lutte antiparasitaire à domicile, l'agriculture, la protection des aliments, production, le contrôle des maladies et lutte contre les vecteurs pathogènes. LCT a été largement utilisé pour lutter contre les insectes, y compris les pucerons, les doryphores et les lépidoptères larves (Fetoui et *al.*, 2010 ; Al-Amoudi, 2018).

Ainsi elle est utilisée pour contrôler une large gamme de ravageurs à savoir les lépidoptères, les hémiptères, les diptères, et les coléoptères. Elle est un important outil utilisé en santé pour contrôler les cafards, les moustiques, et les mouches, qui peuvent agir comme des vecteurs de maladies (Zoumenou et *al.*, 2015).

3.6. Travaux au laboratoire

3.6.1. Rinçage et tri des vers de terre

Récupérer puis placer les vers de terre dans un récipient contenant de l'eau pour les rincer. Certains vers sont très petits, et demandent une capacité d'observation particulière. Pour chacune des boîtes :

- Compter le nombre de vers présents : les vers adultes endommagés représentant une partie antérieure intacte (clitellum compris) sont pris en compte pour l'identification et l'abondance. Cependant, les vers endommagés avec seulement la partie postérieure sont exclus du comptage.

- Déterminer ensuite la masse totale (y compris tous les vers endommagés). Ensuite, les vers collectés sont triés et comptés selon leur stade de maturité :

- Juvéniles : Sans clitellum ni tubercules pubères.

- Adultes : Ayant un clitellum ainsi que des tubercules pubères

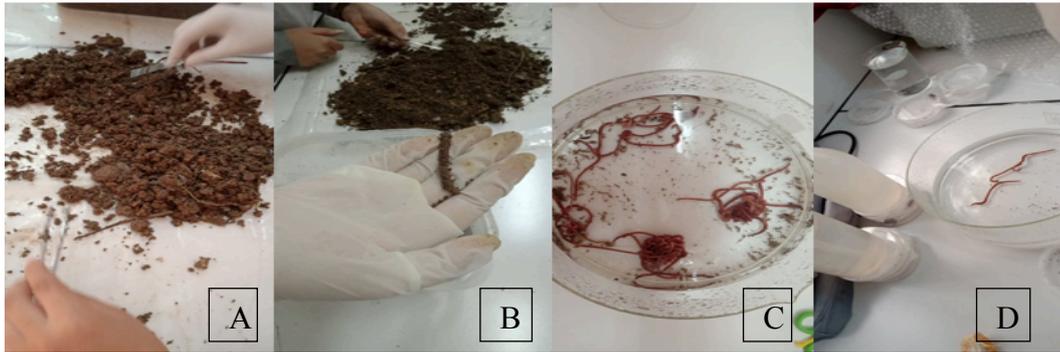


Figure 13 : Triage des vers de terre (photo personnelle 2022).

3.6.2. Méthode d'identification et description des espèces :

L'identification a été effectuée au niveau de laboratoire de physiologie animale à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences exactes (Université Larbi Tbessi).

L'identification est effectuée selon la méthode établie par Bouché (1972), basée sur des critères morphologiques variables selon les espèces, dont plusieurs concernent les organes sexuels, d'où l'intérêt de sélectionner des adultes. Le clitellum est un critère primordial pour l'identification. En effet, sa forme (annulaire ou en selle), ainsi que sa couleur et sa position sur le corps du lombric sont propres à chaque espèce. Sur sa face ventrale, on peut observer plus au mois distinctement un puberculum de formes différentes selon les espèces. La position des pores mâles est également un bon critère d'identification, et dans une moindre mesure la position des tumescences génitale qui ne sont pas aussi facilement observables que les organes mâles.

Les animaux sont d'abord étudiés morphologiquement, à l'état vivant (avant fixation) en notant la longueur du corps, la couleur du tégument, le gradient de coloration, et le poids. Les vers de terre sont ensuite conservés dans l'alcool 70%, puis observés sous loupe binoculaire en vue d'une identification basée sur des caractéristiques externes

3.6.3. Conditions expérimentales :

Selon Heimbach, (1984), l'élevage est réalisé un mois avant les expériences pour une meilleure adaptation dans les terrariums qui contiennent le sol de collecte. Tous les vers de terre analysés ont préalablement été nettoyés avec de l'eau, séchés avec du papier absorbant. Ils ont ensuite été mis sur du papier filtre, dans des boîtes de Pétri pendant 03 heures (Fig.15).

L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des adultes avec un clitellum bien développé.

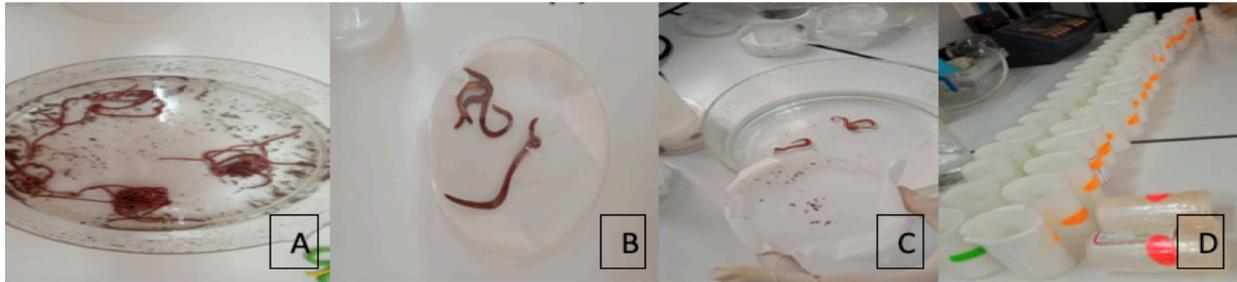


Figure 14 . Les étapes du test **A**/rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet ; **B**/Essuyage du vers de terre ; **C**/Mettre les vers de terre dans un boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs ; **D**/mettre un vers dans une fiole cylindrique dont les bords intérieurs sont couverts avec du papier filtre imbibé d'insecticide Phoenix (Photo personnelle 2022)

3.7. Traitement :

Il est recommandé d'utiliser des fioles de verre à fond plat d'environ 8 cm de hauteur et 3 cm de diamètre. Les parois de ces fioles sont revêtues de papier filtre coupé à une dimension telle qu'il n'y ait guère de chevauchement. La substance d'essai est dissoute dans l'eau de façon à obtenir deux concentrations connues. Un ml de solution est versé à la pipette dans chaque fiole et évaporé à sec sous un léger courant d'air comprimé filtré ; pendant qu'elle sèche, on fait tourner la fiole selon un axe horizontal. La fiole du groupe témoin doit être traitée avec 1 ml d'eau désionisée. Après séchage il faut ajouter 1/2 ml d'eau désionisée à chaque fiole afin d'humidifier le papier filtre. Chaque fiole est fermée par un couvercle ou par un film de plastique, avec un petit trou pour la ventilation.

Pour chaque dose, le minimum requis est de dix expériences identiques avec un ver par fiole. On ne doit pas utiliser plus d'un ver par fiole parce que la mort de l'un d'eux peut exercer une influence défavorable sur les autres vers du même récipient. Dans chaque essai, on utilise une série de doses et 21 fioles pendant 24 h de traitement et 7 fioles pendant 48 h de traitement. Les vers doivent être gardés sur du papier filtre humide pendant 3 heures avant d'être placés dans les fioles d'essai, de façon qu'ils puissent évacuer le contenu de leur intestin. Les vers sont lavés et séchés avant l'expérience. Au cours de l'essai, les fioles sont posées sur le côté sur des plateaux. Les essais sont réalisés dans le noir et pendant une période de 24 et 48 heures. On considère les vers comme morts quand ils ne répondent pas à un léger stimulus mécanique

appliqué à leur extrémité antérieure. On doit noter tous les symptômes comportementaux ou pathologiques.

3.8. Méthodes de dosage :

3.8.1. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase) :

La mesure de l'activité glutathion S-transférase (GST) est déterminée selon la méthode de Habig et *al.* (1974). La lecture des absorbances est effectuée toutes les minutes pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm dans un spectrophotomètre UV/visible contre un blanc contenant 200 µl d'eau distillée à la place du surnageant.

L'activité est déterminée d'après la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do \backslash M}{9,6} \times \frac{Vt}{Vs} \backslash mg \text{ de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (µM/mn/mg de protéines).

