



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 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

MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention de diplôme de MASTER

Thème:

Impact d'un insecticide chez les juvéniles des vers *Aporrectodea Caliginosa* : Aspect physiologique

Présenté par :

LATRECHE Loujain El Yakout

KOUIDER Manel

Devant le jury :

Mme. DJELLAB.S

M.C.A Université de Larbi Tébessi

Présidente

Mr.BOUAZDIA.K

M.C.A Université de Larbi Tébessi

Promoteur

Mr.HANNACHI.MS

M.C.B Université de Larbi Tébessi

Examineur

Année Universitaire : 2021-2022

Note : /20

Remerciements

Arrivé au terme de ce mémoire, nous tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidées à le réaliser, et plus spécialement notre encadreur **BOUAZDIA KARIM**, qui a fourni tous les apports adéquats pour que nous réalisons un travail convenable et acceptable.

Nos remerciements vont aussi en l'occurrence à tous les membres du jury **Mme DJELLAB Sihem** et **Mr HANNACHI Mohamed Salah**, ainsi que tous les profs de SNV spécialité biologie animale.

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

Nous sommes reconnaissants à tous les membres de nos familles, surtout **nos parents** qui nous ont soutenus tout au long de nos études sans oublier notre collègue **Roma issa** pour son apport et son encouragement sans limite.

Enfin, nous remercions toute personne ayant apporté son appui pour la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicaces

A mes parents

Ce que je ressens aujourd'hui, je ne pourrai pas le traduire par des mots. Vous m'avez comblé de votre amour sans faille sans jamais montrer le moindre signe de fatigue, de mécontentement ou de besoin. . Vous vous êtes toujours sacrifiés pour que je réussisse dans mes études. J'imagine votre bonheur et votre satisfaction en ce jour solennel.

***A mes frères:** Djamel Eddine, Mohamed Baha Eddine et Sidali, à ma petite perle, ma sœur Meriem Konout ainsi que toute **ma famille** et toutes **mes amies**.*

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et votre encouragement. Il me serait difficile de vous citer tous, vous êtes dans mon cœur.
Affectueusement.*

Loujain El Yakout



Dédicace

A l'aide d'Allah, le tout puissant je dédie ce modeste travail :
A ma mère **Salwa** qui a toujours espéré m'avoir grande parmi les meilleurs et qui n'a jamais hésité de faire les plus grands sacrifices pour que j'arrive à mon but.

À, ma grande mère **Fatima** qui m'a toujours soutenue et réconfortée dans les moments difficiles.

A mon père **Mohamed** et mon frère **El Mouaataz Billah** pour m'avoir apporté l'aide dont j'avais besoin.

A mon oncle **Abdlewaheb**, A ma cousine **Oumaima**, A mon binôme **Loujain**. A tous mes amis et collègues **Oumaima, Aya, Nidal, Madjda, Karima, Amira, Loubna, khaoula**. À tout le groupe de ma promotion. À toute la promotion de master sans exception. La réalisation de ce travail n'aurait jamais été possible, sans la contribution de toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont supporté, encouragé et aidé d'une manière ou d'une autre. Merci à toutes et à tous.

Manel

Résumé

Le travail que nous avons abordé se situe dans le but d'évaluer l'effet d'un insecticide (PHOENIX 5E) chez les juvéniles des vers *Aporrectodea caliginosa*.

Dans un premier temps, une étude d'identification des vers de terre collectés de différents sites de la région de Tébessa a été effectuée, les résultats de l'étude taxonomique du peuplement lombricien de notre région, a révélé que les espèces échantillonnées appartiennent à la famille des Lumbricidae, 2 espèces sont :

Aporrectodea caliginosa, *Aporrectodea rosea*.

Dans notre travail, nous nous sommes concentrés sur les effets de l'insecticide PHOENIX 5E sur les juvéniles des vers dominant de la région, sous différentes concentrations sub-létales. Nous nous sommes intéressés à un biomarqueur enzymatique GST et autre biomarqueur biochimique quantité de protéine et leur évolution dans le temps.

Nos résultats montrent que l'activité GST et la quantité de protéines restent inchangé après l'utilisation des deux concentrations de l'insecticide. Par contre, on a constaté qu'il y a une différence significative de l'activité GST entre les séries traitées Par CL10 après 24 heures et 48 heures. Similairement, la CL5 provoque une augmentation significative de la quantité de protéines au cours du temps.

Mots clés : Oligochètes, *Aporrectodea caliginosa*, identification, GST, Biomarqueur.

Abstract

The work that we have approached is located in order to evaluate the effect of an insecticide (PHOENIX 5E) in the juveniles of worms *Aporrectodea caliginosa*.

Initially, a study of identification of earthworms collected from different sites in the region of Tebessa was carried out, the results of the taxonomic study of the earthworm population of our region, revealed that the species sampled belong to the family Lumbricidae, 2 species are: *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*.

In our work, we focused on the effects of the insecticide PHOENIX 5E on juveniles of the dominant worms of the region, under different sub-lethal concentrations. We were interested in an enzymatic biomarker GST and another biochemical biomarker protein quantity and their evolution in time.

Our results show that GST activity and protein amount remain unchanged after the use of both concentrations of the insecticide. On the other hand, it was found that there was a significant difference in GST activity between the CL10 treated series after 24 and 48 hours. Similarly, CL5 causes an increase in the amount of protein over time.

Key word: Oligochaetes, *Aporrectodea caliginosa*, identification, GST, Biomarker.

