



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Echahid Cheikh Larbi Tebessi University, Tebessa Faculté Des Sciences

Exactes Et Sciences De La Nature Et De La Vie

Département des êtres vivants

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science Biologiques

Option: Ecophysiologie animale

Mémoire : Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème:

Toxicité d'un insecticide commercialisé à L'égard de deux espèces de vers de terre

Par :

Melle. NACIB Manel & Melle. SAIDI Achouak

Devant le jury :

Dr. DJELLAB .S	MCA	Université de Tébessa	Président
Dr. BOUAZDIA .K	MCA	Université de Tébessa	Promoteur
Dr. HANNACHI. M S	MCB	Université de Tébessa	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avants tout chose, je tiens à remercier dieu tout puissant, pour m'avoir donné la force, la patience la volonté de réaliser ce travail.

Toute ma gratitude pour avoir accepté de m'encadrer et pour la confiance qu'il nous a donnée je voudrais également remerciant

Mr BOUAZDIA KARIM pour L'inspiration et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer [merci beaucoup monsieur].

Un très grand merci à **Mme. DJALLEB SIHEM** pour nous avoir fait l'honneur de présidé le jury nous tenons également à remercions

Ms. HANNACHI MOUHAMED AI SAIAH d'avoir accepté d'examiner ce mémoire et de faire partie du jury de cette soutenance.

Nos remerciements s'adressent également à nos parents qui ont toujours été présents pour nous à tout moment et dans toutes les situations.

Enfin, à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon remerciement.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Amon très chère père LAZHER

Mon bon exemple dans la vie, tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, je tiens à honorer l'homme qui tu es qui 'étais la raison de ma diligence et de l'achèvement des études, merci pour chaque moment que vous avec moi et pour m'encourager, je t'aime beaucoup, que dieu te garde pour moi

Amon chère mère HOURIA

Maman chérie, aucun mot n'est assez fort pour te remercier de m'avoir donné la vie, merci pour ton soutien, et pour tes encouragements continus, tu as été la source de ma force je t'aime beaucoup, que dieu vous protégé et vous accorde la santé

Amon chère frère « Saif et Islam »

Tu es la lumière de ma vie, je vous aime beaucoup je vous souhaite la réussite et le bonheur, long vie et bonheur

Ames chère sœur « Sawssine et Issra »

Je vous aime beaucoup, merci d'être mes cotes en tous temps je vous souhaite beaucoup bon heur et la réussite, longue vie mes amour

Ames chère amies

Merci pour tous les moments passes ensemble, merci pour leur amoures et d'être avec moi dans tous les cas

Amon binôme « SAIDI ACHOUAK »

Merci pour votre soutien, votre amour et votre gentillesse heureux de faire cette travaille

Avec vous

MANEL



Dédicace

Je Dédie ce travail

Amon **grande mère**

Ma mère mon amour, sur soutien moral et source de joie et de bonheur, je vous remercie pour tout l'amour que vous me portez depuis mon enfance, et ses prières sont pour moi

Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé bonheur et longue vie

Amon **chère père**

Mon exemple éternel je vous remercie pour tout le soutien et l'amour

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude de la reconnaissance

Puisse dieu et préserver et te procurer santé

Amon **chère mère**

Sa présence ses encouragements et la source inépuisable de tendresse

A mon **seul frère**

Tu m'as soutenu à tout moment, j'espère te voir heureux

Ames **amis proches**

LINDA, GHADA, BASMA, DONIA, merci pour vos amours et d'être avec moi dans les moments difficiles et l'adversité

A la petite fille de notre maison, **ALAA RAHMAN**

Ames **Oncles Ames Tantes**

par vos mots apaisés vos conseils insti nable et vos encouragements

Amon fiancé

Tarek merci pour tes gentils mots et soutien

Amon binôme

NACIB MANEL merci pour tous les moments de bonheur que tus nous offerts de ce travail

ACHOUAK



ملخص

البيانات الجزائية حول الديدان الأرضية لا تزال غير كافية. في عملنا، قمنا أولاً بتحديد أنواع الديدان المختلفة التي تم جمعها في موقع الأخذ العينات CHERIA تبسة. وهكذا، تم تسجيل ثلاثة أنواع: *Aporrectodea caliginosa* و *Eisenia fetida* النوع *A. caliginosa* هو الأكثر وفرة. كما قدرنا الكتلة الحيوية والكثافة للديدان، والتي تبلغ قيمها على التوالي 143.31 ± 52.60 جم/متر مربع و 366.67 ± 100.62 فرد/متر مربع. لاحظنا أن الشباب يتواجدون بنسبة أعلى بكثير مقارنةً بالشباب الفروسي والبالغين، مما يشير إلى فترة تكاثر.

في هذه الدراسة، ركزنا على تأثير مبيد الحشرات فونيكس على الديدان الأرضية البالغة باستخدام مؤشرين حيوية: نشاط GST ومعدل البروتين. من أجل استخدام النتائج بشكل أفضل، اختبرنا تركيزين فرعيين من المبيد الحشري المختار على نوعين من الديدان الأرضية *A. caliginosa* و *A. rosea*. على عكس النوع *A. rosea*، زاد استخدام مبيد الحشرات فونيكس عند التركيز العالي كمية البروتين في *A. caliginosa* من ناحية أخرى، فإن نسبة البروتين في *A. caliginosa* المعالجة بتركيز CI25 أعلى من نسبة البروتين في *A. rosea*. يختلف نشاط GST في النوع *A. caliginosa* بين السلاسل المعالجة بالتركيزين المختلفين. هذا النشاط الإنزيمي يبقى ثابتاً في الديدان *A. rosea*. أخيراً، النوع *A. rosea* يعبر عن نشاط GST أعلى من *A. caliginosa* عند تركيز CI25.

الكلمات الرئيسية: فونيكس، *Aporrectodea caliginosa*، *Aporrectodea rosea*، GST، بروتينات، كتلة حيوية، كثافة.

Abstract

Algerian data on earthworms is still insufficient. In our study, we first identified the different species of earthworms collected at the sampling site CHERIA Tébessa. Thus, we were able to identify three species: *Aporrectodea caliginosa* and *Eisenia fetida*. The species *A. caliginosa* is the most abundant. We also estimated the biomass and density of the worms, with values of 143.31 ± 52.60 g/m² and 366.67 ± 100.62 individuals/m², respectively. It was observed that juveniles were present in significantly higher proportions compared to sub-adults and adults, indicating a reproductive period.

In this study, we focused on the effects of the insecticide Phoenix on adult earthworms using two biomarkers: GST activity and protein levels. For better analysis of the results, we tested two sub-lethal concentrations of the chosen insecticide on two earthworm species: *A. caliginosa* and *A. rosea*.

Unlike *A. rosea*, the application of the Phoenix insecticide at high concentration increases the protein quantity in *A. caliginosa*. On the other hand, the protein levels in *A. caliginosa* treated with CI25 concentration are higher than in *A. rosea*. GST activity in *A. caliginosa* differs between the series treated with the two concentrations. This enzymatic activity remains unchanged in *A. rosea*. Finally, the species *A. rosea* expresses a higher GST activity than *A. caliginosa* at the CI25 concentration.

Keywords: Phoenix, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, GST, proteins, biomass, density.

Résumé

Les données algériennes sur les vers de terre sont encore insuffisantes. Dans notre travail, on a d'abord identifié les différentes espèces de vers de terre collectés dans le site d'échantillonnage CHERIA Tébessa. Ainsi, on a pu recenser trois espèces : *Aporrectodea caliginosa* et *Eisenia fetida*. L'espèce *A. caliginosa* est la plus abondante. On a aussi estimé la biomasse et la densité des vers dont les valeurs sont $143.31 \pm 52.60 \text{ g/m}^2$ et $366.67 \pm 100.62 \text{ individus/m}^2$ respectivement. On a noté que les juvéniles sont présent à des proportions nettement supérieures par rapport aux sub-adultes et adultes indiquant une période de reproduction.

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les effets de l'insecticide Phoenix sur les adultes des vers de terre à l'aide de deux biomarqueurs : l'activité GST et le taux des protéines. Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons testé deux concentrations sub-létales de l'insecticide choisi sur deux espèces de vers de terre : *A.caliginosa* et *A.rosea*.

Contrairement à l'espèce *A.rosea*, l'insecticide Phoenix appliquée à la concentration élevée augmente la quantité de protéines chez *A.caliginosa*. D'autre part, le taux de protéines chez *A.caligionsa* traité à la concentration CI25 est plus élevé que chez *A.rosea*. L'activité GST chez l'espece *A.caliginosa* est differente entre les séries traitées aux deux concentrations. Cette activité enzymatique reste inchangée chez les vers *A.rosea*. Enfin, l'espèce *A.rosea* exprime une activité GST supérieure à *A.caliginosa* à la concentration CI25.

Mot clés : Phoenix, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, GST, protéines, biomasse, densité.

TABLE DES MATIERES

Table des matières

Introduction.....	1
1. Généralité sur les lombriciens :.....	4
1.1. Systématique :.....	4
1.2. Morphologies de lombriciens :.....	4
1.2.1. Critère morphologique :.....	5
1.2.1.1. Segmentation :.....	5
1.2.1.2. Soies :.....	5
1.2.1.3. Caractères sexuels externes.....	6
1.2.1.4. Taille :.....	6
1.2.1.5 Coloration :.....	6
1.2.2. Critères anatomiques internes :.....	7
1.2.2.1. Système digestif :.....	7
1.2.2.2. Système circulatoire :.....	7
1.2.2.3 Système respiratoire :.....	7
1.2.2.4. Système excréteur :.....	8
1.2.2.5. Système nerveux :.....	8
1.3. Classification écologique des lombriciens :.....	8
1.4. Période d'activité et longévité :.....	9
1.5. Nutrition :.....	10
1.6. Reproduction et cycle de vie.....	10
1.6.1. Cycle de vie :.....	10
1.6.2. Reproduction :.....	10
2. Généralités sur les pesticides.....	11
2.1. Définition des pesticides :.....	11
2.2. Classification des pesticides :.....	11