Δ Do : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

9,6 : coefficient d'extinction molaire du CDNB.

Vt : volume total dans la cuve : 1,4 ml [0,2 ml surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,2 ml.

Mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

Tableau 4 : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage (bouazdia karim,2019)

Tubes	1	2	3	4	5	6
Quantité de BSA (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de BSA (µg)	0	20	40	60	80	100

3.8.2. Dosage des Protéines totales :

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Bradford (1976), qui consiste à additionner à une fraction aliquote de 100 µl du surnageant ou de la gamme étalon, 4 ml de réactif du bleu brillant de coomassie (BBC) (G 250, Merck). La solution de BBC se prépare comme suit : dissoudre 50 mg de BBC dans 25 ml d'éthanol 95°. Après une agitation de 2 heures, on ajoute 50 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 500 ml avec de l'eau distillée. La présence des protéines dans l'échantillon se révèle par une coloration bleue. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (BSA) (Sigma, France) titrant 1 mg/ml

3.9. Analyse statistique des résultats :

Dans notre étude, pour mieux visualiser les résultats obtenus, la représentation graphique choisie est celle des histogrammes en utilisant le logiciel Prism (GraphPad software, La Jolla California, USA). En cas de différences significatives, le test de Tukey (HSD) a été utilisé pour séparer les moyennes des différents traitements. Tous ces paramètres ont été analysés au seuil de signification de 5%. Une analyse de la variance à un critère de classification (le temps) a été effectuée en utilisant le test ANOVA.

Résultats

2 Identification

Dans notre site d'échantillonnage, on a pu identifier 2 espèces de vers de terre. Chaque espèce a ses propres caractéristiques. Ces deux espèces ont une taille comparable et des couleurs très différentes.

Les caractéristiques morphologiques des espèces de vers de terre collectés sont représentées dans le tableau 04.

Tableau 5 : Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.

Espèce Caractéristique	<i>E. fetida</i>	<i>A. molleri</i>
Le poids (g)	0.78	0.801
Longueur (cm)	09	13
Diamètre (mm)	3	4
Nombre de segments	90	143
Couleur	Marron avec des parties inter-segmentales jaunes.	vert (D/V)
Forme	Cylindrique avec aplatissement caudale léger	Cylindrique
Prostomium	Epilobique	Epilobique
Clitellum	Entre le 26 ^{ème} et 32 ^{ème} segment	Entre le 49 ^{ème} et 58 ^{ème} Segment
Tuberculapubertatis	Entre le 28 ^{ème} et le 30 ^{ème} segment	—
Setae	PL et PV sont Géminées	P.L Ecartées

2.1 *E. fetida*

Elle a une couleur exceptionnelle avec des segments marron et des régions inter-segmentales jaunes claires. De plus, *E. fetida* se distingue des autres espèces par sa plus petite taille. D'autre part, cette espèce a un clitellum compris entre le 26^{ème} et 32^{ème} segment et des tubercules pubères entre le 28^{ème} et le 30^{ème} segment (Fig.16).



Figure 15 : Morphologie générale d'*E.fetida* (photo personnelle2022).

2.2 *A. molleri*

Elle a une couleur verte avec une forme cylindrique. Cette espèce a un clitellum compris entre les 49ème -58èmes segments.



Figure 16 : Morphologie général d'*A.molleri*(photo personnelle2022).

3 Effet de l'insecticide phoenix sur les biomarqueurs :

L'activité de la GST et de la quantité de protéines sont mesurées dans la partie post-clitellienne, et la partie postérieure respectivement du vers de terre.

4 Effet sur la quantité totale de protéines :

La quantification des protéines a été faite à partir d'une courbe d'étalonnage exprimant l'absorbance en fonction de la quantité du standard d'albumine. La droite de régression a été déterminée comme suit : $Y = 0.0113x - 0.0066$ avec un coefficient de détermination : $R^2 = 0.9671$ (Tab.05 ; Fig.18).

Tableau 06 : Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage (m±).

Quantité de BSA (µg)	Absorbances
0	0.003
20	0.223
40	0.453
60	0.562
80	1.025
100	1.08

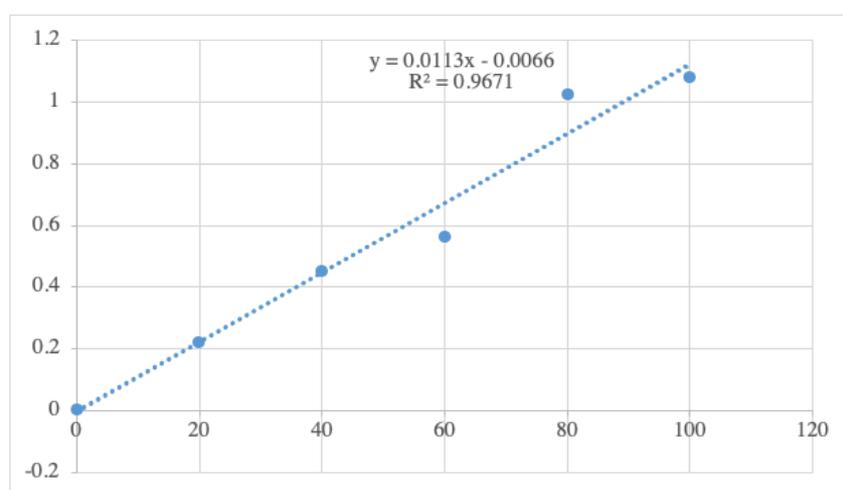


Figure 17 : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (µg) (R^2 : coefficient de détermination=0.9671).

4.1 Effet de l'insecticide après 24 heures :

La méthode réalisée pour quantifier les protéines est celle de Bradford (1976).

La figure (19) illustre les effets du phoenix à 2 différentes concentrations CL5 et CL10 sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. Les séries traitées avec les concentrations dL10 et dL5 ne manifeste pas de changement significatif ($p=0.517$) de la quantité de protéines totale par rapport aux témoins.

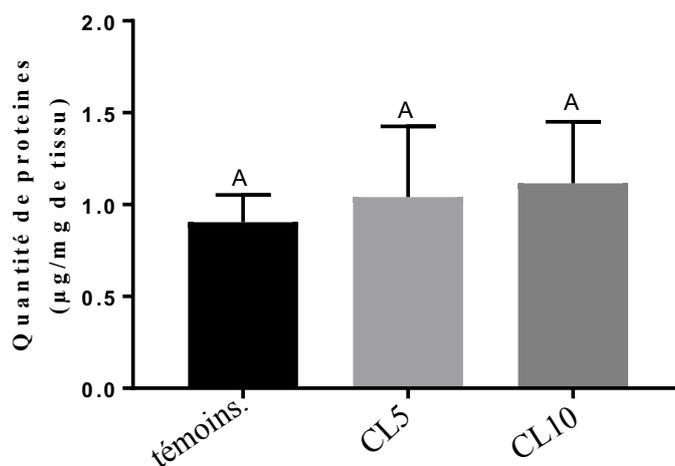


Figure 18 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition ($m \pm s$, $n = 7$ vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$) test de turkey .

4.2 Après 48 heures :

La figure (20) illustre les effets du phoenix à 2 concentrations dL5 et dL10 sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. Les séries traitées avec les concentrations dL10 et dL5 manifestent différence significative ($p = 0,01$) sur la quantité de protéines totale par rapport aux témoins.

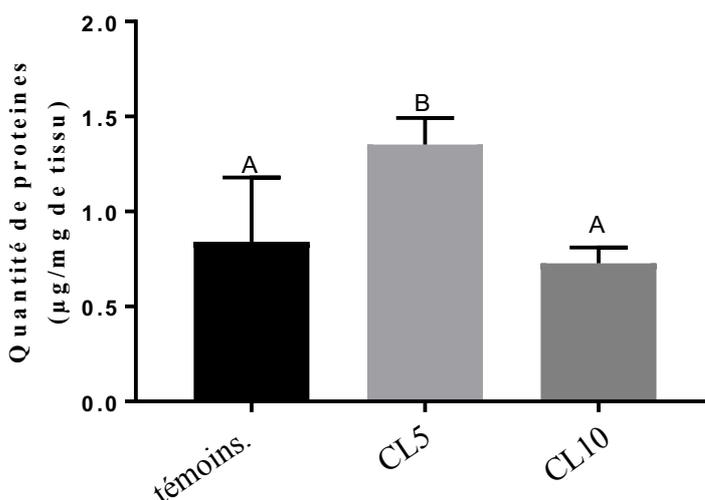


Figure 19 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition ($m \pm s$, $n = 7$ vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$) test de tukey

5 Effet du phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase :

5.1 Après 24 heures d'exposition :

La mesure de l'activité glutathion S-transférase (GST) est déterminée selon la méthode de Habig *et al.* (1974).