ملخص

ملخص

يهدف العمل الذي قمنا به إلى تقييم تأثير مبيد حشري (فينيكس 5 إي) في الديدان الطفيلة *Aporrectodea caliginosa*. في البداية، تم إجراء دراسة تعريفية لديدان الأرض التي تم جمعها من مواقع مختلفة في منطقة تبسة، وكشفت نتائج الدراسة التصنيفية لسكان ديدان الأرض في منطقتنا أن الأنواع التي تم أخذ عينات منها تنتمي إلى عائلة Lumbricidae، نوعان هما:

Aporrectodea rosea. *Aporrectodea caliginosa*

ركزنا في عملنا على تأثيرات المبيد الحشري PHOENIX 5E على صغار الديدان السائدة في المنطقة، بتركيزات مختلفة غير مميتة. لقد كنا مهتمين بعلامة GST الحيوية الأنزيمية وكمية البروتين وتطورها بمرور الوقت.

تظهر نتائجنا أن نشاط GST وكمية البروتينات تظل دون تغيير بعد استخدام تركيزين من المبيدات الحشرية. من ناحية أخرى، وجد أن هناك فرقاً كبيراً في نشاط GST بـ CL10 بعد 24 ساعة و 48 ساعة. وبالمثل، يتسبب CL5 في زيادة كمية البروتين بمرور الوقت.

الكلمات المفتاحية

Aporrectodea caliginosa، Oligochètes، التحديد، GST العلامة الحيوية.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Matériels et méthodes

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

I. Généralités sur les vers de terre.....	04
1. La faune du sol	04
1.1. La microfaune.....	04
1.2. La mésofaune.....	04
1.3. La mésofaune.....	04
2. Les vers de terre	04
3. La classification des annélides oligochètes.....	05
4. Description morphologique.....	06
4.1. Le prostomium	07
4.2. La zone post-clitellienne	07
4.3. Le pygidium	08
4.4. Soies	08
4.5. Anatomie interne	08
4.6. Biologie	10

4.7. Reproduction et longévité	10
5.Cycle des activités	11
6.Nutrition	11
7.Les catégories écologiques ou groupes fonctionnels	12
7.1.Épigés.....	12
7.2. Endogés.....	12
7.3. Anéciques.....	13
II. Généralités sur les pesticides :.....	14
1.Historique des produits phytosanitaires.....	14
2.Définition d'un produit phytosanitaire (pesticide).....	14
3.Classification des produits phytosanitaire.....	15
3.1. Classification selon la cible.....	15
3.2. Classification selon la famille chimique.....	16
3.Classification des pesticides selon les risques.....	18
4.Intérêt de la protection des cultures.....	19
5.Mode d'action de chaque type.....	19
6.Conception d'un pesticide.....	21
7.Formulation d'un pesticide.....	21
8.Effets des produits phytosanitaires.....	21
8.1. Effets sur la santé humaine.....	22
8.2. Effets sur les animaux.....	22
8.3. Effets sur la flore.....	23
8.4. Effets sur le sol.....	23
8.5. Effet sur l'eau.....	24
9.Réglementation d'utilisation des produits phytosanitaires.....	24
9.1. La dégradation des pesticides.....	24

Chapitre 2 : Dispositif expérimental

1. Situation géographique	27
2. Présentation du site de collecte des vers de terre	27
3. Prélèvement des Échantillons	27
4. Choix de l'espèce	28
4.1. Systématique d' <i>Aporrectodea Caliginosa</i>	28
5. Matériels utilisés.....	29
5.1. Au terrain.....	29
5.2. Au laboratoire.....	29
6. Rinçage et tri des vers de terre.....	30
7. Conditions expérimentales.....	31
8. Le pesticide utilisé -le Phoenix 5E-.....	31
9. Méthode d'identification et description des espèces.....	32
10. Traitement.....	33
11. Dosage enzymatique.....	34
11.1. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase).....	34
11.2. Dosage des Protéines totales	35

Chapitre 3 : Résultats

1. Identification.....	37
2. Effets de l'insecticide Phoenix 5E sur les bio-marqueurs.....	38
2.1. Effet de l'insecticide Phoenix 5E sur la quantité totale de protéines après 24 et 48 heures.....	40
2.2. Effet du Phoenix 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase après 24 et 48 heures d'exposition	41
3. Effet du temps d'exposition	42
3.1. Sur l'activité enzymatique de la GST.....	42
3.2. Sur la quantité des protéines totales.....	43
4. Analyse statistique.....	44

Chapitre 4 : Discussion

1. Identification.....	46
1.1. <i>A. caliginosa</i> (Savigny, 1826) ou <i>Nictodrillus caliginosus</i> (Bouché, 1972)	47
1.2. <i>A. rosea</i> (Savigny 1826)	48
2. L'effet de l'insecticide phœnix sur la GST	48
3. Effet sur la quantité totale de protéines.....	50
Conclusion	
Références bibliographiques	

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	La classification des annélides oligochètes, la plus récente, est publiée dans la base de données de la faune d'Europe.	05
02	Les groupes écologiques de vers de terre.	13
03	Principales familles chimiques des pesticides.	16
04	Produits commerciaux classer selon les risques.	18
05	Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.	37
06	Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage (m±s).	39
07	Activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro médiane des juvéniles d' <i>A.caliginosatratis</i> aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps.	42
08	La quantité de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' <i>A.caliginosatratis</i> aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps	43
09	Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.	44

LISTE DE FIGURES

N°	Titre	Page
1	Vue ventrale d'un ver de terre, les régions du corps, et les Caractères externes.	06
2	Les différents types de prostomium.	07
3	Dispositions des soies chez le ver de terre.	08
4	Morphologie interne d'un vers de terre.	10
5	Les organes reproducteurs.	11
6	Localisation des trois catégories écologiques de lombriciens.	12
7	Carte géographique de Tébessa, avec les différents sites de collection des vers de terre.	27
8	<i>Aporrectodea caliginosa</i> (photo personnelle 2022).	28
9	Le matériel utilisé sur le terrain.	29
10	Le matériel utilisé dans laboratoire.	30
11	Les étapes du test.	31
12	L'insecticide Phoenix 5EC (photo personnelle 2022).	32
13	Étapes d'identification des vers de terre au niveau de laboratoire.	33
14	Morphologie général d' <i>A. caliginosa</i> , (photos personnelles).	38
15	Morphologie générale d' <i>A. rosea</i> (photos personnelles).	38