2.3. Lambda cyhalothrine :	12
2.3.1. Propriétés physicochimiques :	12
2.3.2. Mode d'action	13
3. Dispositif expérimental :	14
3.1. Présentation du site de collecte des vers de terre :	14
3.1.1. Situation géographique :	14
3.1.1.1. Cheria (35°18 '16. O" N7°46'32,2" E):	14
3.1.1.2. Boulhef edir (35°27'46 .9" N8°05'13.8" E) :	14
3.2. Prélèvement des Echantillons :	14
3.3. Choix de l'espèce :	15
3.3.1. <i>A. caliginosa</i> (Savigny, 1826)	15
3.3.2. <i>A. rosea</i>	16
3.4. Travaux au laboratoire	17
3.4.1. Rinçage et tri	17
3.6. Méthodes d'identification et de description des espèces :	17
3.7. Conditions expérimentales :	18
3.8. Traitement :	18
3.9. Méthodes de dosage :	19
3.9.1. Dosage des Protéines totales :	19
3.9.2. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase) :	19
Résultats :	22
1. Biodiversité	22
1.1. Biomasse et abondance totale :	22
1.2. Abondance relative au stade de développement :	22
1.3. Abondance relative des taxons :	22
2. Identification :	23
2.1. <i>A. Caliginosa</i>	24
2.2. <i>Eisenia fetida</i> :	24
3. biomarqueur	25

3.1. Effet de l'insecticide Phoenix sur la quantité totale de protéines :	25
3.2. <i>A. caliginosa</i> :.....	25
3.3. <i>A. rosea</i> :.....	26
1.3. Comparaison de la quantité de protéine totale entre les deux espèces :	27
3.2. Effet de l'insecticide Phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST).....	28
3.2.1. <i>A. caliginosa</i> :.....	28
3.2.2. <i>A. rosea</i> :.....	28
3.2.3. Comparaison de L'activité de GST entre les deux espèces :	29
4. Corrélation entre quantité de protéines et activité enzymatique de la GST :	30
Discussion	31
1. Identification	31
<i>A. caliginosa</i> (Savigny, 1826):.....	31
1.3.E. <i>fetida</i> :	32
2.1. La densité :	32
2.2. Biomasse :.....	33
2. Effet sur les biomarqueurs	33
Effet sur la GST	33
4. Effet sur la quantité totale de protéines :	35
Conclusion et perspective	39
Reference:	41

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Classification de la position systématique du ver de terre,	4
2	Classification écologique des lombriciens	8
3	Synthèse des caractéristiques physico-chimiques de la lambda-cyhalothrine	13
4	Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude	24

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	La face dorsale du ver de terre, la zone du corps.	5
2	Les organes externes liés à l'accouplement.	6
3	Cocons de vers de terre.	6
4	Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre.	9
5	Cycle de vie de en laboratoire dans un sol limoneux complété par la bouse de cheval broyée à 1 mm de la nourriture à 15c, entre 60 et 70 de la capacité de rétention en eau du sol	11
6	Les principales familles chimiques des pesticides	12
7	carte géographique de Tébessa, avec les différents sites de collection des vers de terre	14
8	Les étapes de l'extraction des vers de terre.	15
9	Aporrectodea caliginosa .	16
10	Aporrectodea rosea	16
11	Triage des vers de terre .	17
12	Les étapes du test, A /rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet t ; 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	18
13	L'abondance des vers relative au stade de développement dans le site d'étude	22
14	Proportions des espèces de vers de terre identifiées dans la région de Cheria	23
15	Morphologie générale d' <i>A. caliginosa</i>	24
16	Morphologie générale d' <i>Eisenia fetida</i>	25
17	Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine	25
18	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 48h	26
19	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 48h	27
20	la quantité de protéines totale après 48 heures chez les deux espèces étudiées	27
21	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST après 48h	28
22	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST après 48h d'exposition	29
23	l'activité enzymatique de la GST après 48 heures chez les deux espèces étudiées	29

LISTE DES ABREVIATIONS

A. caliginosa: Aporectodea caliginosa

A. rosea: Aporectodea rosea

E. fetida: Eisenia fetida

AMF : Arbuscular Mycorrhizal Fungi.

AMPA : Amino Méthyl Phosphonique.

CL10 : Concentration Létale 10.

CL25: Concentration Létale25.

GST : Glutathion-S-Transférase.

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

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique.

EPSPS : 5-EnolPyruvylShikimate-3-Phosphate Synthétase.

GST: Glutathion-S-Transférase.

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).

Plusieurs embranchements du règne animal ont d'importants rameaux adaptés à la vie dans les sols. Arbitrairement, on parle souvent, selon la taille des animaux, de microfaune, mésofaune, macrofaune et mégafaune (Bachelier, 1978). C'est donc une source de biodiversité importante qu'il convient de préserver car ces organismes ont des rôles essentiels pour le maintien de la qualité du sol (Daily et al., 1997 ; Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Wall, 2004). Ainsi, la faune du sol participe à la décomposition de la matière et à la biodisponibilité des nutriments pour les plantes et les microorganismes du sol. Elle joue également un rôle dans la création et la conservation de la structure du sol (Mayeux et Savanne, 1996).

La macrofaune du sol comprend des animaux d'environ 4 à 80 mm, à savoir les lombricidés ou vers de terre, les insectes supérieurs, les myriapodes, de nombreux ordres d'arachnides, les mollusques, quelques crustacés et quelques autres groupements de moindre importance (Bachelier, 1978). La macrofaune joue un rôle clé dans la régulation des propriétés physiques des sols et de la biodiversité des organismes plus petits (microflore, microfaune et mésofaune) (Lavelle et Spain, 2001).

En fait, Les vers de terre sont des organismes qui jouent des rôles biologiques et écologiques indispensables, ils contribuent à l'amélioration du sol, sa fertilité (Buch 1991). Les lombriciens ont été considérés comme les intestins de la terre, ils aèrent le sol, décomposent les déchets et enrichissent le sol en éléments nutritifs essentiels. Les matières organiques prélevées sur le sol et dans le sol sont fragmentées par les lombriciens, puis malaxées dans leur tube digestif avec la matière minérale et le sol. Les vers de terre sont considérés comme indicateurs d'un sol en bonne santé "ingénieurs de l'écosystème".

L'utilisation de pesticides provoque un certain nombre de problèmes environnementaux. Il est rapporté que plus de 98% des insecticides pulvérisés ainsi que près de 95% des herbicides

atteignent une autre destination que les espèces ou pathologies ciblées, donc affectent les espèces non ciblées tel que les vers de terre, des milieux et éléments naturels ; l'air, l'eau et le sol (Maksymiv, 2015)

Aujourd'hui, l'effet des pesticides sur les vers de terre est considéré comme un problème majeur car leur utilisation intensive affecte négativement l'écosystème (Gupta et *al.*, 2014). En fait, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères préfèrent les vers de terre comme nourriture. De ce fait, il existe un risque possible que ces pesticides atteignent des niveaux trophiques supérieurs (Marino et *al.*, 1992).

En Algérie, la lambda cyhalothrine est parmi les plus employés pour lutter contre un large éventail d'insectes nuisibles, par exemple pucerons, coléoptères du Colorado, thrips, larves de lépidoptères, larves et adultes de coléoptères, etc., dans les céréales, le houblon, les plantes ornementales, les pommes de terre, les légumes, le coton et d'autres cultures. Fournit un bon contrôle des virus végétaux transmis par les insectes, à 2-5 g/ha. Également utilisé pour le contrôle des insectes nuisibles en santé publique.

L'objectif initial de notre travail est d'identifier les différentes espèces de vers de terre trouvés dans le site de collecte et d'évaluer, au laboratoire, l'effet de l'insecticide phoenix, dont la matière active est Lambda cyhalothrine, sur les adultes de des vers *Aporrectodea caligionsa* et *Aporrectodea rosea*.

Notre manuscrit comporte quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré pour une partie théorique dans lequel est présentée une classification, des données bioécologiques des vers de terre et des rappels sur les pesticides. Le deuxième chapitre présente les protocoles expérimentaux dont nous détaillons les matériels et les méthodes utilisé durant la réalisation de ce travail. Le troisième chapitre expose tous les résultats obtenus soit durant le travail de terrain soit durant les essais de toxicité au laboratoire. Le quatrième chapitre est consacré pour analyser et discuter les résultats obtenus, leurs donner des interprétations et les comparer aux études précédentes. Et on terminera avec une conclusion générale et des perspectives de recherche.

Materials et méthodes

1. Généralité sur les lombriciens :

1.1. Systématique :

Les vers de terre sont des invertébrés, appartiennent à l'embranchement des annélides, et de la classe clitellata à la sous class des oligochètes, à l'ordre des haplotaxida et sous ordre lombriciens (tableau1) cette classe compte environ 14 famille dont celle des lombricidés.

Tableau 1 .Classification des vers de terre (Savigny, 1826)

Règne	Animal
Embranchement	Annélide
Classe	Clitellata
Sous classe	Oligochète
Ordre	Haplotaxida
Sous ordre	Lombriciens
Famille	Eudrilidae, acantodrilidae, lombicidae, etc

1.2. Morphologies de lombriciens :

Les vers de terre sont des annélides fousseurs avec des corps extensibles composés de plusieurs parties. Selon les espèces, la longueur du corps varie de quelques millimètres à 3 mètres. Chaque segment peut être équipé de quatre paires de soies courtes sur la face ventrale ou (chez certaines espèces tropicales) d'une seule rangée de soies autour de lui. Ces poils sont impliqués dans la locomotion. Les deux premiers segments (bouche antérieure et lèvre) sont dépourvus de soies. C'est la même chose que le dernier segment ou pygidium. Ces derniers n'ont pas de poils et ont des fonctions particulières : le premier est la pointe sensorielle, le second est la bouche, et le dernier est l'anus (Razafindrakoto, 2012).

La couleur du corps varie généralement du rose au brun, parfois irisé avec des reflets violets. Certaines espèces sont très vives, orange ou turquoise Chez l'adulte, le coussinet cutané qui émerge lorsque les organes génitaux mûrissent, le clitoris, est un trait distinctif de l'anatomie externe. Leurs corps sont doux et toujours humides en raison d'un léger mucus. Ils se déplacent en contractant et en allongeant alternativement leurs segments. A noter que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez insidieuse, mais qui devient relativement forte et désagréable chez (Baha, 2008 Le corps d'un ver de terre se compose de trois régions C

1.2.1. Critère morphologique :



Figure 1 : La face dorsale du ver de terre, la zone du corps (photo personnelle2023)

1.2.1.1. Segmentation :

Le corps d'un ver de terre est cylindrique et consiste en une succession de segments similaires allongés entre un lobe céphalique (avant) et un lobe terminal appelé caudal (Lavelle et Espagne, 2001).

Ces segments sont munis de pores dorsaux à travers lesquels les vers de terre peuvent éjecter du liquide coelomiale en réponse à des perturbations mécaniques ou chimiques.

1.2.1.2. Soies :

Selon Bachelier (1978), les vers de terre possèdent des soies dures, peu nombreuses et de forme invariante, implantées directement dans l'épiderme, où elles interfèrent avec le déplacement.

Il existe deux types d'arrangements de soies de type ver de terre (8 soies par poil segments sont généralement divisées en 4 paires) et périchétien (chacun avec plus de 8 soies en partie répartis autour du corps). L'écart entre les poils est variable mais constante au sein d'un

même segment et d'une même population, cette conduisant à l'utilisation fréquente de ce caractère dans la taxonomie.