L'effet du phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre traités et témoins est illustré dans la figure (21). L'activité de GST chez les séries traitées dl5et dl10 présente une diminution significative pendant 24h ($p=0.0217$) par rapport aux témoins

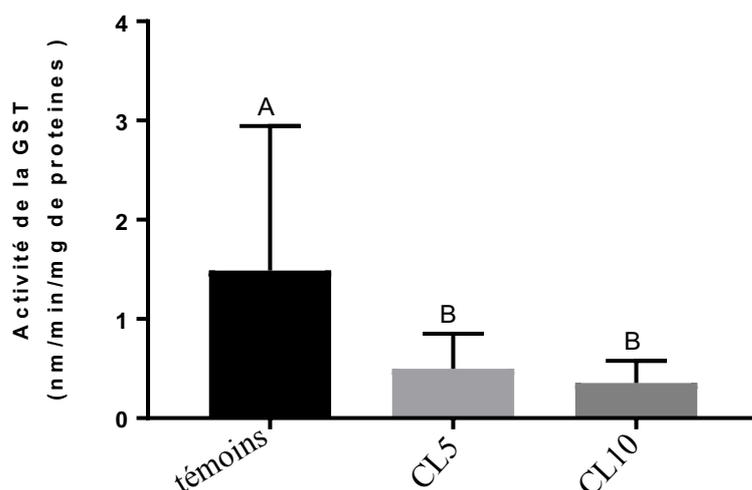


Figure 20 : Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties clitelienne des adultes des vers *Eisenia fetida* Après 24 heures d'interaction ($m \pm s$, $n=21$ vers Les moyennes suivies d'une même lettre sont significativement différentes, $p < 0,05$) tukey

5.2 Après 48 heures d'exposition :

L'effet du phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre traités et témoins est illustré dans la figure (22). L'activité de GST chez les séries traitées dl5 et dl10 ne présente pas un effet significatif pendant 48h ($p=0.218$) par rapport aux témoins

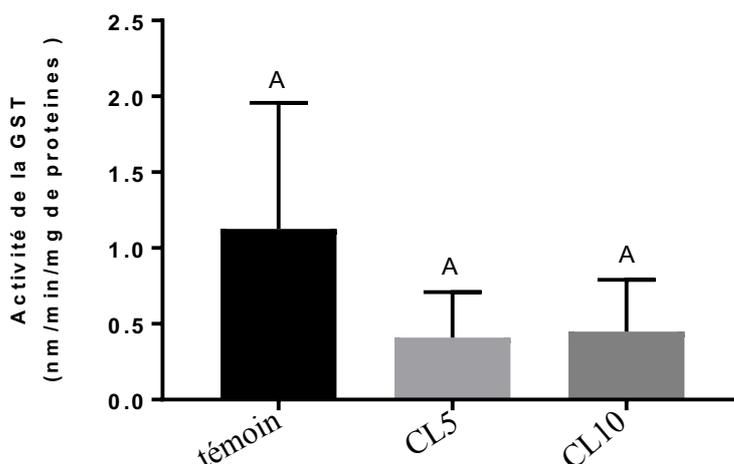


Figure 21 : Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postero mediane des adultes des vers *Eisenia foetida* Après 48 heures d'interaction (m±s, n= 21 vers Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, p=< 0,05).

6 Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative (p=0.712) entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 24 et 48 heures. De la même façon, le temps d'exposition à l'insecticide n'a pas d'effet significatif (p=0.663) sur l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL5 et la CL10 (p=0.602) (tab06. ; fig.23).

Tableau 07 : activité spécifique de la GST (µM/mn/mg de protéines) au niveau des segments clitelliennes des adultes d'*E.fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps (m ± s ; n= 21 individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, p< 0,05)

Concentration \ Temps (heure)	Témoin	CL5	CL10
24	1,487±1,459 a	0,498±0,353 a	0,356±0,221 a
48	1,125±0,831 a	0,409±0,301 a	0,448±0,342 a

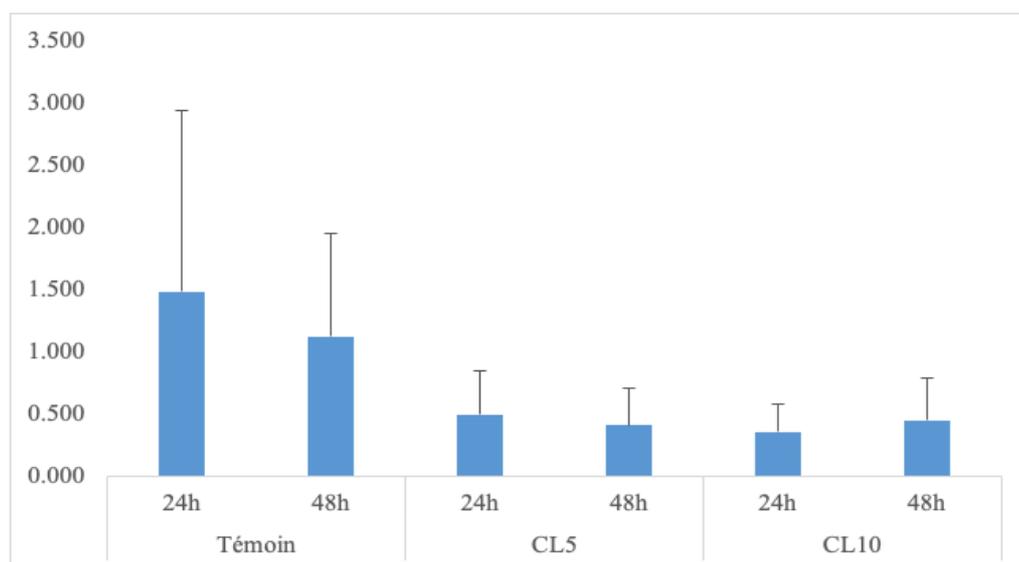


Figure 22 : activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments clitelliennes des vers adultes d’*E.fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d’exposition ($m \pm s$; $n= 21$ individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent aucun effet significatif du temps d’exposition).

7 Effet du temps d’exposition sur la quantité des protéines :

Le test t de Student indique qu’il n’y a pas de différence significative ($p=0.716$) entre la quantité de protéines des séries témoin après 24 et 48 heures. Similairement, le temps d’exposition à l’insecticide n’a aucun effet significatif ($p=0.164$) sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL5. Aussi, le temps d’exposition au pesticide n’a pas d’effet significatif ($p=0.086$) sur quantité de protéines chez les séries traitées par la CL10 (tab07. ; fig.24).

Tableau 07 : la quantité de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des vers adultes d’*E.fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ($m \pm s$; $n= 21$ individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les moyennes suivies d’une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$)

Concentration \ Temps (heure)	Témoin	CL5	CL10
24	0,904±0,149 a	1,042±0,384 a	1,116±0,335 a
48	0,840±0,338 a	1,353±0,140 a	0,727±0,083 a

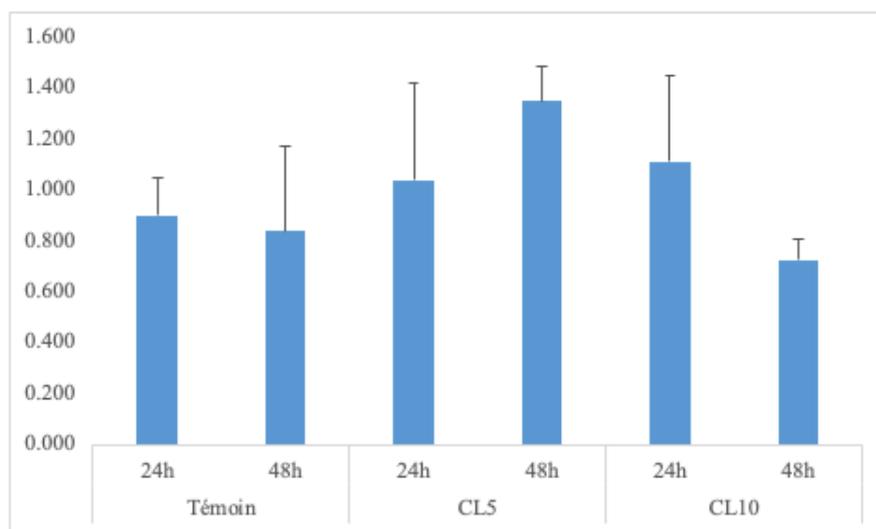


Figure 23 : la quantité de protéines totales ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des vers adultes d'*E.fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ($m \pm s$; $n= 21$ individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent un effet significatif du temps d'exposition)