16	Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg) (R^2 : coefficient de détermination).	39
17	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX 5E sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition.	40
18	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX 5E sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition.	40
19	Effet de concentrations de PHOENIX 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postéro médiane des juvéniles des vers <i>A. Caliginosa</i> . Après 24 heures d'interaction.	41
20	Effet des concentrations sub-létales de PHOENIX 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postéro médiane des vers juvéniles après 48 heures d'exposition	42
21	Activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro médiane des juvéniles d' <i>A.caliginosatraités</i> aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition	43
22	La quantité de protéines totales ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' <i>A.caliginosatraités</i> aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition	44

LISTE DES ABREVIATIONS

A. rosea : *Aporrectodea rosea*.

A. caliginosa : *Aporrectodea caliginosa*.

AChE : Acétylcholine Estérase.

BBC : Bleu Brillant de Coomassie.

CL : concentration létale.

GST : Glutathion-S-Transférase.

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique.

ml : Millilitre par Litre.

Min : Minute.

cm : Centimètre.

µg/cm² : micro- gramme / centimètre carré.

V_s : volume de surnageant.

PH : Potentiel hydrogène.

INRS : Institut national de la recherche et de la santé.

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). La faune du sol, dont les plus importants représentants, les vers de terre, constituent la première biomasse animale terrestre (Gobat et al., 2003 ; Pfiffner, 2013 ; Vigot et Cluzeau, 2014).

En fait, les vers de terre jouent un rôle important dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils assurent la transformation des déchets organiques et les matériaux biodégradables en vermi-compost riches en éléments nutritifs (Jansirani et al., 2012). Ce dernier permet d'augmenter la souplesse du sol, la porosité et la capacité de la rétention en eau ce qui nécessite donc moins de labour et d'irrigation (Jansirani et al., 2012). (Latif et al., 2009) notent que les vers de terre sont les organismes les plus importants de la faune invertébrée du sol. Ils sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème car ils produisent des effets prononcés sur la structure du sol en raison de leurs activités de fouille, d'ingestion de sol et de production de moulages.

Darwin (1890), montre que les vers de terre sont distribués dans tout le monde sous la forme de quelques genres. L'identification des vers de terre montre qu'il y a plus de 6000 espèces dans le monde. Les lombriciens sont généralement bien connus en Europe humide et à un moindre degré dans les pays méditerranéens de l'Europe occidentale (Bouché, 2003). 400 espèces ont été répertoriées sur ce continent (Pfiffner, 2013).

En Algérie, les travaux relatifs à la biodiversité des lombriciens restent encore insuffisants. D'une part, l'identification et la classification de ces organismes demeurent difficiles par manque de taxonomistes qualifiés (Rougerie et al., 2009) et, d'autre part, l'étude des vers de terre n'est pas évidente à réaliser en raison de plusieurs contraintes liées à la nature des sols et à la complexité de ces organismes (Decaëns, 2010).

Les pesticides sont parmi les polluants les plus dangereux de l'environnement en raison de leurs stabilités, leurs mobilités, et les effets à long terme sur les organismes vivants.

Introduction

Le devenir des pesticides concerne tout le milieu naturel dans son ensemble (sol, eau et air) mais le sol reste un compartiment clé car une grande proportion des pesticides appliqués lors du traitement des cultures arrive au sol, par application directe et/ou par lessivage du feuillage (AYAD-MOKHTARI, 2012).

Le marché mondial des pesticides représente actuellement 40,475 milliards de dollars. L'Europe est le plus gros consommateur (avec 31,7% du marché) devant l'Asie (23,1%), les Amériques (Sud : 20,8% ; Nord : 20,6%) et l'Afrique (3,8%). L'Algérie est classée parmi les pays qui utilisent de grandes quantités de pesticides, dont l'Association Algérienne pour la protection de l'environnement tire la sonnette d'alarme « L'Algérie est un grand consommateur de pesticides : 30000 tonnes sont épandues chaque année » (Chiali et al., 2013).

Aujourd'hui, L'effet des pesticides sur les vers de terre est considéré comme un problème majeur car l'utilisation intensive de ce dernier 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).

Notre travail est présenté en 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.

I. Généralités sur les vers de terre

1. La faune du sol

Le sol abrite un grand nombre d'organismes, on compte plus de 260 millions d'individus par m² sur sol de prairie (Gobat et *al.*, 2003). Il s'agit majoritairement d'invertébrés. Ils se localisent essentiellement où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux, ce qui correspond aux 10 à 20 premiers centimètres du sol. Les animaux fouisseurs pouvant toutefois s'en éloigner quand les circonstances l'exigent (Bachelier, 1978).

La pédofaune est extrêmement diversifiée (Deprince, 2003). Elle est classiquement divisée en trois catégories en fonction de la taille des organismes en microfaune, mésofaune et macrofaune (Bachelier, 1978) :

1-1 La microfaune est constituée d'espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm, elles vivent généralement dans un film d'eau. Ce sont des espèces hydrophiles ; des protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres et des tardigrades résistants à la sécheresse (Bachelier, 1978) ;

1-2 La méso faune rassemble les invertébrés entre 0,2 et 4 mm, constituée d'espèces hygrophiles et d'espèces xérophiles. Il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudo scorpions, de protoures, de diploures, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme "microarthropodes"), de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides (Bachelier, 1978) ;

1-3 La macrofaune est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Ce sont des lombriciens, des larves d'insectes, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopodes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots), des chélicérates (araignées et opilions) et de divers hexapodes (Bachelier, 1978).