1.2.1.3. Caractères sexuels externes

Ils sont observés chez les individus adultes, sont particulièrement importants dans l'identification des espèces. Le clitellum (Fig.2) sous forme d'un fer à cheval à annulaire chez quelques familles, il sécrète un cocon (Fig.3) qui reçoit les œufs et les spermatozoïdes en période de reproduction, les orifices mâles qui constituent un caractère sexuels secondaire bien visible comparé aux pores femelles dont l'emplacement ne peut être facilement déterminé. Les orifices de réceptacles séminaux, disposés par paire, dont le nombre varient selon les espèces (Bouché, 1972).

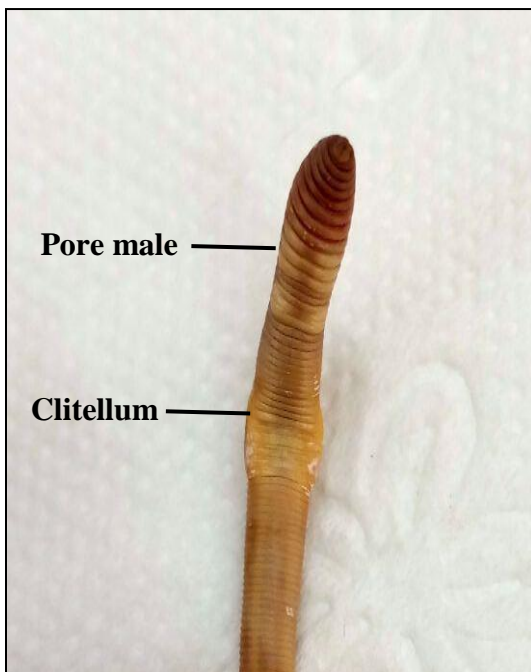


Figure2 : Les organes externes liés à l'accouplement (photo personnelle 2023)



Figure3 : Cocons (photo person)

1.2.1.4. Taille :

Les vers de terre peuvent varier en taille du simple au double au sein d'une même espèce, selon Conditions de vie individuelles (Bachelier, 1978), y compris l'humidité du sol. Parmi Dragons de terre, dont la taille varie de 90 à 300 mm (Bachelier, 1978).

1.2.1.5 Coloration :

Les vers de terre existent dans une large gamme de couleurs. Selon Vigot et Cluzeau (2014) et Pérès et *al.* (2011), épigée de couleur foncée. La couleur endogène est très claire avec

une pigmentation grise, rose ou verte. Les anéciques varient en couleur du rouge au brun, avec un dégradé de couleur commun du début à la fin. Selon Bachelier (1978), les vers de surface sont de couleur plus foncée que ceux qui vivent dans les profondeurs. Les vers des zones relativement sèches sont généralement de couleur plus foncée que ceux des zones humides.

1.2.2. Critères anatomiques internes :

La structure interne du ver de terre est décrite comme une installation de trois cylindres. L'intérieur contient un long intestin qui traverse le corps ; la section médiane se compose de deux ensembles de muscles : l'un longitudinal et l'autre circulaire. Enfin, l'épiderme forme l'enveloppe externe, appelée cuticule.

On distingue six systèmes distincts chez les vers de terre : le système nerveux, le système respiratoire, le système circulatoire, le système digestif, le système excréteur et le système reproducteur (Schraer ,1987).

1.2.2.1. Système digestif :

Le système digestif d'un ver de terre est composé d'un pharynx, d'un œsophage, d'un gésier et d'intestin. Le tube digestif part de la bouche et se termine à l'anus. Cette fonction digestive importante est réalisée par le gésier. Ils dépendent des muscles de leur pharynx pour aspirer leur nourriture qui passe à travers l'œsophage au gésier. Une fois que la nourriture est décomposée dans le gésier, elle passe dans les intestins, où davantage d'enzymes sont ajoutées (chitinase, protease). Ces enzymes améliorent la décomposition des aliments et favorisent la croissance des micro-organismes bénéfiques. Les Bactéries et 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).

1.2.2.2. Système circulatoire :

Système circulatoire fermé composé de deux vaisseaux sanguins : les vaisseaux et capillaires ventraux et dorsaux qui irriguent divers organes, et le cœur latéral qui agit comme une pompe (Edwards et Lofty, 1977).

1.2.2.3 Système respiratoire :

Les vers de terre n'ont pas d'organes respiratoires spécialisés. L'oxygène doit d'abord se dissoudre dans la couche d'eau sur toute la surface du corps, puis diffuser à travers la couche cornée et les tissus épidermiques dans le sang contenant de l'hémoglobine (Edwards et Lofty, 2013).

1.2.2.4. Système excréteur :

Le principal organe excréteur des vers de terre est le rein, qui extrait les déchets du liquide de la cavité corporelle sous forme de déchets. Chaque segment a une paire de néphropathie sauf les trois premiers et le dernier segment. Chaque néphridie se termine par une ouverture vers l'extérieur, appelée néphridiopore. Ils sont situés latéralement, s'étendant généralement en une seule série le long de chaque côté du corps (Edwards et Bohlen, 1996).

1.2.2.5. 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).

1.3. Classification écologique des lombriciens :

Selon Bouché (1977), Lee (1985) et Edwards et Bohlen (1996), les vers de terre peuvent être divisés en trois groupes écologiques :

Tableau 2: Classification écologique des lombriciens

Épigés (inhibiteurs de litière)	Ces espèces vivent au-dessus de la surface du sol minéral, généralement dans les couches de litière des sols forestiers (en partie sur l'écorce des arbres), et ne s'enfouissent pas. Ce sont de petits animaux rougeâtres qui se déplacent rapidement avec des cycles de vie courts et sont soumis à une forte pression de prédation. Ils survivent généralement à la sécheresse au stade du cocon.
Anéciques (fouisseurs verticaux)	Ces espèces vivent dans des terriers verticaux permanents dans des couches de sol minéral (jusqu'à 3 m de profondeur). Ces vers sont gros et de couleur foncée sur la face dorsale (au moins la partie antérieure du corps) et sont capables de se retirer rapidement mais se déplacent généralement lentement. Espèce à vie relativement longue avec des cycles de vie longs, les anéciques sont soumis à une forte

	pression de prédation lorsqu'ils sont en surface mais sont protégés dans les terriers. Ils survivent généralement à la sécheresse dans une phase de repos.
Endogènes (habitants des minéraux)	Ces espèces habitent un sol minéral et creusent des terriers horizontaux non permanents, principalement dans les 10 à 15 cm supérieurs du sol. Les endogés sont des animaux blanchâtres, lents, de taille variable et d'une longévité et d'une durée de cycle de vie intermédiaires, et sont soumis à une pression de prédation relativement faible par les animaux vivant en surface. Ils entrent en diapause en réponse à la sécheresse.

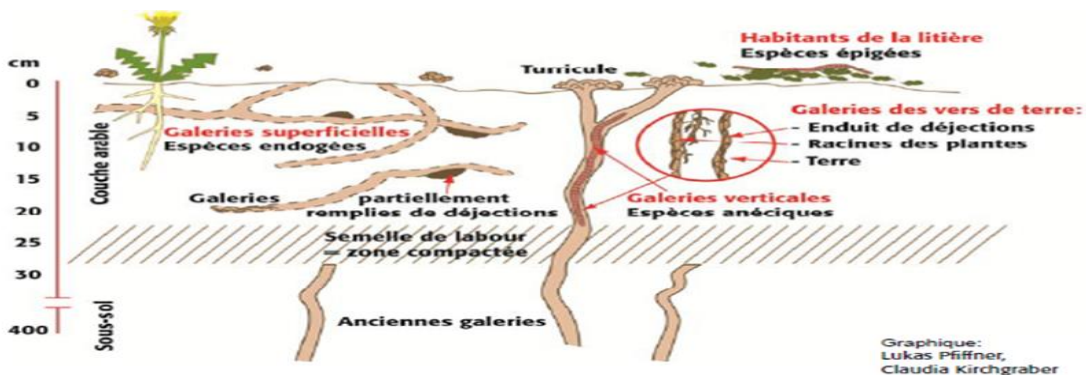


Figure 4 : Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre. (Pfiffner, 2013).

1.4. Période d'activité et longévité :

Dans les régions tempérées, la plupart des vers de terre rentrent en diapause l'été. Activité, nutrition et aptitude à se reproduire reprend à l'automne avec la réhumidification du sol. En hiver, les vers ralentissent leur activité, ils s'enfoncent si le froid devient trop intense. Dans le sud de la Suède, la majorité de la population de *Lumbricus terrestris* s'enfouissait profondément dans le sol et devenait inactive lorsque la température du sol est descendue en dessous de 0°C en hiver. Leur vie redevient normale au printemps avec l'adoucissement du climat. (Shuster et Edwards, 2002 ; Potvin et Lilleskov, 2016). Les vers de terre ont une durée de vie dépendante de

l'espèce, de leur biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent. Les stratégies d'allocation de l'énergie varient entre les types « r et k ». La stratégie de type « r » concerne les espèces à durée de vie courte (plusieurs mois) donc plus spécifiquement les épigés, qui allouent tout d'abord leur énergie à la reproduction et à la croissance. A l'inverse, la stratégie « k », principalement les endogés et les anéciques, privilégient la survie à la reproduction et à la croissance car ils ont une durée de vie plus longue (jusqu'à 10 ans) (Bazri, 2015).

1.5. Nutrition :

Vers de terre se compose principalement de matière organique à divers stades de décomposition (Lee, 1985). Certaines espèces consomment également la fraction minérale du sol et semblent préférer un mélange de nutriments organiques et minéraux à la matière organique pure (Doube et al, 1997).

1.6. Reproduction et cycle de vie

1.6.1. Cycle de vie :

Les vers de terre sont hermaphrodites comprend généralement quatre phases ; cocon ; juvénile, sub- adulte et juvénile le ver de terre a un cycle de vie qui varie de 4 et 6 moi peut produit entre 0,6 et 2,6 cocons semaine à 15° C (lone et Butt 2005) la durée d'incubation est entre 8 à 12 semaine (Bart et al 2018).

1.6.2. Reproduction :

Les vers de terre sont hermaphrodites, ils possèdent des organes et produisent des gamètes mâles et femelles. Les méthodes de reproduction varient selon les espèces. Certains sont nécessairement biparentaux, comme les vers de terre, et nécessitent donc un accouplement entre deux individus, tandis que d'autres se reproduisent sans accouplement par autofécondation ou parthénogenèse (Sims et Gérard, 1999).