DISCUSSION

DISCUSSION

L'utilisation de bio-indicateurs en toxicologie et écotoxicologie est une pratique courante dans le monde entier. Parmi les bioindicateurs, les vers de terre, escargots et les microorganismes du sol sont largement utilisés car ils sont la cible immédiate des produits phytosanitaires. Les vers de terre sont utilisés comme bioindicateurs pour évaluer la santé du sol en raison de leur disponibilité, facilité de manipuler et leur capacité d'améliorer la structure et la fertilité du sol (Mahajan et *al.*, 2007 ; Curry et *al.*, 2008 ; Muthukaruppan et Ganasekaran, 2010).

À ce jour, un certain nombre d'essais normalisés utilisant la mortalité, la reproduction et le comportement des vers de terre sont disponibles (Little, 1990 ; Doving, 1991 ; Scherrer, 1992).

L'objectif essentiel de notre étude consiste à évaluer les effets de phoenix chez les vers de terre. *Eisenia foetida* Ceci est basé sur des paramètres manipulés au laboratoire afin de lambda-dyhalothrine les concentrations létales (CL5 et CL10) de l'insecticide ainsi que ses effets sur les biomarqueurs (GST) et l'activité protéique des vers de terre.

1 Identification :

Le sol constitue l'un des plus grands réservoirs de biodiversité et de ressources génétiques de notre planète, mais malgré la richesse de la biodiversité du sol, les oligochètes manquent des études jusqu'à présent.

La pollution environnementale provoque une perte de la qualité du sol en entraînant la disparition d'espèces d'Oligochètes non encore répertoriées. En effet, la connaissance des Oligochètes apportera une meilleure contribution à la conservation des sols en les utilisant comme des bio-indicateurs de pollution (Cox et *al.*, 2004).

La synthèse bibliographique de la diversité des Lombricidae en Algérie révèle la présence de 41 espèces signalées par plusieurs auteurs. Le nombre d'espèces déterminées diffèrent dans les différentes régions du pays : 31 espèces signalées par Omodeo et *al.*, (2003), 18 espèces dans l'Est algérien (Bazri et *al.*, 2013), 11 espèces dans le secteur de Metidja (Baha ,1997), 11 espèces dans le secteur constantinois (Ouahrni, 2003), 5 espèces dans la vallée de la Soummam dans la Kabylie (Kherbouche et *al.*, 2012), 4 espèces sont trouvées dans la région de Annaba (Zeriri et *al.*, 2013) et 3 espèces dans la région de Biskra (Boukria 2012).

Dans notre travail, nous nous sommes basés sur la morphologie externe et la biométrie. En nous servant critères anatomiques qui nous ont permis de dresser une clé de confirmation des espèces échantillonnées sur le terrain La taille du corps, la position et la forme du clitellum, la couleur et la pigmentation et la forme du prostomium restent des critères importants pour la détermination des espèces de Lombricidae. En effet les auteurs qui se sont intéressés à la systématique de ce taxon, se sont focalisés sur les principales caractéristiques anatomiques telle que la taille, la forme du corps, la catégorie écologique, le clitellum et la forme du prostomium (Bouché, 1972 ; Gates 1972 ; Baker et Barrett, 1994 ; Sims et Gerard, 1999).

- L'espèce *E.fetida* n'a été collectée que dans les sites d'échantillonnage, C'est une espèce d'origine européenne, elle appartient au groupe des vers épigés (Bouché, 1977). Cette espèce est connue sous le nom du vers de fumier, elle a été trouvée dans le climat semi-aride inférieur (Bazri et al., 2013) et dans des endroits chauds et secs (Zeriri et al., 2013), c'est une espèce ubiquitaire avec une distribution mondiale (Domínguez & Edwards, 1997). L'espèce *Eseinia fetida* une tolérance à haute température entre 0-30 °C (NATURLAND, 2010). C'est une espèce pérégrine d'origine Atlantique (Csuzdi & Zicsi, 2003). Elle est très répandue dans les régions tempérées du nord (Paléarctique, l'Amérique du nord), introduite en Amérique du sud, l'Afrique, l'Asie, l'Australie et la New Zealand (Csuzdi & Zicsi, 2003 ; Sims, & Gerard, 1999).
- L'espèce *A.molleri* est une espèce d'une forme cylindrique, le prostomium épilobique, la position de leur clitellum est entre le 49^{ème} et le 58^{ème} segment. Cette espèce n'a été collectée que dans les sites d'échantillonnage, selon (bazri et al 2013) Quelques espèces d'origine ibérienne sont observées au Maroc *A. molleri*, Tandis qu'en Algérie et en Tunisie, suivie par un pourcentage de 15,27 %, ensuite (ghanem et al 2017) leur étude taxonomique sur la zone de batna a été réalisée sur un total de 594 vers adultes parmi ce nombre il classe 7 espèces inventoriées, l'un de ces espèces endogées représentaient 62% de *A. molleri*

2 Effet sur les biomarqueurs :

Des quantités importantes de pesticides sont rejetées dans l'environnement, induisant ainsi une contamination chronique d'un nombre croissant d'écosystèmes (Sarkaret *al.*, 2006). De ce fait l'utilisation des espèces bioindicatrices en basant sur le principe de biosurveillance écotoxicologique s'impose grâce à des biomarqueurs qui rendent compte des niveaux de pollution auxquels sont soumis ces organismes.

L'utilisation des vers de terre a été principalement concentrée sur les effets des métaux lourds (Lukkari *et al.*, 2004 ; Burgos *et al.*, 2005 ; Schleifler *et al.*, 2006 ; Bundy *et al.*, 2007). Très peu d'études ont été consacrées à l'impact des polluants organiques tels que les pesticides sur le ver de terre (Gupta et Sundararaman, 1991 ; Venkateswara Rao *et al.*, 2003 ; Gambi *et al.*, 2007).

La transformation métabolique des pesticides est l'un des facteurs qui contrôlent leurs bioaccumulations et leurs toxicités, mais l'information chez les vers de terre est limitée par rapport à d'autres espèces telles que les poissons (Toshiyuki & Keiko, 2015).

Dans notre étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet d'un insecticide phoenix sur un modèle biologique à savoir, le ver de terre et ce en utilisant un biomarqueur enzymatique (GST) et un autre biochimique (protéines)

2.1. Effet sur la GST :

Le processus de métabolisation des xénobiotiques implique une activation des systèmes enzymatiques de la phase I ainsi que les enzymes de la phase II tels que les glutathion-S-transférases (GST). Les glutathions S-transférases (GST : E.C.2.5.1.18) sont des enzymes qui catalysent la conjugaison du glutathion (possède un groupement nucléophile -SH) à une grande variété de composés (porteurs de groupements électrophiles) et également impliquée dans le transport et l'élimination de composés réactifs qui effectuent d'autres fonctions antioxydantes (Sies, 1993 ; Livingstone, 2003). Ce sont des isoenzymes de la phase II du processus de détoxification cellulaire (Elia *et al.*, 2003). Pendant cette phase II (phase de conjugaison), les métabolites des xénobiotiques, déjà rendus moins hydrophobes par les réactions d'oxydation ou d'hydroxylation de la phase I, sont transformés en substances encore plus hydrosolubles. Les composés ainsi conjugués au GSH sont souvent moins toxiques et peuvent ensuite être expulsés plus facilement de la cellule (Salinas & Wong, 1999).