Le macrofaune joue un rôle clé dans la régulation des propriétés physiques des sols et de la biodiversité des organismes plus petits (Lavelle et Spain, 2001).

Les lombriciens (Annélides, Oligochètes) représentent une composante majeure du macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse (Pelosi, 2008).

2. Les vers de terre

Le nombre de familles est sujet à débat, en effet, il existe toujours des changements selon les taxinomistes et la méthode utilisée. Selon James (2004), il existe 21 familles :

Lumbricidae, Ailoscolecidae, Syngenodrilidae, Almididae, Biwadrilidae, Criodrilidae, Lutodrilidae, Hormogastridae, Kynotidae, Sparganophilidae, Komarekionidae,

Microchaetidae, Eudrilidae, Onerodrilidae, Megascolecidae, Octochaetidae, Moniligastridae, Tumakidae, Acanthodrilidae, Exxidae et Glossoscolecidae.

En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces chaque année (Pelosi, 2008). Bouché (1972), a recensé environ 180 espèces de lombriciens en France. Cet auteur a proposé de classer les vers de terre en trois catégories écologiques ; les épigés, les anéciques et les endogés.

Sa classification se base sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse).

3. La classification des annélides oligochètes

Le nombre de familles est sujet à débat, en effet, il existe toujours des changements selon les taxinomistes et la méthode utilisée. Selon James (2004), il existe 21 familles :

Lumbricidae, Ailoscolecidae, Syngenodrilidae, Almidae, Biwadrilidae, Criodrilidae, Lutodrilidae, Hormogastridae, Kynotidae, Sparganophilidae, Komarekionidae, Microchaetidae, Eudrilidae, Onerodrilidae, Megascolecidae, Octochaetidae, Moniligastridae, Tumakidae, Acanthodrilidae, Exxidae et Glossoscolecidae.

En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces chaque année (Pelosi, 2008). Bouché (1972), a recensé environ 180 espèces de lombriciens en France. Cet auteur a proposé de classer les vers de terre en trois catégories écologiques ; les épigés, les anéciques et les endogés.

Sa classification se base sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse).

Tableau 01 : La classification des annélides oligochètes, la plus récente, est publiée dans la base de données de la faune d'Europe (Jong et *al.*, 2014).

Règne	Animalia
Sous-règne	Eumetazoa
Phylum	Annelida
Classe	Oligochaeta
Sous-classe	Diplostesticulata
Super-ordre	Megadrili
Ordre	Opisthopora
Sous-ordre	Lumbricina
Super-famille	Criodriloidea
Famille	Criodrilidae

Super-famille	Eudriloidea
Famille	Eudrilidae
Super-famille	Lumbricoidea
Famille	Ailoscolecidae
Famille	Glossoscolecidae
Famille	Hormogastridae
Sous-famille	Hormogastrinae
Sous-famille	Vignysinae
Sous-famille	Xaninae
Famille	Lumbricidae
Sous-famille	Diporodrilinae
Sous-famille	Lumbricinae
Sous-famille	Spermophorodrilinae
Super-famille	Megascolecoida
Famille	Acanthodrilidae
Famille	Megascolecidae
Famille	Ocnodrilidae
Famille	Octochaetidae
Super-famille	Sparganophiloidea
Famille	Sparganophilidae
Sous-classe	Tubificata
Ordre	Tubificida
Sous-ordre	Enchytraeina
Super-famille	Enchytraeoida
Famille	Enchytraeidae

4. Description morphologique :

Les vers de terre sont des Annélides fousseurs, dont le corps très extensible est constitué par plusieurs anneaux ou segments semblables compris entre un lobe céphalique (prostomium) et un lobe terminal (pygidium) (Figure 1).

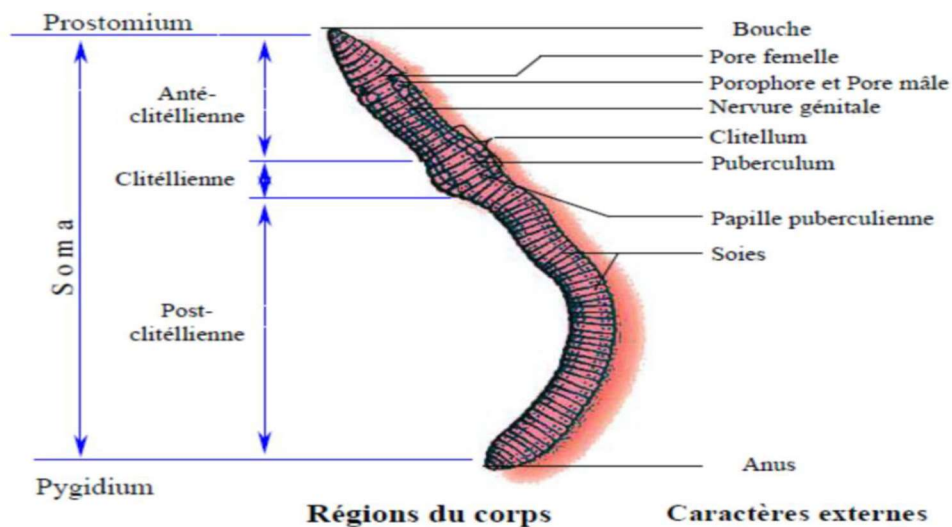


Figure 01 : Vue ventrale d'un ver de terre (El-Addan, 1990), les régions du corps, et les Caractères externes (Bouché, 1972)

4.1. 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).