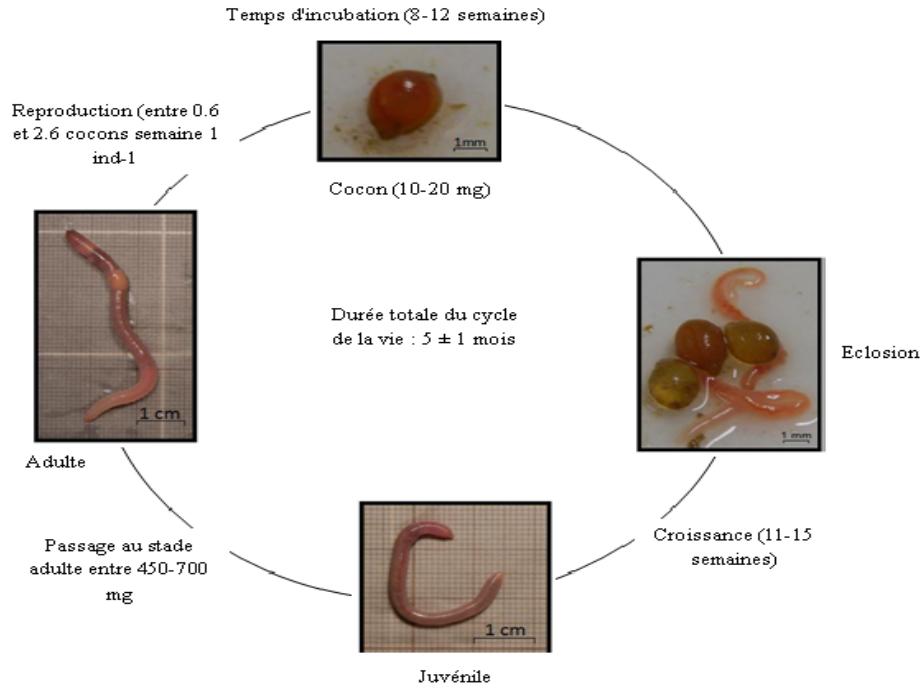


Figure 5 : Cycle de vie de en laboratoire dans un sol limoneux complété par la bouse de cheval broyée à 1 mm de la nourriture à 15c, entre 60 et 70 de la capacité de rétention en eau du sol (Bart et *al.*, 2018).

2. Généralités sur les pesticides

2.1. Définition des pesticides :

Le terme "pesticide" est une appellation générique couvrant toutes substances ou produits utilisés dans l'agriculture et dans d'autres secteurs pour combattre les prédateurs des cultures, des produits agricoles ou encore pour protéger les espaces publics contre les insectes, les végétaux, les animaux ou les microorganismes nuisibles (Stachowski-Haberkorn, 2008 ; ACTA, 2005). La diffusion de ces composés chimiques dans l'environnement par contamination de l'air, le sol, l'eau et les produits alimentaires provoque l'exposition continue des organismes vivants d'une manière tant aigue que chronique à des risques de toxicité susceptible d'engendrer des diverses pathologies (Toumi, 2013 ; Pandey & Mohanty, 2015).

2.2. Classification des pesticides :

Les pesticides peuvent être classés selon leur cible, leur structure ou leur mode d'emploi (Kearney and Kaufman, 1988). Face à la grande profusion des pesticides et selon les spécialités commerciales, les producteurs et les utilisateurs des pesticides les classent selon leur cible.

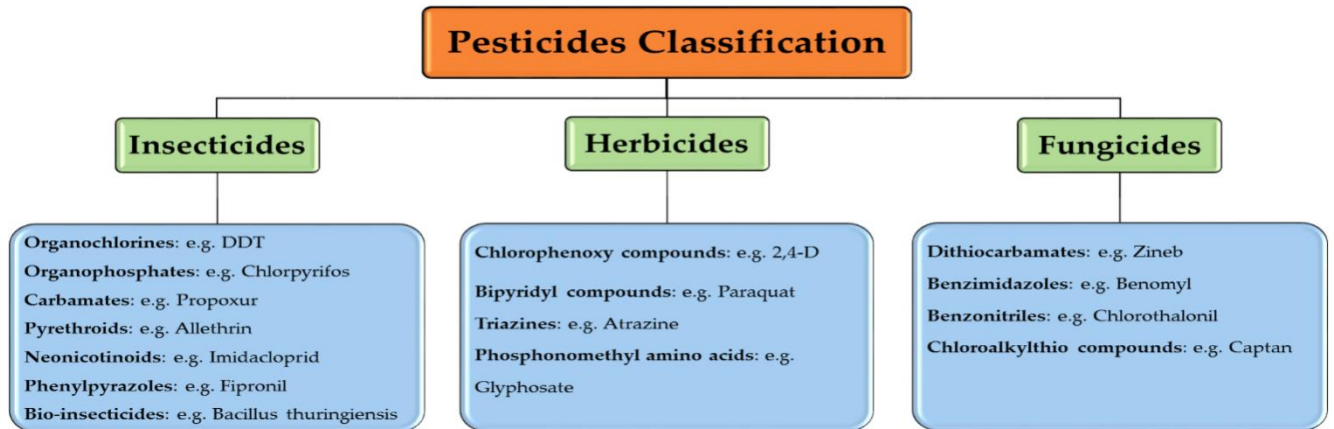


Figure 6 : Les principales familles chimiques des pesticides (El bakouri, 2006)

2.3. Lambda cyhalothrine :

La lambda-cyhalothrine est un insecticide pyréthrianoïde 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

Enantiomères 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 lambdaclyhalothrine, 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 stéréoisomères présents. Ils partagent ainsi les mêmes propriétés physicochimiques et biologiques (Moser et *al.*, 2016).

2.3.1. Propriétés physicochimiques :

La lambda-cyhalothrine ou le (R1S), 3a(Z)] -(±)-cyano (phenoxyphenyl) methyl 3-(2-chloro3, 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 (1111qw2wKow) montre qu'elle a un potentiel de bioconcentration élevé. Elle est peu soluble dans l'eau. Ses paramètres physicochimiques 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

2.3.2. 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).

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. Cheria (35°18 '16. O"N7°46' 32,2"E):

Le 1^{er} site est situé dans la région de cheria à 52 Km de la wilaya de Tébessa Le terrain d'échantillonnage est une terre semi-agricole.

3.1.1.2. Boulhef edir (35°27'46 .9"N8°05'13.8"E) :

Le 2^{ème} site est situé dans la région de boulhef edir 11Km de la wilaya de Tébessa. Le terrain d'échantillonnage est un petit jardin.



Figure7 : carte géographique de Tébessa, avec les différents sites de collection des vers de terre.

3.2. Prélèvement des Echantillons :

Pendant la saison d'activité, nous avons collecté des vers de terre en janvier 2023 à plusieurs reprises sur deux terrains, particulièrement durant les jours pluvieux pour choisir l'espèce la plus abondante, pour extraire les vers de terre.

-pour prélever un échantillon des vers nous avons fait la méthode physique consisté à

- Enlevez les mauvaises herbes au sol sur les sites d'échantillonnage.
- Relevez le sol jusqu'à ce qu'une cavité de 30 cm de profondeur existe.

- Recueillir des individus émergeant du sol et sélectionner des adultes.
- Triez soigneusement le sol et ramassez les vers de terre dans le sol.



Figure 8 : Les étapes de l'extraction des vers de terre (photo personnelle 2023).

3.3. Choix de l'espèce :

Notre choix s'est porté sur deux espèces *Aporrectodea caliginosa* (Fig. 9), et *Aporrectodea rosea* (Fig. 10) :

3.3.1. A. caliginosa (Savigny, 1826)

Cette espèce est présente dans les différents sites étudiés (Fig.9). Elle est caractérisée par la couleur marronne avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. Le clitellum d'*A. Caliginosa* est compris entre le 27 et 34 segments et les tubercules pubères entre le 31 et les 33 segments.

Systématique d'*A. Caliginosa* :

Règne : Animalia

Embranchement : Annelida

Classe : Clitellata

Ordre : Crassiclitellata

Famille : Lumbricidae

Genre : *Aporrectodea*

Espèce : *Aporrectodea Caliginosa*



Figure 9. *Aporrectodea caliginosa* (photo personnelle 2023)

3.3.2. *A. rosea*

Cette espèce a une couleur rougeâtre, un clitellum compris entre le 25 et 33 segments et des tubercules pubères entre le 29 et le 31 segment (Fig.10).

Systematique d *A. rosea*

Règne : Animalia

Embranchement : Annelida

Classe : Clitellata

Ordre : Crassicitellata

Famille : Lumbricidae

Genre : *Aporrectodea*

Espèce : *Aporrectodea rosea*



Figure 10 : *Aporrectodea rosea* (photo personnelle 2023)

3.4. Travaux au laboratoire

3.4.1. Rinçage et tri

Certains vers sont si petits qu'ils nécessitent des compétences d'observation particulières. Pour chaque boîte :

- Comptage du nombre de vers présents : des adultes endommagés représentant des parties antérieures intactes (y compris le clitoris) ont été pris en compte pour l'identification et l'abondance. Cependant, les vers avec seulement des dommages postérieurs n'ont pas été comptés.
- La masse totale (y compris tous les vers endommagés) est ensuite déterminée.
- Les vers collectés ont ensuite été triés et comptés selon leur stade de maturité :
 - **Juveniles** : Pédicules acycliques ou nodules pubescents.
 - **Sub-adulte** : nodules pubescents uniquement.
 - Adulte** : Pédicule annelé et nodules pubescents des vers de terre.



Figure 11 : Triage des vers de terre (photo personnelle 2023).

3.6. Méthodes d'identification et de description des espèces :

L'identification a été réalisée au Laboratoire de Physiologie Animale, Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie et des Sciences Exactes (Université TEBESSA).

Etude morphologique des animaux d'abord, étudier les animaux à l'état vivant (avant immobilisation).

Notez la longueur du corps, la couleur du corps, la gradation des couleurs et le poids. Mettez ensuite les vers de terre dans de l'alcool à 70% pour les conserver, puis observez-les à la loupe binoculaire, et identifiez-les selon leurs caractéristiques externes.

3.7. Conditions expérimentales :

Selon Heimbach (1984), l'élevage a été fait un mois avant l'expérience pour une meilleure adaptation au terrarium contenant la terre collectée. Tous les vers de terre analysés ont été prélevés à l'eau et séchés avec du papier absorbant. Ils ont ensuite été placés sur du papier filtre et laissés dans une boîte de Pétri pendant 24 heures (Figure 12).

Le but est de vider l'estomac de la terre ingérée. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des adultes avec un clitellum bien développé.



Figure 12. 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 2023)

3.8. 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 une série de 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 deux peut exercer une influence défavorable sur les autres vers du même récipient. Dans chaque essai, on utilise une série de doses et dix fioles témoins. 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 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.