Ces enzymes sont généralement solubles (cytosoliques) et présentes sous plusieurs isoformes, dont certaines sont inductibles par les contaminants qu'elles rendent moins toxiques. Les GST ont été mises en évidence dans la plupart des êtres vivants tels que la levure (Foley & Sheehan, 1998), les mollusques (Fitzpatrick & Sheehan, 1993; Fitzpatrick *et al.*, 1995; Blanchette & Singh, 1999), les vers de terre (Stenersen *et al.*, 1979, Borgeraas *et al.*, 1996), les crustacés (Keeran & Lee, 1987; Leblanc & Cochrane, 1987), les insectes (Stenersen *et al.*, 1987; Prapanthadara *et al.*, 1996), les poissons (George & Young, 1988; Martínez-Lara *et al.*, 1997; Pérez-López *et al.*, 2000), les mammifères (Habig *et al.*, 1974; Kamisaka *et al.*, 1975; Rouimi *et al.*, 1996; Bolton & Ahokas, 1997) et les plantes (Pascal *et al.*, 1998; Hong *et al.*, 1999). L'activité de la GST a également été largement utilisée comme un biomarqueur de stress (Fitzpatrick *et al.*, 1997 ; Shailaja & D'Silva, 2003; Cunha *et al.*, 2007).

La glutathion-S-transférase joue un rôle important dans la désintoxication des xénobiotiques (Hayes *et al.* 2005). Son activité a été utilisée comme bioindicateur potentiel et biomarqueur des vers de terre pour l'exposition aux pesticides (Velki et Hackenberger 2013) et aux métaux lourds (Laszczyca *et al.* 2004).

2.1.1. L'effet après 24 heures

Nos résultats montrent que l'activité de GST diminue après 24 heures d'exposition des vers de terre au lambda cyhalothrine. Similairement, Gao *et al.* (2007) ont trouvé que l'herbicide albendazole inhibe l'activité GST dans le corps entier, la région antérieure, la région moyenne et la région postérieure du vers *E. fetida*. Aussi, Feng *et al.*, 2015 ont constaté une inhibition de la réponse des GST chez *E. fetida* exposé à imidaclopride (Zhang *et al.*, 2017). Cependant BOUAZDIA (2019) a constaté que l'activité de la GST augmente après exposition des vers *A. caliginosa* à la concentration sub-létale de lambda cyhalothrine. De la même façon, Tiwari *et al.* (2019) ont révélé une induction de l'activité GST, avec une relation dose-réponse, dans les régions pré-clitellienne, clitellienne et post-clitellienne des vers adultes *Eudrilus eugeniae* traités par chlorpyrifos, cyperméthrin et leur mixture.

L'augmentation de l'activité de la GST après le traitement est une forme de défense qui traduit la détoxification du xénobiotique dans l'organisme pour permettre son élimination. Par contre, Des études similaires ont révélé une induction des activités de GST et de catalase Après l'exposition d'*E. fetida* au pesticide thiaclopride. Muthusamy *et al.* (2012) ont montré que l'activité GST a été significativement élevée chez les chenilles *Amsacta albistriga* après traitement par lambda-cyhalothrine.

2.1.1 L'effet après 48 heures :

Notre étude a indiqué que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition au lambda cyhalothrine (48 heures), nos résultats est en accord avec (HABAB ET JOUINI 2021) qui montraient que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition au Glyphon (48H). Cependant (Leida et al ; 2017) ont constaté que l'activité de la GST a montré une augmentation significative lors de tests aiguës et chroniques d'*Eisenia sp* au Glyphosan SL. Des études similaires ont révélé une induction de la GST chez les vers de terre tels que *L. terrestris* suite à une exposition à l'herbicide Sekator et l'engrais triphosphate (Mekahlia et al., 2015) et *E.fetida* exposé à l'herbicide acétochlore (Xiao et al. 2006) et les herbicides fenoxaprop et metolachlor (Abdel Salam et Schröder, 2008). Wang et al. (2020) révélaient une induction de l'activité de la GST peut être due à l'effet nocif de l'alachlore sur *E. fetida*, qui le transforme en une forme non toxique. Une augmentation similaire des niveaux de GST a été remarquée chez *E. fetida* traitée avec l'herbicide QYR301. Par contre, Gao et al. (2007) ont trouvé que l'herbicide albendazole inhibe l'activité GST dans le corps entier, la région antérieure, la région moyenne et la région postérieure du vers *E. fetida*.

La réponse de l'activité de la GST dépend de plusieurs facteurs comme le type de xénobiotique, la concentration, le temps d'exposition et de l'espèce (Oruç & Üner, 2000).

3 Effet sur la quantité totale de protéines :

La structure des protéines ainsi que leur fonction peuvent être altérée par les ROS produites soit par le métabolisme cellulaire ou par des oxydants exogènes (Djekoun, 2012). Ainsi les travaux de Masaya et al (2002) et Grara et al. (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés. Les protéines sont principalement impliquées dans l'architecture de la cellule (Radwan et al, 2008).

Les vers de terre déploient une batterie de réponses à travers l'activation de leurs mécanismes de détoxification afin de lutter, de survivre et de s'acclimater à ce nouveau paramètre (Nzengue, 2008).

3.1 L'effet après 24 heures :

Nos résultats montrent que qu'il y a aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant 24 heures d'exposition des séries traités avec la concentration DL5 et DL10. Similairement Bouazdia (2019) a constaté que le teneur de protéines de séries traitées par l'insecticide Karaté Zeon aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant la période d'étude. Par contre la teneur en protéines a augmenté de façon significative après exposition d'un ver de terre, *L. terrestris* au TSP et aucun effet n'a été rapporté par le sekator (Mekahlia *et al*, 2016). Cette augmentation pourrait indiquer une adaptabilité physiologique de ces vers pour compenser le stress et le développement de défenses cellulaires en réponse à l'impact des pesticides et des engrais. Ensuite (MENACEUR ET ARRAR 2021) a constaté que y'a une augmentation du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par décis. Cependant, les résultats de Gao *et al* (2013) ont montré que la teneur en protéines a augmenté lorsque les vers de terre, *E.foetida* ont été exposés au propiconazole et au difénoconazole.

3.2 L'effet après 48 heures :

Nos résultats montrent qu'il y a changement significatif de la quantité de protéines enregistré pendant la période d'exposition au phoenix, Par contre nos résultats est n'a pas accord avec (HABAB ET JOUINI 2021) qui montraient que le teneur de protéines reste inchangé pendant la période d'exposition au Glyphon (48H). Par contre Zeriri (2014) a constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par le Méthomyl. De ce fait Cette augmentation a été également observée dans le foie chez les poissons d'eau Selon (Parveza et Raisuddin, 2005) à une exposition unique de 48 h à divers pesticides (la deltaméthrine (0,75 µg / L)). Similairement (REBIAI ET ZEGHDANI 2019) que le taux des protéines dans cette expérience à augmenter d'une manière significative en comparaison aux témoins dans la présence de ce pesticide (lambda-cyhalothrine)

4 Effet du temps

Notre résultat met en évidence l'effet de notre insecticide sur la GST par rapport au temps, en n'a pas un effet significatif de l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL10 par rapport au témoin, et chez les séries traite par la CL5 restent inchangé.

Notre résultat est similaire au (Coria et Moreira 2010) chez les vers de terre *Eisenia fetida* traitée par le glyphosate. Nous sommes pas d'accord avec (Amel DJEDDAI ; 2016) chez *e.fetida* qu'il y'a une augmentation de l'activité de la GST chez les séries traitées avec la dose sub létale de karaté Zeon au 4ème jour.

Notre résultat a constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par le Méthomyl. similaire au Bouazdia (2019) qui a constaté que la teneur de protéines des séries traitées par l'herbicide Sekator OD a diminué après 4 et 14 jours d'exposition. Par contre, les travaux de Masaya et al. (2002) et Grara et al. (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

Les vers de terre occupent une place fondamentale dans l'amélioration et l'élaboration de la fertilité des sols. Grâce à la prise de conscience actuelle des problèmes d'environnement, on redécouvre l'importance de leur rôle pour la fertilité naturelle de la terre.

Dans cette étude nous nous sommes intéressés aux vers de terre, organismes connus pour leur rôle essentiel dans la formation et l'entretien des sols. Ils assurent une bonne fertilité et agissent sur le recyclage des éléments nutritifs de ces derniers tout en améliorant leur structure. En effet, les vers de terre jouent un rôle prépondérant non seulement en agriculture, mais aussi dans les milieux naturels en leur qualité de témoins de la qualité de l'environnement en général.