Comme son nom l'indique, ce premier segment entoure la bouche. Le prostomium peut encore être subdivisé transversalement par un sillon et parcouru de rides longitudinales. Chez les vers de terre, il existe plusieurs prostomium sont représentés dans la (Figure 2) (Sims et Gerard, 1999).

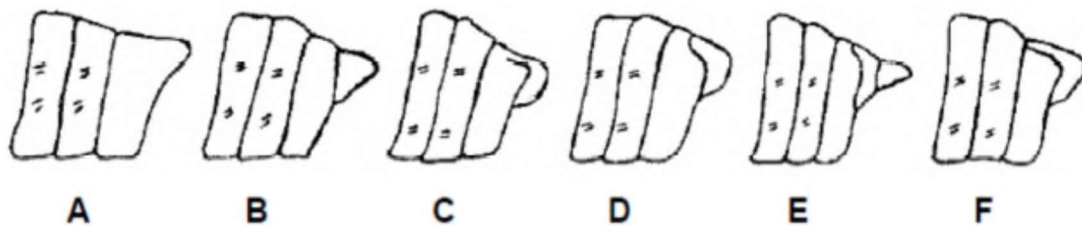


Figure 02 : Les différents types de prostomium (Bouché, 1972).

Prostomiums : zygalobique (A), prolobique (B), épilobique ouvert (C), épilobique fermé (D), subdivisé (E) et tanylobique (F).

4.2. Le metastomium (soma)

Le soma constitue la quasi-totalité du corps. Il est entièrement métamérisé (ou segmenté), c'est-à-dire le corps est constitué par une série de nombreux anneaux successifs appelés les métamères. Chez l'adulte, le soma peut être subdivisé extérieurement, et par rapport au clitellum, en trois zones : Anteclitellienne, clitellienne, Posteclitellienne (d'après Sims et Gerard, 1999).

4.1.1- La zone antérieure (anté-clitellienne) :

Elle possède une forte densité de cellules sensorielles et contient le cerveau. Sa morphologie est modifiée par le développement musculaire qui a un rôle mécanique important pour la pénétration des vers de terre dans le sol.

4.1.2- Le clitellum :

Il est sous forme d'un fer à cheval à annulaire chez quelques familles, il sécrète un cocon qui reçoit les œufs et les spermatozoïdes en période de reproduction.

4.1.3- La zone post-clitellienne :

Elle se présente comme une succession de segments similaires. Sa fonction est essentiellement mécanique et digestive, elle permet aux vers de terre de s'accrocher à l'orifice du terrier lorsqu'ils explorent la surface du sol.

4.3. Le pygidium :

Le pygidium (du grec pygê, fesse) Il ne comporte pas de cavité cœlomique, donc n'est pas considéré comme un métamère. Il entoure l'anus. (Razafindrakoto, 2012).

4.4. Soies :

Les soies constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des vers de terre. Elles sont de nature double, protéique, chitineuse et sont rigides. Les soies sont groupées en faisceaux dans chaque segment, excepté le prostomium, le peristomium et quelques segments postérieurs. Chaque soie est implantée dans la paroi du corps dans un sac et chaque segment contient les plus souvent quatre faisceaux : deux latéraux-dorsaux et deux latéraux-ventraux (Bachelier 1978).

Il existe deux types de disposition de soie : type lombricienne (Avoir 8 soies par segment souvent se répartissent en 4 paires) et périchaetienne (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 (Figure 3) (Bouché, 1972).

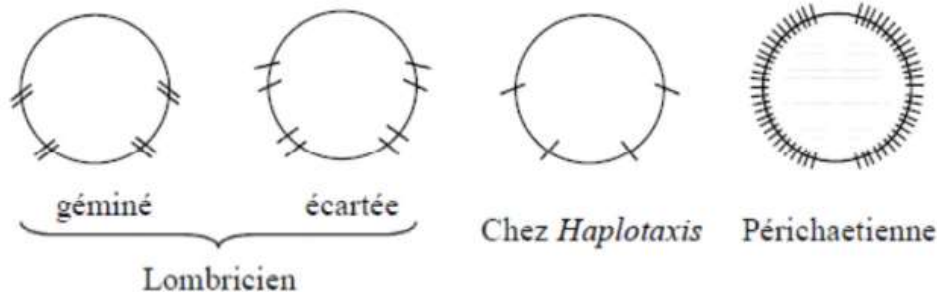


Figure 03 : Dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).

4.5. Anatomie interne :

L'anatomie interne du ver de terre intéresse les différents organes des systèmes reproducteurs, digestifs, sanguins et nerveux (Fig 04).

4.5.1. Système 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 oesophage plus ou moins long, de glande de Morren, d'un jabot et d'un

gésier Ces différentes spécialisations peuvent faire défaut. Cet ensemble est suivi d'un long intestin comportant le plus souvent un repli interne, dorsal, le typhlosolis (Bouché, 1972).

4.5.2. Le système respiratoire :

Cutanée, les vers de terre ne possèdent pas de poumons, le corps doit rester humide pour permettre la respiration, ainsi que des (coeurs) latéraux jouant le rôle de pompes (Bouché, 1972).

4.5.3. Le système nerveux :

Le système nerveux est ventral, il comprend :

- Une chaîne nerveuse formée de ganglions reliés entre eux par des filets nerveux.

En avant, un collier oesophagien entoure la partie antérieure du tube digestif. Au-dessus de ce dernier, le collier porte deux ganglions cérébroïdes.

4.5.4. Système circulatoire :

Le système circulatoire fermé est constitué de capillaires entourant le tube digestif, de 2 gros vaisseaux sanguins longitudinaux (le dorsal qui transporte le sang vers l'avant du corps, et le ventral), ainsi que des « coeurs » latéraux jouant le rôle de pompes (Edwards et Lofty, 1977 ; Laverack, 1963 et Tomlin, 1980).