3.9. Méthodes de dosage :

3.9.1. 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.

3.9.2. 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 :

$$X = \frac{\Delta Do/m}{9.6} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

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.

Résultats et discussion

Résultats :

La biomasse et l'abondance des vers de terre sont étudiées pendant la période de collecte (Février)

Parmi 165 individus collectés, 55 (33%) sont des adultes reliés à 5 blocs pendant la période d'étude (figure 01). Deux espèces sont identifiées parmi les individus conservés, appartenant à la famille Lumbricidae, comprenant *Aporrectodea caliginosa* (44), et *Eisenia fetida* (01).

1. Biodiversité

1.1. Biomasse et abondance totale :

La biomasse et l'abondance totale des vers de terre collectés dans le site Cheria ont été estimées à partir de cinq quadras de dimensions 30*30*30 cm. Ainsi, la biomasse est égale à 143.31 ± 52.60 g/m² alors que l'abondance égale à 366.67 ± 100.62 individus/m².

1.2. Abondance relative au stade de développement :

On note la présence en grande proportion de vers juvéniles par rapport à la proportion des Sub-adulte et adultes.

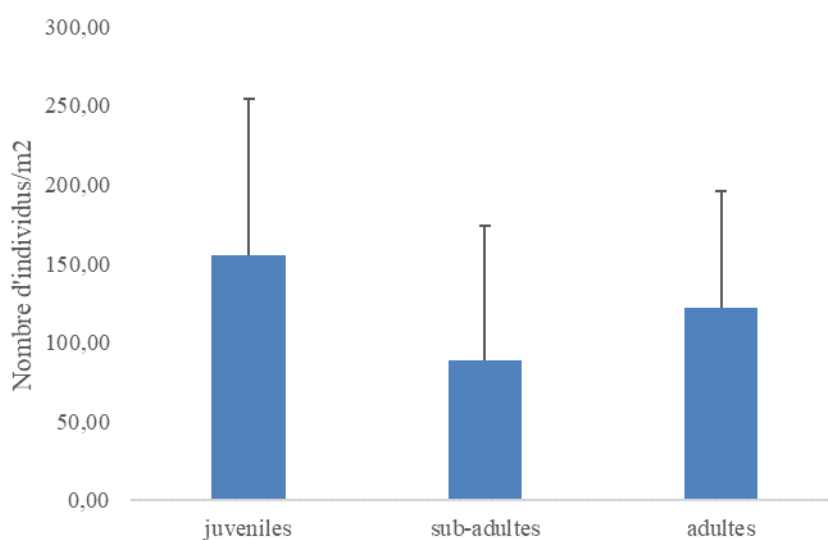


Figure 13 : L'abondance des vers relative au stade de développement dans le site d'étude (m±s; n=5)

1.3. Abondance relative des taxons :

Les peuplements lombriciens sur le site d'étude sont très largement dominés par l'espèce *A. caliginosa* (94,53 %) avec la présence d'un seul individu *E. fetida*.

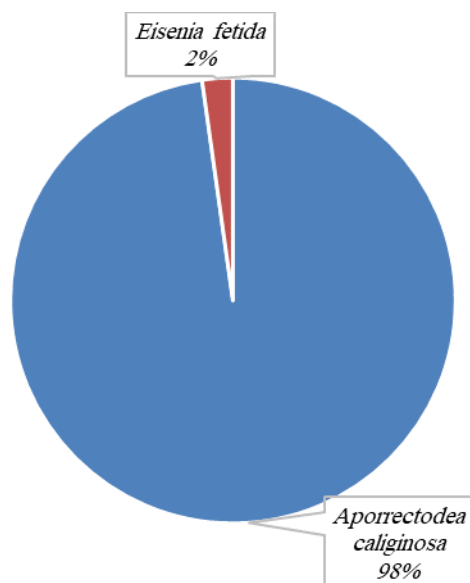


Figure 14 : Proportions des espèces de vers de terre identifiées dans la région de Cheria

2. Identification :

Dans la région de Cheria, on a récolté 2 espèces. Chaque espèce a ses propres caractéristiques. Ainsi, l'espèce *A.caliginosa* a petite taille avec une couleur marron foncé, plus disponible à la région.

Les caractéristiques morphologiques des espèces de vers de terre récoltées sont représentées dans le tableau 02.

Tableau 04 : Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.

Caractéristique \ Espèce	<i>A. caliginosa</i>	<i>E. fetida</i>
Le poids (g)	0.195 ; 0.978	0.306
Longueur (cm)	11	8
Diamètre (mm)	3-4	3
Nombre de segments	61-187	152

Couleur	Marron avec un gradient (D/V)	Marron avec des parties inter-segmentales jaunes
Prostomium	Epilobique	Epilobique
Clitellum	Entre le 27 ^{me} et 34 ^{me} segment	Entre le 26 ^{me} et 32 ^{me} segment
Tubercula pubertatis	Entre le 31 ^{me} et le 33 ^{me} segment	Entre le 28 ^{me} et le 30 ^{me} segment
Setae	P.L et V : Géminées	PL et PV sont Géminés

2.1. *A. Caliginosa*

Cette espèce est caractérisée par la couleur marronne avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. Le clitellum d'*A. caliginosa* est compris entre le 27^{ème} et 34^{ème} segment et les tubercules pubères entre le 31^{ème} et le 33^{ème} segment (fig. 15).

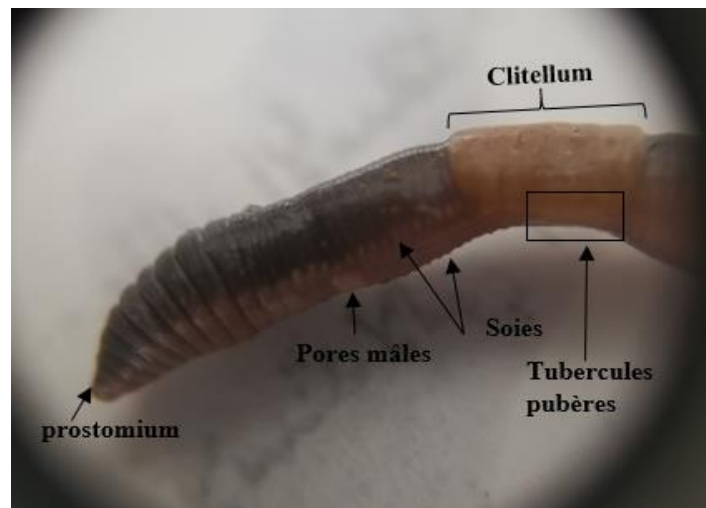


Figure 15 : Morphologie générale d'*A. caliginosa* (photo personnelle 2023).

2.2. *Eisenia fetida* :

Elle a une couleur exceptionnelle avec des segments marron et des régions inter-segmentales jaunes clairs. De plus, *E. foetida* cette espèce a une petite taille, 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).

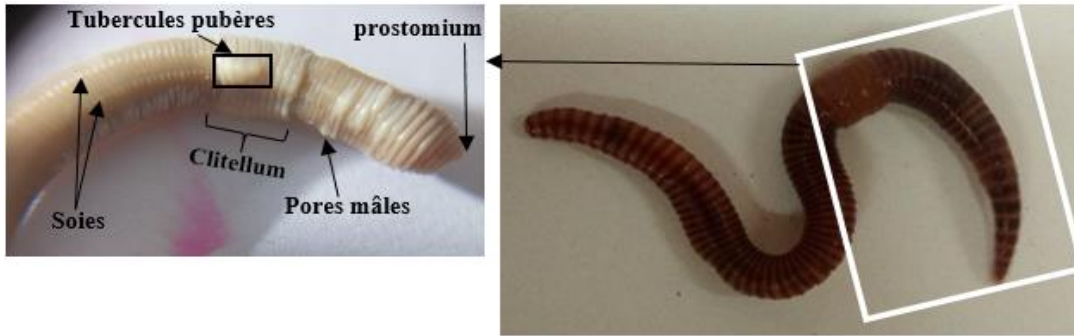


Figure 16 : Morphologie générale d'*Eisenia fetida* (photo personnelle 2023).

3. biomarqueur

3.1. Effet de l'insecticide Phoenix 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 : $Y = ax + b$ avec un coefficient de détermination : R^2 (Fig.17)

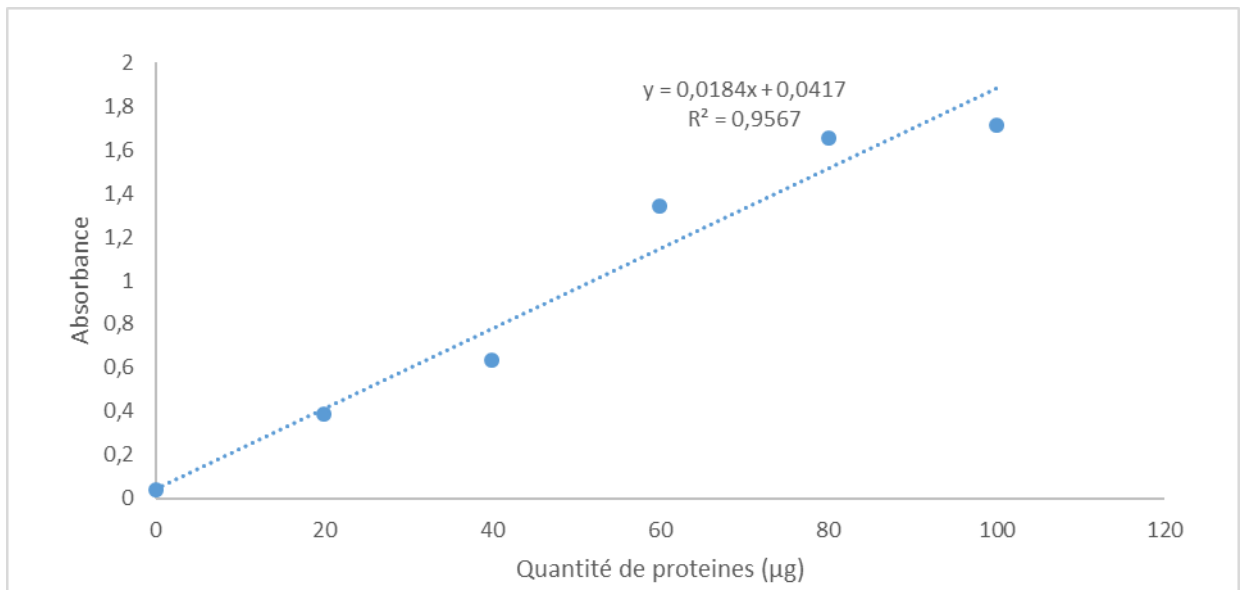


Figure.17 : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (µg)

(R^2 : coefficient de détermination).