Plusieurs espèces de vers de terre servent d'organismes modèles dans la recherche en écotoxicologie, notamment dans l'évaluation de la contamination et de la pollution des sols par les pesticides.

Très peu de travaux se sont penchés sur le devenir des pesticides et leurs effets sur les vers de terre dans notre région (Tébessa). Dans cette étude, nous nous sommes proposés d'évaluer la toxicité potentielle de l'insecticide Phoenix sur les vers de terre *Eisenia fetida*.

Le premier objectif était de déterminer les espèces de vers de terre existant dans les différents habitats en focalisant notre étude sur la période pluvieuse, deux espèces sont identifiées parmi les individus fixés, appartenant à la famille Lumbricidae, comprenant *Eisenia fetida* et *Aporrectodea Molleri*.

Le second objectif était d'évaluer l'effet de l'insecticide phoenix5EC qui est comment utilisés par les agriculteurs en Algérie, sur l'activité spécifique des biomarqueurs la Glutathion S-Transférase GST et les protéines totales.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A la lumière de notre travail, plusieurs questions ont surgi et qui peuvent ouvrir des perspectives intéressantes :

- Les évaluations écotoxicologiques des risques liés au pesticide devraient impliquer de multiples méthodes d'essai avec des animaux d'essai juvéniles et adultes.
- Déterminer l'impact du phoenix sur la reproduction et, la survie et la croissance des juvéniles des vers de terre.
- Pencher sur l'aspect histologique qui rend compte sur les éventuelles altérations tissulaires chez l'organisme contaminé par le phoenix

Références bibliographiques

A

Anadon, A., Martinez, M., Martinez, M. A., Diaz, M. J. et Martinez-Larranaga, M. R. (2006). Toxicokinetics of lambda-cyhalothrin in rats. *Toxicol Lett*, 165(1), 47-56. doi: 10.1016/j.toxlet.2006.01.014

Ansari, R. W., Shukla, R. K., Yadav, R. S., Seth, K., Pant, A. B., Singh, D., . . . Khanna, V. K. (2012). Involvement of dopaminergic and serotonergic systems in the neurobehavioral toxicity of lambda-cyhalothrin in developing rats. *Toxicol Lett*, 211(1), 1-9. doi: 10.1016/j.toxlet.2012.02.012

Aouey, B., Derbali, M., Chtourou, Y., Bouchard, M., Khabir, A. et Fetoui, H. (2017). Pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin and its metabolites induce liver injury through the activation of oxidative stress and proinflammatory gene expression in rats following acute and subchronic exposure. *Environ Sci Pollut Res Int*. doi: 10.1007/s11356-016-8323-4

Abdel Salam Aly M, Schröder P. (2008). Effect of Herbicides on Glutathione-S-transferases in the Earthworm, *Eisenia fetida*. *Env Sci Pollut Res*, 15 (2) 143–149.

Ayad Mokhtari N., (2012). Identification et dosages des pesticides dans l'agriculture et les problèmes d'environnement liés. Thèse de magister en chimie organique (environnement), université d'Oran, Algérie, 86 p

B

Bouziyani M., (2007). L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires. Le guide de la médecine et de la santé. Santémaghreb. P8.

Bazri, K ; Ouahrani, G ; Gheribi-Aoulmi Z; Diaz Cosin, D., (2013). La diversité des Lombriciens dans l'Est algérien depuis la côte jusqu'au désert. *Ecologia mediterranea*. Vol. 39.

Bouché M.B., (2003). Vers de terre, de Darwin à nos jours. Un révélateur heuristique Académie des Sciences et lettres de Montpellier. Séance du 02/06/2003, Conférence n°3826. Montpellier, France.

Baha, M., (2008). Étude bioécologique des oligochètes du Nord de l'Algérie. Thèse de doctorat.

BACHELIER G. la vie animale dans le sol O.R.S.T.O.M.PARIS, 1963, 273 p.

Bachelier G. (1978). La Faune des Sols : Son Ecologie et Son Action, Orstom, Paris, pp 391.

Bouché M.B. (1972). Lombriciens de France, Ecologie et systématique. Inst. Nat.Rech. Agronomique, Paris, pp 671.

Bouché, M.B. (1977). Stratégies lombriciennes. In: Lohm, U., Persson, T. (Eds.), Soil Organisms as Components of Ecosystems. *Ecological Bulletin*, vol. 25, pp. 122–132. [Stockholm, Sweden].

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

Burgos, M.G., Winters, C., Stürzenbaum, S.R., Randerson, P.F., Kille, P., Morgan, A.J., (2005). Cu and Cd effects on the earthworm *Lumbricus rubellus* in the laboratory: multivariate statistical analysis of relationships between exposure, biomarkers, and ecologically relevant parameters. *Environmental Science & Technology*, 39, 1757–63.

Belhaouchet, N., Djebbar, M.R., Meksem, L., Grara, N., Zeriri, I., Berrebbah, H., (2012). Evaluation of the biomarkers of the oxidative stress induced by a biopesticide: The Spinosad on an alternate model: *Helix aspersa*. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(8), 4199-4206.

Burgos, M.G., Winters, C., Stürzenbaum, S.R., Randerson, P.F., Kille, P., Morgan, A.J., (2005). Cu and Cd effects on the earthworm *Lumbricus rubellus* in the laboratory: multivariate statistical analysis of relationships between exposure, biomarkers, and ecologically relevant parameters. *Environmental Science & Technology*, 39, 1757–63

Bradberry, S. M., Cage, S. A., Proudfoot, A. T. et Vale, J. A. (2005). Poisoning due to pyrethroids. *Toxicol Rev*, 24(2), 93-106.

C

CARION CARION F J. (2012). Un peu de bio, vers la terre., 5p

Curry j p, schmidt o. (2007). The feeding ecology of earthworms. *Pedobiologia*, , 50: 463-477 p.

Carakostas, M. C., Curry, L. L., Boileau, A. C., & Brusick, D. J. (2008). Overview: the history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. *Food and Chemical Toxicology*, 46(7), S1-S10.

Csuzdi, C. & Zicsi, A. (2003). Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedozoologica Hungarica*, 1, 1 - 272.

D

Darwin C., (1890). The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, Appleton & Company, 348 p.41

Darwin C., (1890). The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, Appleton & Company, 348 p.

DANIEL C, MERRILL M D. (2013). The Earthworm farmer'S Bible: The complete guide to successful composting with red wiggler earthworms. Xlibris Corporation, 140 p.

Djekoun, M., (2012). Évaluation de l'effet du stress oxydatif généré par le Cadmium à l'échelle cellulaire : Cas de *Saccharomyces cerevisiae*. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba. 192p.

Dominguez, J. and C.A. Edwards, (1997). Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biol. Biochem.*, 29: 743-746.

E

Elia A.C., Galarini R., Taticchi M.I., Dörr A.J.M. & Mantilacci L. (2003). Antioxidant responses and bioaccumulation in *Ictalurus melasunder* mercury exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55: 162-167.

Edwards, C.A. and P.J. Bohlen. (1996). *Biology and Ecology* Chapman and Hall, London, ISBN: 0412561603, pp: 426.

Edwards C A, Lofty J R (2013). *Biology of Earthworms.* Springer. 283 p.

Edwards W N (2012). *Biology of Earthworms.* Science & Business Media, .334 p.

Edwards C, Bohlen P. (1996) - *Biology and Ecology of Earthworms* 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 p.

Elodie GUIGON- MOREAU (2006) - Transfert des pesticides vers les eaux superficielles et l'atmosphère : caractérisation et modélisation sur le bassin versant de la Vesle. Thèse de Doctorat Université de Pierre et Marie Curie. Spécialité : Géosciences et Ressources naturelles

F

Fernández, R ; Bergmann, P; Almodóvar, A; Heethoff, M; Diaz Cosin, DJ., 2011. Ultra structural and molecular insights into three populations of *Aporrectodea trapezoides* (Dugés, 1828) (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) with different reproductive modes. *Pedobiologia*, 54, 281-290.