4.5.5. Le système reproducteur :

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 males et sécrètent de petits cocons via le clitellum (Morin, 2004).

4.5.6. Le 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).

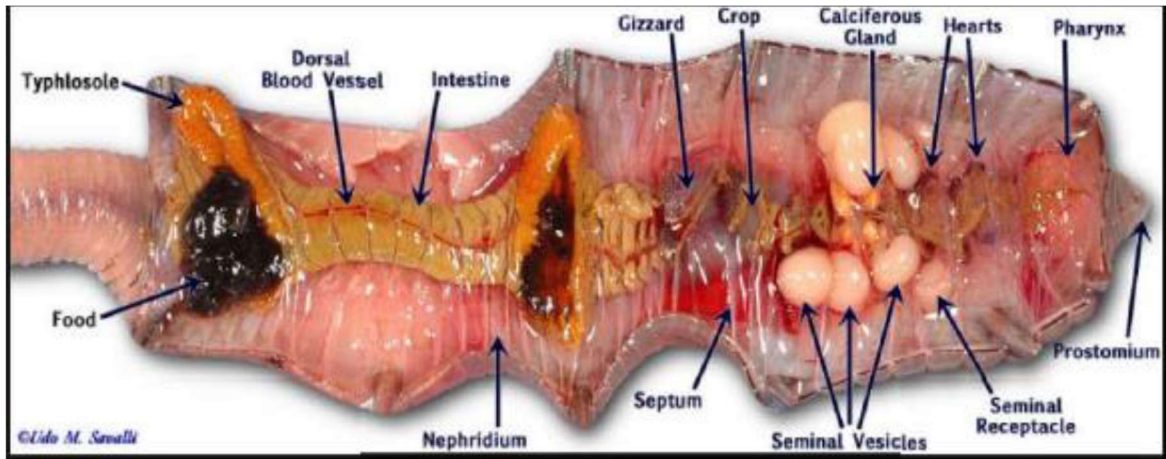


Figure 04 : Morphologie interne d'un vers de terre (Morin et Houseman ; 2002).

4.6. Biologie :

La biologie des lombrics est différée aux autres faunes du sol.

4.7. 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 ; 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. Les organes reproducteurs femelles sont sur les segments 13 et 14 qui portent l'orifice (Figure5).

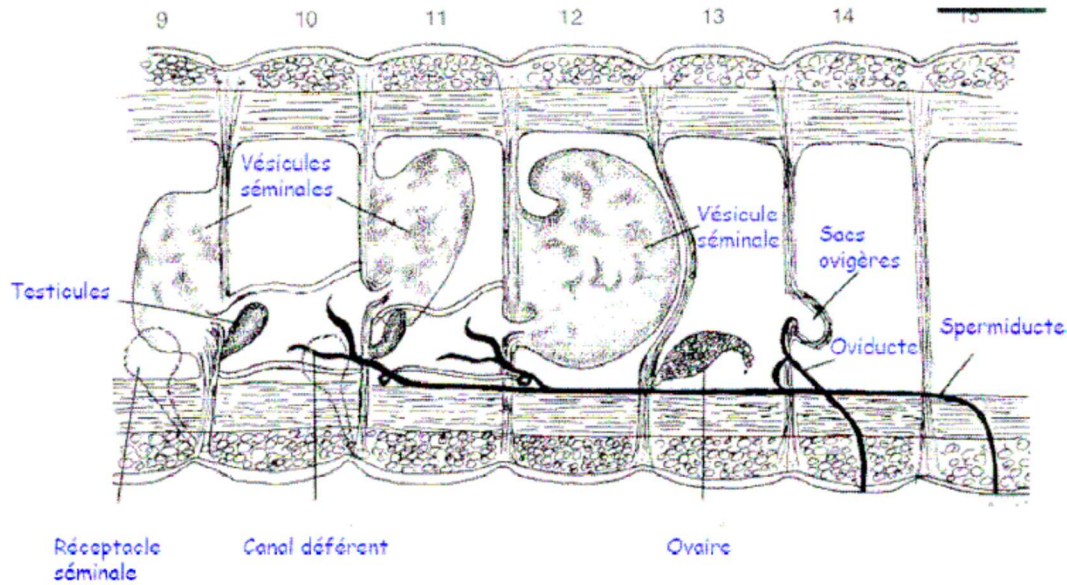


Figure 05 : Les organes reproducteurs (GAUER., 2007)

5. Cycle des activités :

Les vers de terre ne peuvent plus réguler leur température corporelle (HERGER, 2003). Chaque espèce peut vivre et activer à une gamme des températures bien précises (BACHELIER, 1978). Les lombrics travailleront efficacement à des températures allant de 15°C à 25°C (MORIN et *al.* 2004).

L'activité et la reproductivité arrivent au maximum au printemps et en automne (HERGER, 2003), exactement en mars - avril et en septembre - octobre (SCHMUTZ, 2013). Pendant les périodes sèches et chaudes les vers de terre ne peuvent plus résister la survie à la surface (HERGER, 2003). Ils se retirent dans les profondeurs du sol et s'enroulent sur eux-mêmes dans une cavité sphérique consolidée donc ils rentrent en estivation (BACHELIER, 1978 ; SCHMUTZ, 2013). Également en hiver, le gel sévère rend impossible la prise de nourriture et la vie dans la couche supérieure du sol (HERGER, 2003). Ils se retirent dans la partie non gelée de leurs galeries et s'installent (SCHMUTZ, 2013).

Ils réduisent leur surface corporelle, ce qui réduit l'évaporation de leur fluide. Dès que les conditions extérieures sont favorables à nouveau, les vers réveillent à une nouvelle activité (HERGER, 2003).