3.2. A. caliginosa :

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

La figure (18) explique les effets du Phoenix à deux différentes concentrations sub-létales CL10 et CL25 après 48 h sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures de vers de terre.

La concentration la plus élevée (CL25) à provoquer une augmentation significative ($p=0,036$) de

la quantité de protéines totale par rapport aux séries traitées à la concentration CL10 ainsi que les séries témoins.

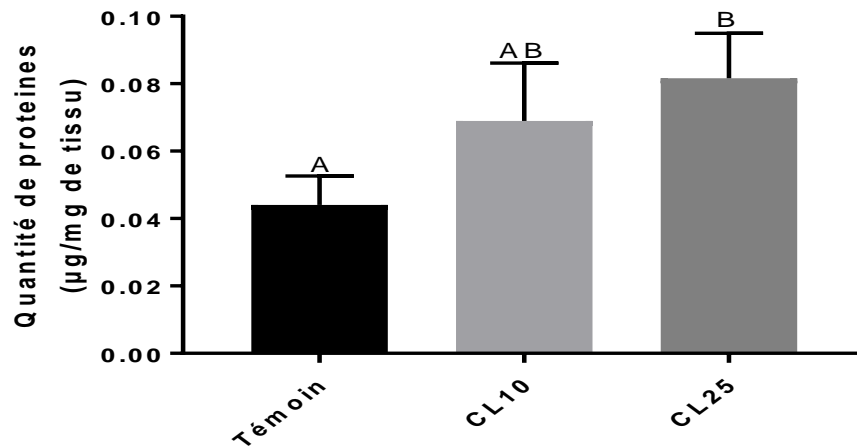


Figure. 18 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 48h (Test Tukey HSD).

3.3. *A.rosea* :

La figure (19) explique les effets du Phoenix à deux différentes concentrations CL10 et CL25 sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre.

Les concentrations CL10 et CL25 ne présente pas un effet significative ($p=0,139$) par rapport aux témoins sur le taux de protéine.

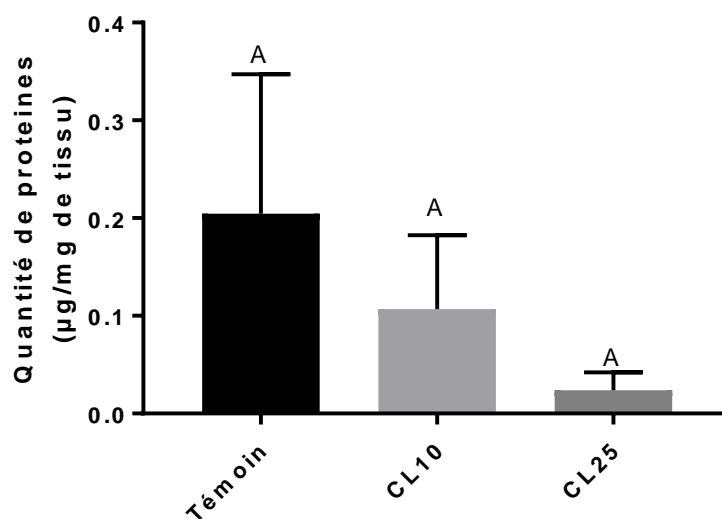


Figure. 19 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 48h (Test Tukey HSD).

1.3. Comparaison de la quantité de protéine totale entre les deux espèces :

La figure 20 suivante compare la quantité de protéine totale chez les deux espèces étudiées dans les parties postérieures des vers de terre.

On remarque dans l'effet de concentration CL25 une augmentation de l'activité chez l'espèce *A.caliginosa* supérieur par rapport à *A.rosea* par contre CL10 et témoins ne présentent pas de différence pendant 48h exposé au insecticide phoenix.

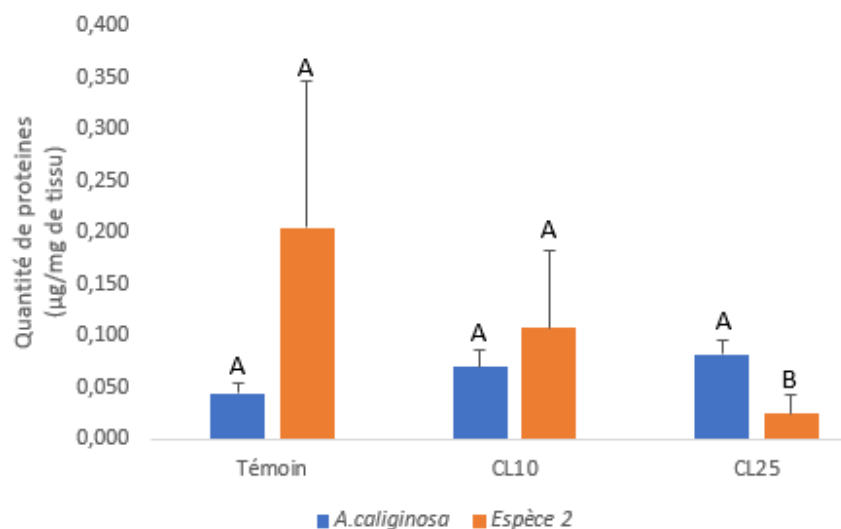


Figure 20: la quantité de protéines totale après 48 heures chez les deux espèces étudiées (Test de student).

3.2. Effet de l'insecticide Phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST)

3.2.1. *A. caliginosa* :

La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et *al.* (1974).

La figure (21) montre l'effet du Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre. Les séries traitées aux concentrations sub-létales CL10 et CL25 manifestent une augmentation très hautement significative ($p=0,000$) de l'activité GST par rapport aux série témoins.

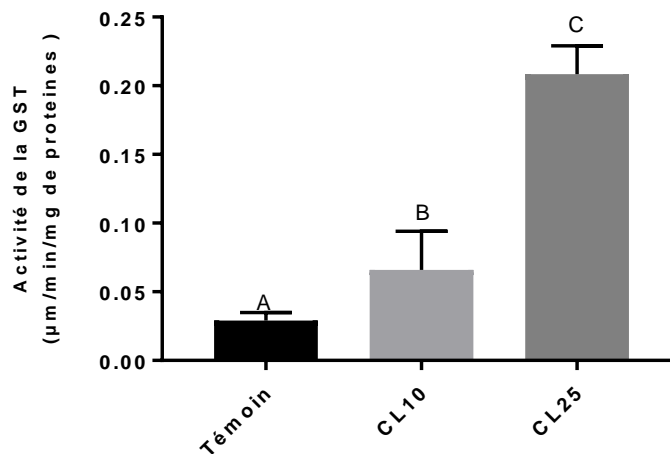


Figure 21: Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST après 48h (Test Tukey HSD).

3.2.2. *A. rosea* :

La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et *al.* (1974).

La figure (22) explique l'effet du Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre traitée et témoin. L'activité de GST chez les séries traitées ne présente pas de différence significative ($p=0.119$) par rapport aux témoins pendant 48 heures d'exposition à l'insecticide.

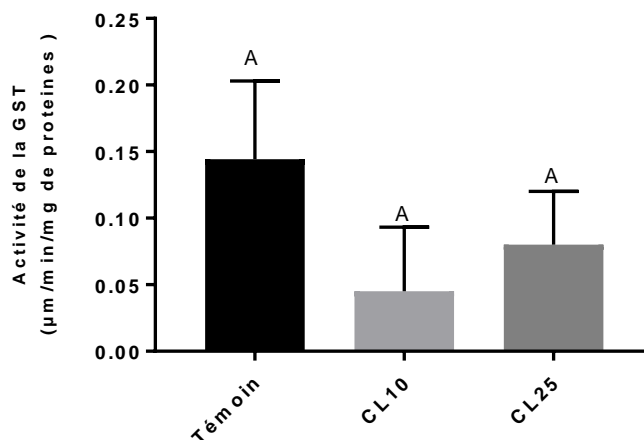


Figure 22: Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST après 48h d'exposition (Test Tukey HSD).

3.2.3. Comparaison de L'activité de GST entre les deux espèces :

La figure suivant compart l'activité de GST entre les deux espèces étudiées au niveau de la partie clitelienne.

On remarque une augmentation dans la concentration CL25 chez l'espèce *A.rosea* supérieur par rapport à *A.caliginosa*, par contre la concentration CL10 et témoins ne présent pas différence après 48h exposé au insecticide phoenix.

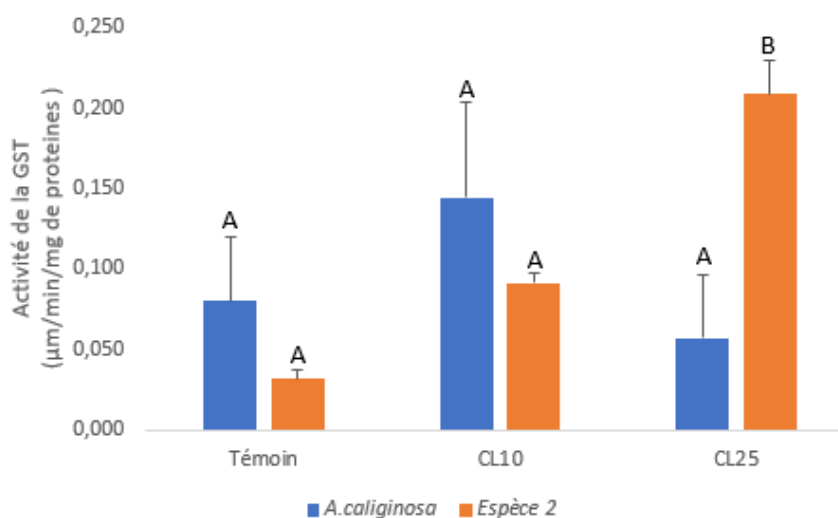


Figure 23: l'activité enzymatique de la GST après 48 heures chez les deux espèces étudiées (Test de student).

4.Corrélation entre quantité de protéines et activité enzymatique de la GST :

On remarque une corrélation modérée ($p= 0,036$; $r=0,55$) entre la quantité totale des protéines et l'activité enzymatique de la GST chez les vers *A.caliginosa* traitées par l'insecticide (Phoenix) après 48h.

On remarque constaté de corrélation significative ($P=0,139$; $r=0,65$) entre la quantité totale des protéines et l'activité enzymatique de la GST chez les vers de *A. Rosea* traitées par l'insecticide (Phoenix) pendant 48h.

Discussion

Les vers de terre sont généralement les Animaux plus abondants dans le sol agricole. Ils sont connus d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, avec les micro-organismes du sol. Ils sont utilisés comme bio indicateurs 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).

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).