Feng, L., Zhang, L., Zhang, Y., Zhang, P., & Jiang, H. (2015). Inhibition and recovery of biomarkers of earthworm *Eisenia fetida* after exposure to thiacloprid. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9475–9482. doi:10.1007/s11356-015-4122-6

Fetoui, H., Garoui el, M., Makni-Ayadi, F. et Zeghal, N. (2008). Oxidative stress induced by lambda-cyhalothrin (LTC) in rat erythrocytes and brain: Attenuation by vitamin C. *Environ Toxicol Pharmacol*, 26(2), 225-231. doi: 10.1016/j.etap.2008.04.002

Fetoui, H., Garoui el, M. et Zeghal, N. (2009). Lambda-cyhalothrin-induced biochemical and histopathological changes in the liver of rats: ameliorative effect of ascorbic acid. *Exp Toxicol Pathol*, 61(3), 189-196. doi: 10.1016/j.etp.2008.08.002

Foley Y. & Sheehan D. (1998). Glutathione S-transferases of the yeast *Yarrowia Lipolytica* have unusually large molecular mass. *Biochem J.*, 1: 839-45.

Fitzpatrick P.J., O'Halloran J., Sheehan D. & Walsh A.R. (1997). Assessment of a glutathione S-transferase and related proteins in the gill and digestive gland of *Mytilus edulis*(L.) as potential organic pollution biomarkers. *Biomarkers*, 2: 51–56.

Fitzpatrick P.J. & Sheehan. (1993). Separation of multiple forms of glutathione S-transferase from the blue mussel *Mytilus edus*. *Xenob.*, 23: 851-861.

Fitzpatrick P.J., Krag T.O.B, Hojrup P. & Sheehan D. (1995). Characterization of glutathione S- transferase and related glutathione-binding protein from gill of the blue mussel *Mytilus edulis*. *Biochem. J.*, 305:145-150.

Fetoui H., Makni M., Garoui E., Zeghal N. (2010).Toxic effects of lambda-cyhalothrin, a syntheticpyrethroid pesticide, on the rat kidney: Involvement of oxidative stress and protective role of ascorbic acid. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 62 . 593–599.

G

Ghanem N ,(2018). Utilisation des boues résiduelles en agriculture : effet sur la qualité du sol ,37p.

Girard J.M., Walter C., Remy J.C., Berthelin J. & Morel J.L., (2005). Sols et environnement, Edition Campus DUNOD, Paris, 816p.

Gobat J. M., Aragno, M. & Matthey W., (2003). The living soil: basic pedology – soil biology. Chapman and Hall, 569 pp

Gao YH, Sun ZJ, Liu YQ, Sun XS, Li YR, Bao YZ, Wang GC. (2007). Effect of albendazole anthelmintics on the enzyme activities of different tissue regions in *Eisenia fetida*. *European Journal of soil biology*, 43, 246-251.

Gupta, S.K., Sundararaman, V., (1991). Correlation between burrowing capability and AChE activity in the earthworm, *Pheretima posthuma*, on exposure to carbaryl. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 46, 859-65.

Gambi, N., Pasteris, A., & Fabbri, E. (2007). Acetylcholinesterase activity in the earthworm *Eisenia andrei* at different conditions of carbaryl exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C : Toxicology & Pharmacology*, 145(4), 678-685.

Gao, Y., Sun, Z., Sun, X., Sun, Y., & Shi, W. (2007). Toxic effects of albendazole on adenosine triphosphatase activity and ultrastructure in *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 67(3), 378-384.

Gao, M., Song, W., Zhang, J., & Guo, J. (2013). Effect on enzymes and histopathology in earthworm (*Eisenia foetida*) induced by triazole fungicides. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 35(3), 427-433.

George G.S. & Young P. (1988). Purification and properties of plaice liver cytosolic glutathione S- transferase. *Mar. Environ. Res.*, 24: 93-96.

H

Heimbach, F. (1984). Correlations between three methods for determining the toxicity of chemicals to earthworms *Pesticide science*, 15(6), 605-611.

Habig WH, Pabst MJ, Jakoby WB. (1974). Glutathione-S-transferase: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry* 249, 7130-7139.

Hossain, M. M., Suzuki, T., Sato, I., Takewaki, T., Suzuki, K. et Kobayashi, H. (2005). Neuromechanical effects of pyrethroids, allethrin, cyhalothrin and deltamethrin on the cholinergic processes in rat brain. *Life sciences*, 77(7), 795-807.

Hans, R.K., Khan, M.A., Farooq, M., Beg, M.U. (1993). Glutathione S-transferase activity in an earthworm (*Pheretima posthuma*) exposed to three insecticides. *Soil Biology & Biochemistry* 25, 509-511

Haimi, J. (2004). Biomarker responses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zinc exposure: differences between populations with and without earlier metal exposure. *Environmental Pollution*, 129(3), 377-386.

Habig WH, Pabst MJ, Jakoby WB. (1974). Glutathione-S-transferase: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry* 249, 7130-7139.

Hans, R.K., Khan, M.A., Farooq, M., Beg, M.U. (1993). Glutathione S-transferase activity in an earthworm (*Pheretima posthuma*) exposed to three insecticides. *Soil Biology & Biochemistry* 25, 509-511.

J

jamshidi p, pishkahi z. (2014).The Study of Regeneration in Posterior Part of *Aporrectodea Caliginosa*. *Medical and Bioengineering*, 3(1): 45-49.

K

Kammenga JE., Dallinger R., Donker MH., Kohler H R., Simonsen V., Triebkorn R., Weeks JM., (2000). Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol 164,93-147.

Khemiri R., (2017). La lambda-cyhalothrine comme pesticide privilégié en milieu agricole : Étude la toxicocinétique des biomarqueurs pour le suivi de l'exposition chez des volontaires. Mémoire pour l'obtention du grade de maîtrise (M. SC.) en santé environnementale et santé au travail option recherché. 87 p.

Keeran W. S. & Lee (1987). The purification and characterisation of glutathione S-transferase from the hepatopancreas of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 225: 233-243.

L

Laurent Lauzanne. (1980). Oligochètes. In Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanaise (coordonné par J. R. Durand et C. Lévêque). 255-272. ORSTOM. Paris.

Lavelle P, Pashanasi B, Charpentier F, Gilot C, Rossi J, Derouard L, Andre J, Ponge J, Bernier N (1998) - Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics, in: Edwards C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*, St. Lucie Press, Boca Raton, USA, 103–122.

Lavelle, P., Maury, M. and Serrano. V. (1981). Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz. Época de lluvias. In: Reyes-Castillo, P. (ed.) *Estudios Ecológicos en el Trópico Mexicano*. Institute of Ecology Publication 6, 65-100.

Lukkari, T., Taavitsainen, M., Soimasuo, M., Oikari, A., & Venkateswara Rao, J., Surya Pavan, Y., Madhavendra, S.S., (2003). Toxic effects of chlorpyrifos on survival, morphology and acetylcholinesterase activity of the earthworm *Eisenia foetida*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 54, 296–301.

Leida, M., Juanny, H., Edgar, Z.-V., & Analia, L. (2017). *Effects of contaminated natural soil by Glyphosate (SL) on biochemical responses of the earthworm Eisenia sp.* *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 9(10), 92–97.

Lavelle, P., Maury, M. and Serrano. V. (1981). Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz. Época de lluvias. In: Reyes-Castillo, P. (ed.) *Estudios Ecológicos en el Trópico Mexicano*. Institute of Ecology Publication 6, 65-100.

M

Magdelaine C (2013) - Les pesticides ou produits phytosanitaires. 5 En ligne]: <http://www.notre-planete.info/ecologie/alimentation/pesticides.php#>. Consulté le 02/09/2015.

MAKSYMIV I. (2015). Pesticides: benefits and hazards. *Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, 2(1): 70-76

Morin, E., (2004). Lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. In: Eco-quartier Peter-McGill P., éd. Guide pratique. Montréal, Canada: Ministère de l'Environnement du Québec.

MYOHRA M. (2012). What Role Do Annelid Neoblasts Play? A Comparison of the regeneration Patterns in a Neoblast-Bearing and a Neoblast-Lacking Enchytraeid Oligochaete. *PLoS One*, 7(5): e37319.

Mirna Velki, Branimir K. Hackenberger. (2013b). Different sensitivities of biomarker responses in two epigeic earthworm species after exposure to pyrethroid and organophosphate insecticides. *Arch Environ Contam Toxicol*. Oct;65(3):498-509.