6. Nutrition :

Les vers de terre se nourrissent par les plantes mortes (PFIFFNER et *al.*, 2007 ; SCHMUTZ, 2013) Ils peuvent manger les feuilles et les résidus de culture, Les bactéries, les algues, les protozoaires et même les champignons mycélium (HERGER, 2003 ; PELOSI, 2008),

et même les nématodes et les rotifères (KÖNIG, 2007). Selon BACHELIER (1978), les vers peuvent ingérer même le sol avec les résidus de culture.

Les vers épigés se nourrissent de la litière bien fragmentée préalablement (résidus de feuilles et autres parties végétales mortes), Les endogés consomment la matière organique dispersée dans la partie minérale du sol. Les anéciques viennent se nourrir par les déchets végétaux en surface.

7. Les catégories écologiques ou groupes fonctionnels :

Les catégories écologiques ou groupes fonctionnels Les vers de terres sont réparties en 3 groupes, appelés catégories écologiques (Bouché, 1972). Ces catégories se distinguent par des morphologies, des cycles de vie et des comportements différents. Chacune d'elles remplit des fonctions particulières vis-à vis du sol. La classification des vers en catégories écologiques permet de faire un rapide diagnostic de l'état biologique des sols. La reconnaissance à l'espèce donne des informations plus détaillées mais est réservée aux experts car plus compliquée (figure 6).

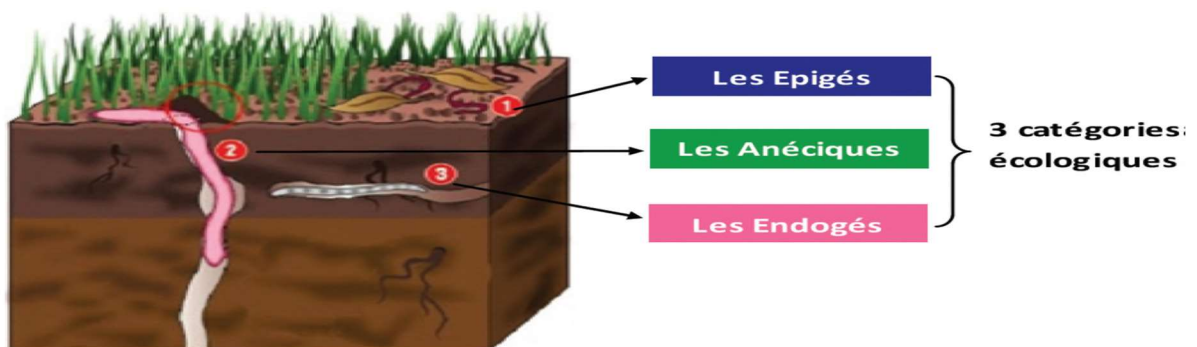


Figure 06 : localisation des trois catégories écologique de lombriciens (Source : OPVT—OSUR/Univ.Rennes)

7.1. Épigés :

Sont des vers pigmentés de petite taille (10 à 30 mm en général) et vivent généralement dans la litière de surface et se nourrissent des matières organiques en décomposition dans cette litière (Bouché, 1977 ; Lee, 1985).

7.2. Endogés :

Sont des vers peu ou pas pigmentés, de taille variable (1 à 20 cm), vivant généralement dans les premiers centimètres de sol où ils construisent des galeries temporaires horizontales en se nourrissant de sol minéral plus ou moins riche en matières organiques (Bouché, 1972).

7.3. Anéciques :

Sont de couleur brune, de taille moyenne à géante (10 à 110 cm). Ils creusent des galeries verticales profondes à subverticales plus ou moins ramifiées s'ouvrant en surface. Ils ont un mode de vie mixte, et se nourrissent de débris organiques prélevés en surface et qu'ils laissent pourrir dans le sol avant de les ingérer avec du sol (Bouche, 1977).

Tableau 2 : Les groupes écologiques de vers de terre (Bouche, 1977).

	Anéciques	Endogés	Épigés
Définition	Espèces qui creusent des galeries verticales et profondes	Espèces qui creusent des galeries horizontales et superficielles	Espèces qui habitent dans la litière de surface
Habitat	Toutes les couches du sol jusqu'à 3–4 m de profondeur (löss limoneux)	Couche arable (5–40 cm), sols minéraux humiques	Dans la litière de surface, surtout dans les prairies et la forêt
Grandeur	Le plus souvent grands, 15–45 cm de longueur	Petits ou jusqu'à 18 cm de longueur	Petits, le plus souvent 2–6 cm de longueur
Alimentation	Tirent de grands débris de plantes dans leurs galeries d'habitation	Débris de plantes mélangés à la terre de la couche arable	Petits morceaux de plantes restés à la surface du sol
Multiplication	Limitée	Limitée	Forte
Durée de vie	Longue : 4–8 ans	Moyenne : 3–5 ans	Courte : 1–2 ans
Couleur	Rouge-brun, tête plus foncée	Pâle	Globalement rouge-brunâtre
Exemples	Lombric, Ver à tête noire	Octolasion lacteum, Allolobophora caliginosa	Ver du compost, Ver rouge du marécage

II. Généralités sur les pesticides :

1. Historique des produits phytosanitaires

Les pesticides ont été reconnus depuis longtemps :