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à évaluer les effets d'un insecticide, PHOENIX (Lambda cyhalothrine) sur les paramètres physiologiques du vers de terre *A. caliginosa* et *A. rosea*, pendant la période de traitement dans les conditions du laboratoire.

1. Identification

Le sol, un compartiment majeur des écosystèmes terrestres, représente un écosystème très particulier puisqu'il constitue un des réservoirs de biodiversité les plus importants de la planète. Mais malgré la richesse de la biodiversité du sol, les oligochètes manquent des études jusqu'à présent. A travers l'échantillonnage réalisé dans les deux régions de cheria, Boulhef el dir, on a pu recenser 02 espèces lombriciens : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*. *E. fetida*

***A. caliginosa* (Savigny, 1826):**

Elle a été trouvée dans les deux zones d'échantillonnage. L'espèce présente une aire de distribution vaste, elle se trouve dans les régions humides, ainsi que dans les régions arides (Boukria, 2012). Le complexe d'espèces *Aporrectodea caliginosa* comprend les vers de terre les plus abondants dans les prairies et les écosystèmes agricoles de la région paléarctique (Pérez Losada *et al.*, 2009). C'est l'espèce la plus commune et dominante dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017). Elle est fréquente dans les sites d'El Merdja (Litim et Zoughlami, 2015), Hammamet et Elma Labiod (Labchaki et Mrah, 2016) ainsi que Negrine et Gourigueur (Saadi et Menasria, 2017). Kherbouche *et al.*, (2012) ont signalé la présence de cette espèce dans la région de Bejaia, El-Okki *et al.*, (2013) dans l'Oued El kebir, Baha (1997) dans la plaine de Metidja, Bazri (2015), Zeriri *et al.*, (2013) dans la région de Annaba. Smith (1917), Stephenson (1930) et Omodeo (1948) l'ont caractérisé comme l'espèce de vers de terre la plus communément trouvée.

1.1. *A. rosea* (Savigny 1826):

Sa présence est bien notée dans le site d'échantillonnage de Boulhaf el dir. Elle a été trouvée dans tous les étages bioclimatiques en Algérie (Bazri *et al*, 2013). Cette espèce est déjà recensée dans la région de Bejaia par Kherbouche *et al*, (2012). Elle est fréquente dans les sites d'El Merdja (Litim et Zoughlami, 2015), Hammamet et Elma Labiod (Labchaki et Mrah, 2016) et Negrine (Saadi et Menasria, 2017). Ce résultat est comparable à celui de Bazri, (2015) qui constatait que cette espèce fréquente les zones semi-arides et arides dans les points où il y a suffisamment d'eau.

1.3.E. fetida:

Echantillonnée seulement dans le site de cheria. En effet cette- espèce est connue sous le nom du vers de fumier, elle a été trouvée dans le climat semi-aride inferieur (Bazri *et al.*, 2013) dans des endroits chauds et secs (Zeriri *et al.*, 2013). C'est une espèce d'origine européenne, elle appartient au groupe des vers épigés (Bouché, 1977). Cette catégorie écologique vit sur ou près de la surface du sol, typiquement dans les couches de la litière des forets ou dans les matériaux riches en matière organique (comme le compost) et ne creuse pas (Lee, 1985 ; Römbke *et al.*, 2005). Ainsi, la richesse du sol du site de Tébessa en fumier qui contient des déchets organiques (litières et feuilles) justifie la présence de cette espèce.

2.1. La densité :

La densité la plus élevée a été enregistrée en janvier avec un maximum de 366.67 ± 100.62 individus/m² à Cheria. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Letim et Zoghلامي (2015) sur le site de Mardja à Tébessa et à ceux obtenus par Abchaki et Merah (2016) sur les sites de Malbiod et Hammamet et Hammou, (2014) qui observe des valeurs de densité allant de 21 ind/m² à 84 ind/m², en zone de couvain (stade bioclimatique sec). Bazari (2015) affirme que certaines espèces de vers de terre peuvent avoir des densités élevées en phase bioclimatique aride lorsque les conditions sont favorables, notamment l'humidité du sol.

Les résultats ont montré que la moyenne des Sub adulte dans le site est supérieure à la moyenne des adultes et (% des juvéniles contre % dans la Charia) L'échantillonnage des lombriciens s'est effectué entre février et mai qui est, probablement, une période propice pour l'activité des lombriciens dans le climat Algérien ; la raison pour laquelle les juvéniles sont important (Bazri, 2015). Dans cette saison, l'activité et l'abondance des vers est à son pic, où l'éclosion de récents juvéniles a un effet remarquable (Reynolds 1977 ; Shakir and Dindal 1997).

2.2. Biomasse :

Dans nos sites d'étude, la biomasse moyenne atteint un maximum de $143.31 \pm 52.60 \text{ g/m}^2$. Nos résultats sont supérieurs à ceux de Saadi et Menasria (2018) à Negrine et Hammou, (2014) qui notait des valeurs de biomasse dans la région d'El Hodna. Nos valeurs sont similaires à ceux de Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa. Par contre, Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet ont signalé des valeurs supérieures. Cette différence de résultats peut être expliquée par la différence des conditions climatiques ainsi que le type de terrain exploré. Aussi, le type et la texture du sol peuvent agir sur la distribution et l'abondance des lombriciens (Guild, 1948, Edwards et Bohlen, 1996 ; Curry, 1998) et la profondeur (Van Rhee et Nathans, 1973 ; Philipson et al ; 1976 ; Bachelier, 1978). De la même manière, la teneur en carbone organique du sol est un facteur clé influençant sur l'abondance des vers de terre (Gregor Ernst et al. 2006).

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 bio indicatrices en basant sur le principe de biosurveillance éco toxicologique 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).

Effet sur la GST

Les glutathion S-transférases (GSTs) sont des enzymes de détoxification de la phase II modulées par la présence des xénobiotiques, elles ont été utilisées comme biomarqueur indiquant l'exposition aux contaminants environnementaux (Gunderson et *al*, 2016). Cette enzyme

multifonctionnelle est impliquée dans la détoxification des composés électrophiles et dans les mécanismes de la défense antioxydant cellulaire (Zhu et *al*, 2011). L'activité de ce biomarqueur est requise pour le maintien de l'homéostasie de l'environnement interne (Maity et *al*, 2018). Il vise à combiner le glutathion réduit (GSH) pour produire un métabolite conjugué soluble dans l'eau (Rodriguez et *al*, 2007). Cela neutralise les sites nucléophiles réactifs du produit chimique et/ou augmente sa solubilité dans l'eau facilitant son excrétion de la cellule (Pavlidis et *al*, 2018). La combinaison s'effectue avec de nombreux substrats (y compris les produits secondaires de la peroxydation lipidique) et réduire la toxicité endogène ou exogène (Paravani et *al*, 2019) ; afin de faciliter leur élimination (Ketterer et *al*, 1983). Par conjugaison, la GST neutralise de nombreux xénobiotiques et métabolites endogènes (Hayes et *al*, 2005), ce qui semble être une explication possible de la teneur réduite en GSH. De plus, les GSTs sont impliquées dans le métabolisme ou biotransformation de substances nocives endogènes dans de nombreux organismes (Awali et *al*, 2019 ; Sun et *al*, 2019).

En tant qu'indicateur sensible pour détecter les polluants, la GST peut non seulement dégrader les polluants, mais aussi fournir des informations précoces sur le stress oxydatif des Organismes (Lushchak, 2011 ; Board & Menon, 2013 ; Han et *al*, 2014 ; Sanchez-Hernandez Et *al*, 2014 ; Zhao et *al*, 2017). Les GSTs catalysent les attaques nucléophiles du GSH sur les Composés contenant du carbone, de l'azote ou du soufre, participant à des mécanismes de Détoxification et d'élimination (Huber et *al*, 2008).

L'activité spécifique des GSTs chez les adultes d'*A. Caliginosa* et *A. rosea* évaluée à 48h de traitement, révèle l'activité de GST entre les deux espèces étudiées au niveau de la partie clitelienne.

On remarque une augmentation dans la concentration CL25 chez l'espèce *A. rosea* dominant par rapport à *A. caliginosa*, par inversement la concentration CL10 et témoins ne présentent pas de différence après 48h exposé au insecticide phoenix. Une augmentation significative après traitement ; L'augmentation de l'activité des GSTs peut-être un indicateur important de la capacité des vers de terre à détoxifier le polluant, et elle peut être.

La GST est un mécanisme de désintoxication important chez les vers de terre (Stenersen et *al*, 1979). Il neutralise une large gamme de xénobiotiques et endogènes sous-produits métaboliques via la

Nos résultats l'activité de GST entre les deux espèces étudiées au niveau de la partie clitellienne.

On remarque une augmentation dans la concentration CL25 chez l'espèce *A. rosea* supérieur par rapport à *A. caliginosa*, par contre la concentration CL10 et témoins ne présentent pas de différence après 48h exposé au insecticide phoenix.

Nos résultats contrairement avec (Booth et O'hallaron, 2001) qui a constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. Caliginosa* exposé et *A. rosea*. Cependant (Leida et al ; 2017) GST mesurée au niveau de la partie clitellienne d'*A.caliginosa* traitée avec a montré qu'il n'y a pas d'effet significatif sur l'activité de GST. 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 et Üner, 2000). De ce fait, De nombreuses études ont montré après exposition aux insecticides une augmentation de la GST dans divers vers de terre (Hans et al., 1993 ; Booth et al., 1998).

4. Effet sur la quantité totale de protéines :

La teneur en protéines solubles est un test souvent utilisé pour montrer le stress un indicateur biologique. La structure d'une protéine et sa fonction peuvent varier d'une espèce à l'autre (Jaquin, 2012).

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.

Nos résultats mettent en évidence que l'insecticide Phoenix appliquée à la concentration CL25 augmente la quantité de protéines chez *A.caliginosa*, mais pas chez *A.rosea*. D'autre part, le taux de protéines chez *A.caliginosa* traité à la concentration CL25 est plus élevé que chez *A.rosea*. de la même façon, Zeriri et al. (2014) ont constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre. Aussi, 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. Par contre, Bouazdia (2019) a constaté que la teneur en protéines des vers traités par l'insecticide a diminué après 48h d'exposition.

Ceci pourrait s'expliquer par le fait que, 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).

L'activité enzymatique GST reste inchangée chez les vers *A.rosea*. Nos résultats sont en accord avec Booth et O'Halloran, (2001) qui ont constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez *Aporrectodea caliginosa* exposé au diazinon et au chlorpyrifos. Des études similaires montre, qu'il n'y pas d'effets significatif sur l'activité de GST chez *A.caliginosa* traitée par l'insecticide (Décis) menée par Menaceur et Arar, (2021), ainsi que Habeb et Jouini, (2021) qui ont constaté que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition à l'herbicide Glyphon chez *Aporrectodea caliginosa*. Korichi et Soltani, (2022) constataient que l'activité de la GST n'a pas changé chez les juvéniles de *E.fetida*, Similairement, Bouazdia (2019) a constaté que l'activité de GST, chez les séries traitées par l'herbicide Sekator, reste constante et ne présente pas de différence significative par rapport au témoin.