Mahajan, S., Kanwar, S.S., Sharma, S.P., (2007). Long-term effect of mineral fertilizers and amendements on microbial dynamics in an alfisol of western Himalayas. *Indian Journal of Microbiology*, 47(1), 86-89.

Muthukaruppan, G., Ganasekaran, P., (2010). Effect of Butachlor herbicide on earthworm *Eisenia fetida* – its histological perspicuity. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-5

Mekahlia, M. N., Tine, S., Menasria, T., Amieur, H., & Salhi, H. (2016). In vitro biomarker responses of earthworm *Lumbricus terrestris* exposed to herbicide sekator and phosphate fertilizer. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(1), 15.

Masaya, M., Yoshinobu, H., Ai, Y., Maki, K., Yasuo, O.,(2002). Determination of cellular levels of nonprotein thiols in phytoplankton and their correlation with susceptibility to mercury. *Journal of Phycology*, 38, 983-990.

Michelangeli, F., Robson, M., East, J. et Lee, A. (1990). The conformation of pyrethroids bound to lipid bilayers. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, 1028(1), 49-57.

Moser, V. C., Liu, Z., Schlosser, C., Spanogle, T. L., Chandrasekaran, A. et McDaniel, K. L. (2016). Locomotor activity and tissue levels following acute administration of lambda- and gamma-cyhalothrin in rats. *Toxicol Appl Pharmacol*, 313, 97-103. doi: 10.1016/j.taap.2016.10.020

Mekahlia, M. N., Tine, S., Menasria, T., Amieur, H., & Salhi, H. (2016). In vitro biomarker responses of earthworm *Lumbricus terrestris* exposed to herbicide sekator and phosphate fertilizer. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(1), 1-8.

N

Nzengue, Y.,(2008). Comparaison des mécanismes de toxicité redox du Cadmium, du cuivre et du zinc : place des métallo thionines et de P53. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier–Grenoble 1, France.299 p.

Nasr HM, Badawy ME. (2015). Biomarker Response and Biomass Toxicity of Earthworms *Aporrectodea caliginosa* Exposed to IGRs Pesticides. *J Environ Anal Toxicol* 5:332.

O

Oruç E.Ö. & Üner N., (2000). Combined effects of 2, 4-D and azinphosmethyl on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in liver of *Oreochromis niloticus*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 127: 291–296.

P

Pfiffner L, (2013). Regenwürmer baumeister fruchtbarer böden. FiB .Schweiz. 6p.

puranik p, bhate a. (2008).Animal Forms and Functions: Invertebrata. Sarup & Sons, 299 p.

Pelosi C., (2008). Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre lumbricus terrestris au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les lombriciennes. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris, 141 p.

Pochron, S., Simon, L., Mirza, A., Littleton, A., Sahebzada, F., & Yudell, M. (2019). *Glyphosate but not Roundup® harms earthworms (Eisenia fetida).* *Chemosphere*, 125017.

Pelosi C., (2008). Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre lumbricus terrestres au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les lombriciens. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris, 141 p.

PURANIK P, BHATE A. (2008).Animal Forms and Functions: Invertebrata. Sarup & Sons, 299p.

Parveza S., Raisuddin S. (2005).Protein carbonyls: novel biomarkers of exposure to oxidative stress- inducing pesticides in freshwater fish *Channa punctata*(Bloch). Environmental Toxicology and Pharmacology. 20 .112–117.

Pascal S. & Scalla R. (1998). Purification and characterization of safener-induced glutathione S- transferase from wheat (*Triticum aestivum*). *Physiol. Plant.*, 106 : 17-27.

R

RAZAFINDRAKUTO S D. (2013).Etude des interactions plante- vers de terre (*Dichogaster Saliens* dans la culture de Riz et de l'éleusine). Mémoire Magister Univ privée à vocation professionnalisant, , 87p.

R.Muthusamy R.Suganya M.Gowri M.S.Shivakumar. (2013). Biochemical mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in red hairy caterpillar *Amsacta albistriga* (Lepidoptera: Arctiidae). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* Volume 12(1), Pages 47-52

Radwan, M. A., Essawy, A. E., Abdelmeguid, N. E., Hamed, S. S., & Ahmed, A. E. (2008). Biochemical and histochemical studies on the digestive gland of *Eobania vermiculata* snails treated with carbamate pesticides. *Pesticide biochemistry and Physiology*, 90(3), 154-167.

REBIAI et ZEGHDANI (2019). Impact de Lambda-cyhalothrine sur les Cellules Hépatiques In Vivo des Rats Wistar

S

Schiavon M, Jacqin F (1973) - Studies on the migration of two triazines as influenced by precipitation. Symposium on Herbicides and the soil. 80-90.

Sims R. W. & Gerard B. M., (1999). Earthworms. FSC Publications, London, 167 pp.
SCHRAER. Biology, the study of life: laboratory manual. Allyn & Bacon, Incorporated, 1987, 652 p.

Sims, R. W. & Gerard, B. M. (1985). Earthworms: Keys and Notes for the Identification and Study of the Species. In: Barnes, R. S. K. & Crothers, J. H. (Eds.), *Synopses of the British Fauna* (New Series) No. 31, London: E. J., 171 pp.

Starr C (2014). Biology: Concepts and Applications without Physiology. 592 p.

Stenersen J., Bjerke M. & Arend U. (1987). Glutathione transferases in aquatic and terrestrial animals from nine phyla. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 86 (1):73-82.

Schleifler, R., Coeurdassier, M., Morilhat, C., Bernard, N., Faivre, B., Flicoteaux, P., (2006). Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (*Turdus merula*) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas. *The Science of Total Environment*, 371, 197–205.

Sies H. (1993). Strategies of antioxidant defenses. *Eur J Bio-chem.*, 215: 213–219.

Stenersen J., Bjerke M. & Arend U. (1987). Glutathione transferases in aquatic and terrestrial animals from nine phyla. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 86 (1):73-82.

Stenersen J., Guthenberg C. & Mannervik B. (1979). Glutathione transferase in earthworms (*Lumbricidae*). *Biochem. J.*, 181: 47-50.

Salinas A.E. & Wong M.G. (1999). Glutathione S-transferases--a review. *Curr Med Chem.*, 6 (4): 279-309.

T

Tomlin, A.D. (1980). La biologie du ver de terre, 10 p.

Tiwari, R. K., Singh, S., & Pandey, R. S. (2019). Assessment of acute toxicity and biochemical responses to chlorpyrifos, cypermethrin and their combination exposed earthworm, *Eudrilus eugeniae*. *Toxicology reports*, 6, 288-297.

Toshiyuki Katagi and Keiko Ose. (2015). Toxicity, bioaccumulation and metabolism of pesticides in the earthworm. *J. Pestic. Sci.* 40(3), 69–81

V

Venkateswara Rao, J., Surya Pavan, Y., Madhavendra, S.S., (2003). Toxic effects of chlorpyrifos on survival, morphology and acetylcholinesterase activity of the earthworm *Eisenia foetida*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 54, 296–301.

Velki, M., & Hackenberger, B. K. (2013). Biomarker responses in earthworm *Eisenia andrei* exposed to pirimiphos-methyl and deltamethrin using different toxicity tests. *Chemosphere*, 90(3), 1216–1226. doi:10.1016/j.chemosphere .2012.09.051.

W

www.futura-sciences.com

X

Xiao N, Jing B, Ge F, Liu X, (2006). The fate of herbicide acetochlor and its toxicity to *Eisenia fetida* under laboratory conditions. *Chemosphere* 62, 1366-1373.

Z

ZERIRI, I. (2014). *Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).

Zeriri, I., Tadjine, A., Belhaouchet, N., Berrebbah, H., Djebar, M. R., & Baha, M. (2013). Contribution to the identification of Oligochaeta: Lumbricidae in the region of Annaba in eastern Algeria. *European Journal of Experimental Biology*, 3(6), 229-232.

Zhang, Y., Zhang, L., Feng, L., Mao, L., & Jiang, H. (2017). Oxidative stress of imidaclothiz on earthworm *Eisenia fetida*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 191, 1–6. doi:10.1016/j.cbpc.2016.09.001 .

Zoumenou B., Aina M.P., Agbohessi P., Imoroutoko I., Scippo M.L. (2015). Effets toxicologiques et méthodes d'analyse de la lambda-cyhalothrine et de l'acétamipride utilisés dans la protection phytosanitaire du cotonnier au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(4): 2184-2199.