D'autre part, l'activité GST chez l'espèce *A.caliginosa* est différente entre les séries traitées aux deux concentrations. Similairement, Bouazdia (2019) montre que les séries traitées avec la concentration sub-létale CL10 manifestent une différence significative après 4,7 et 14 jours d'exposition. (Bouazdia. k. 2019) montre que l'activité de la GST augmente après exposition des vers de terre *E .fetida* à la concentration sub-létale de lambda cyhalothrine (karaté). Cependant, Leida et al. (2017) ont constaté que l'activité de la GST a également montré une augmentation significative pendant exposition aiguë et chronique 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 □ Schröder, 2008). Wang et al., 2020 révèle 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. Cependant, une réduction importante des activités GST a été remarquée chez *E.anderi* traitée à l'imazalil (Pereira et al., 2019).

La diminution des activités de la GST peut être due à l'intervention dans la biosynthèse des lipides, puisque l'apparition de l'enzyme a été trouvée dans les corps gras des invertébrés (Zhang et al., 2015). L'herbicide oxyfluorfen a également un effet sur l'activité GST comme en

témoigne les investigations de Peixoto et *al.* 2006 sur les poissons, *Oreochromis niloticus* ainsi que les poissons téléostéen *Anabas testudineus* (Bloch) et *Heteropneustes fossilis* (Bloch) exposés au glyphosate (Samanta et *al.*, 2014). Par contre, Gao et *al.* 2007 ont trouvé que l'herbicide albandazole inhibe l'activité GST dans le corps entier, la région antérieure, la région moyenne et la région postérieure du vers *E. fetida*.

Enfin, on a noté que l'espèce *A.rosea* exprime une activité GST supérieure à *A.caliginosa* exposés à la concentration CI25.

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).

Conclusion

Conclusion et perspective

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.

Dans cette étude, nous nous sommes proposé d'abord d'identifier les différentes espèces collectées dans le site d'échantillonnage. Ainsi, on a pu identifier deux espèces : *Aporrectodea caliginosa* et *Eisenia fetida*. Aussi, la biomasse et la densité des vers de terre dans le site d'étude est de 143.31 ± 52.60 g/m² et 366.67 ± 100.62 individus/m² respectivement. On a constaté aussi que la proportion des juvéniles est plus élevée que les vers adultes et sub-adultes.

Deuxièmement, on a évalué la toxicité potentielle de l'insecticide Phoenix chez deux espèces de vers de terre *Aporrectodea caliginosa* et *Aporrectodea rosea*. Cette dernière espèce est obtenue d'un site à Boulhef Dyr. Pour cela, nous nous sommes basés sur deux biomarqueurs : le taux de protéine, et l'activité enzymatique GST. Ainsi, contrairement à l'espèce *A.rosea*, l'insecticide Phoenix appliquée à la concentration élevée augmente la quantité de protéines chez *A.caliginosa*. D'autre part, le taux de protéines chez *A.caliginosa* traité à la concentration CI25 est plus élevé que chez *A.rosea*. L'activité GST chez l'espèce *A.caliginosa* est différente entre les séries traitées aux deux concentrations. Cette activité enzymatique reste inchangée chez les vers *A.rosea*. Enfin, l'espèce *A.rosea* exprime une activité GST supérieure à *A.caliginosa* à la concentration CI25. A l'avenir, Il serait judicieux de :

- Effectuer une étude approfondie sur les mécanismes de défense anti- radicalaire par le dosage d'autres marqueurs.
- Déterminer l'impact du phoenix sur la reproduction, la survie et la croissance des juvéniles des vers de terre.
- Réaliser des frottis du liquide cœlomique au niveau des vers de terre.

- Réaliser une étude ultrasturcurale.
- Pencher sur l'aspect histologique qui rend compte sur les éventuelles altérations tissulaires chez l'organisme contaminé par le phoenix.

Reference:**A**

1. 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
2. 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
3. *Aporrectodea caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk
4. assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design.
5. Anadon et al, 2006.
6. Ansari et al. 2012.

B

7. Bachelier G. (1978). *La Faune des Sols : Son Ecologie et Son Action*, Orstom, Paris, pp 391
8. Baha M. (2008). *Etude bioécologique des oligochètes du nord de l'Algérie*. These de doctorat d'état en sciences agronomiques. Institut National Agronomique (El-Harrach, Algeria)
9. Bart, S., Amossé, J., Lowe, C.N., Mougin, C., Péry, A.R. & Pelosi, C. (2018).
10. Bartlett, M.D., Briones, M.J.I., Neilson, R., Schmidt, O., Spurgeon, D. and Creamer, R.E. (2010) A Critical Review of Current Methods in Earthworm Ecology: From Individuals to Populations. *European Journal of Soil Biology*, 46, 67-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.11.006>
11. Bazri Kamel Eddine. (2015). *Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est algérien*. These de doctorat Aménagement des Milieux Naturels. Université Constantine 1. 188 pages
12. 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.
13. Belanger, D. (2009) *Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier*, Sherbrooke (ed.), Quebe
14. *Biodiversity*. Dorothy Hinshaw Patent. New York: Clarion Books. (1996)
15. Booth, L.H., Happelthwaite, V.J. and O'hallaron, K. (2000) Growth, Development and Fecundity of the Earthworm *Aporrectodea caliginosa* after Exposure to Two Organophosphates. *New Zealand Plant Protection*, 53, 221-225 Pandey, S. and Singh, D.K. (2004) Total Bacterial and Fungal Population after Chlorpyrifos and Quinalphos Treatments in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Soil. *Chemosphere*, 55, 197-205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.10.014>

16. Bouché M.B. (1972). Lombriciens de France, Ecologie et systématique. Inst. Nat.Rech. Agronomique, Paris, pp 671
17. Bouché, M.B. (1972). Lombriciens de France : écologie et systématique Institut National de

C

18. calisi, A., Zaccarelli, N., Lionetto, M.G. and Schettino, T. (2013) Integrated Biomarker Analysis in the Earthworm *Lumbricus terrestris*: Application to the Monitoring of Soil Heavy Metal Pollution. *Chemosphere*, 90, 2637-2644. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.040>
19. Casillas, E., Myers, M. and Ames, E. (1983) Relationship of Serum Chemistry Values to Liver and Kidney Histopathology in English Sole (*Parophrys vetulus*) after Acute Exposure to Carbon Tetrachloride. *Aquatic Toxicology*, 3, 61-78

E

20. Edwards, C.A. and Bohlen, P.J. (1996) *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd Edition, Chapman & Hall, London
21. *Environmental Science and Pollution Research*. 25(34): 33867-33881. Doi: 10.1007/s11356-

F

22. 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

H

23. Hayes, J.D., Flanagan, J.U., Jowsey, I.R., 2005. Glutathione transferases. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 45, 51–8
24. <https://www.cliffsnotes.com/study-guides/biology/biology/excretion-and-homeostasis/excretory-systems>

I

25. Iyyadurai, R., Peter, J. V., Immanuel, S., Begum, A., Zachariah, A., Jasmine, S. et Abhilash, K. P. P. (2014). Organophosphate-pyrethroid combination pesticides may be associated with increased toxicity in human poisoning compared to either pesticide alone. *Clinical Toxicology*, 52(5), 538-541. doi: 10.3109/15563650.2014.909933

J

26. Jones, C.G., Lawton, J.H. and Shachak M. (1994) *Organisms as Ecosystem Engineers*. *Oikos*, 69, 373-386. <http://dx.doi.org/10.2307/3545850>

K

27. Kearney and Kaufman, 1988

L

28. la Recherche Agronomique. Paris 72(2): 1-668
29. Lavelle, P. and Spain, A.V. (2001) Soil Ecology. Kluwer Scientific, Amsterdam.
30. Les principales familles chimiques des pesticides (El bakouri, 2006
31. Lionetto, M.G., Calisi, A. and Schettino, T. (2012) Chapter 16. Earthworm Biomarkers as Tools for Soil Pollution Assessment. In: Hernandez-Soriano, M.C., Ed., Soil Health and Land Use Management, InTech, Italy
32. Luo, Y., Zang, Y., Zhong, Y. and Kong, Z. (1999) Toxicological Study of Two Pesticides on Earthworm Chemosphere, 39, 2437-2356 [http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00142-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00142-3)

M

33. 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

P

34. Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. and Vandenbulcke, F. (2014) Pesticides and Earthworms. A Review. Agronomy for Sustainable Development, 34, 199-228
35. Pelosi, C., Joimel, S. and Makowski, D. (2013) Searching for a More Sensitive Earthworm Species to be Used in Pesticide Homologation Tests—A Meta-Analysis. Chemosphere, 90, 895-900. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.09.034>

R

36. Razafindrakoto, M., 2012. Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar : Taxonomie, Distribution et Ecologie. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo. 174p
37. Rombke, J.J., Rombke, S. and Didden, W. (2005) The Use of Earthworms in Ecological Soil Classification and Assessment Concepts. Ecotoxicology and Environmental Safety, 62, 249- 265. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.03.027>

S

38. Schreck, E., Geret, F., Gontier, L. and Treilhou, M. (2008) Neurotoxic Effect and Metabolic Responses Induced by a Mixture of Six Pesticides on Earthworm *Aporrectodea Caliginosa nocturna*. Chemosphere, 71, 1832-1893. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.02.003>
39. Selon Bouché (1977), Lee (1985) et Edwards et Bohlen (1996), les vers de terre peuvent être divisés en trois groupes écologiques
40. Stenersen J., Guthenberg C. & Mannervik B. (1979). Glutathione transferase in earthworms (Lumbricidae). Biochem. J., 181: 47-50

41. Stachowski-Haberkorn, 2008 ; ACTA, 2005.

T

42. terre (Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Lumbricina>)
43. Toumi, 2013 ; Pandey & Mohanty, 2015.

W

44. www.amonline.net.au/factsheets/earthworms.htm 2. Science Insights, Addison-Wesley, 2001 3. Holt Life Science Textbook, Holt, Rinehart and Winston, 2001 4. Biology- A Guide to the Natural World, David Krogh, 2005 5. www.nysite.com/nature/fauna/erthworm.htm 6. Carolina Tips, Using The Earthworm and Pig, Spring 2004, Volume 67, No. 1 7. www.naturewatch.com/english/wormwatch/about/ecology.html
45. www.naturewatch.com/english/wormwatch/about/ecology.html