- Dès avant 2500 AVANT Jésus-Christ, les humains ont utilisé des pesticides pour protéger leurs récoltes.
- Le premier pesticide utilisé est par l'époussetage du soufre élémentaire utilisé dans la Sumeria environ 4500 ans.
- Par le 15^{ème} siècle, les produits chimiques toxiques comme l'arsenic, le mercure et le plomb ont été appliqués à des cultures pour tuer les parasites.
- Au 17^{ème} siècle, le sulfate de nicotine a été extrait de feuilles de tabac pour l'utilisation d'un insecticide.
- Le 19^{ème} siècle a vu l'introduction de deux autres pesticides naturels, pyrèthre, qui est dérivé de chrysanthèmes, la roténone et qui est dérivé de la racine des légumes tropicaux.
- En 1939, Paul Müller a découvert que le DDT est un insecticide très efficace. Il est rapidement devenu le plus largement utilisé des pesticides dans le monde.
- Dans les années 1940, les fabricants ont commencé à produire de grandes quantités de pesticides de synthèse et leur utilisation s'est généralisée.
- Certaines sources estiment les années 1940 et 1950 pour le début de l'ère des pesticides.
- L'usage des pesticides a augmenté de 50 fois depuis 1950 et 2,3 millions de tonnes (2,5 millions de tonnes impériales) de pesticides industriels sont maintenant utilisés chaque année.
- Soixante-cinq pour cent de tous les pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevée (AWATEF, 2011).

2. Définition d'un produit phytosanitaire (pesticide)

Le terme pesticide dérive du mot anglais « pest » qui désigne tout animal ou plante (virus, bactérie, champignon, ver, mollusque, insecte, rongeur, oiseau, et mammifère) susceptibles d'être nuisible pour l'homme et à son environnement et de « cide », du latin caedere signifiant frapper, abattre, tuer (LOUCHAHI, 2014).

Un pesticide est une substance, ou un mélange de substances, utilisé pour empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur, un vecteur de maladie humaine ou animale, une espèce végétale ou animale nocives ou gênantes au cours de la production, de la transformation, de l'entreposage, du transport ou de la commercialisation de denrées alimentaires, de produits agricoles, de bois et de dérivés du bois, ou d'aliments pour animaux, ou encore susceptible d'être administré à des animaux pour détruire les insectes, arachnides ou autres parasites à la surface de leur corps ou à l'intérieur de leur organisme (OMS, 1991).

C'est une substance active ou préparation destinée à :

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, pour autant que ces substances ou préparations ne soient pas autrement définies ciaprès,
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives,
- Assurer la conservation des végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières,
- Freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux, par une action chimique ou biologique (INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, 2015).

3. Classification des produits phytosanitaire

3.1. Classification selon la cible

Les pesticides peuvent être classés selon leur cible biologique (BAYILI, 2014).

- Les herbicides ;
- Les fongicides;
- Les insecticides ;
- Les corvicides;
- Les molluscicides;
- Les nématocides;

3.2. Classification selon la famille chimique

Ce classement se fait en fonction de la nature chimique de la substance active. La présence de certains groupements fonctionnels et /ou atomes confère aux pesticides certaines propriétés physico-chimiques (ionisabilité, hydrophobie, solubilité, persistance).

Toutefois, il est important de souligner que la connaissance de la famille chimique à laquelle un pesticide appartient ne suffit pas à elle seule à la définition de ses propriétés ni à la prédiction de son comportement dans l'environnement (BOULAND *et al.*, 2004).

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 constituant une structure de base (CLIVE et TOMLIN, 2006)

Les principaux groupes chimiques sont présentés dans le tableau 3

Tableau 3 : Principales familles chimiques des pesticides (EL BAKOURI, 2006).

	Insecticides	Herbicides	Fongicides
Minéraux	<ul style="list-style-type: none"> • Composés arsenicaux • Soufre • Composés fluorés • Dérivé de mercure • Dérivé de sélénium • Composé de base de silice ; quartz ; manganèse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sel de cuivre • A base de soufre • Composés arsenicaux • Huiles minérales 	<ul style="list-style-type: none"> • Sel de NH₄, de Ca, de Fe de Mg, K, Na • Sous forme de sulfates, de nitrates • Chlorures, Chlorates...

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Organique	<ul style="list-style-type: none"> • Organochlorés • Organophosphorés • Carbamates 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbamate et Dithiocarbamates • Dérivés des benzènes • Dérivés des quinones • Amides • Benz nitriles • Toluidines • Organophosphorés 	<ul style="list-style-type: none"> • Phytohormones • Dérivés de l'urée • Carbamates • Triazine et Diazines • Dérivés de pyrimidines • Dérivés des dicarboximides • Dérivés des thiadiazine et thiadiazoles
Divers	<ul style="list-style-type: none"> • Pyrethroïde de synthèse • Produits bactériens • Répulsif 	<ul style="list-style-type: none"> • Carboxines • Chloropicrine • Doguanides • Formol 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicamba • Pichiorame • paraquat

Les produits phytosanitaires sont classés selon leur composition chimique en trois grandes familles (BOULAND *et al.*, 2004).

- Les pesticides organiques sont :
 - Les organochlorés ;
 - Les organophosphorés ;
 - Les carbamates ;
 - Les triazines ;
 - Les urées substituées ;
 - Les pyréthénoïdes.

- Pesticides inorganiques

En général les pesticides inorganiques sont des éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leur utilisation entraîne souvent de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans les sols tel que : le plomb, l'arsenic et le mercure qui sont fort toxiques.

- Bio pesticides

Les bio pesticides sont des substances dérivées de plantes ou d'animaux.

Elles peuvent être constituées d'organismes tels que les :

- Les moisissures ;
- Les bactéries ;
- Les virus ;
- Les nématodes ;
- Les composés chimiques dérivés de plantes ;
- Les phéromones d'insectes.

3.3. Classification des pesticides selon les risques

Une nouvelle classification pour les produits phytosanitaires commercialisés est basée sur les risques de ces derniers (Tableau 4).

Tableau 4 : Produits commerciaux classer selon les risques (GASTINEL et KERLORCHG, 2010).

	Symptômes
Classes à danger pour la santé	Toxicité aiguë – Corrosion cutanée/irritation cutanée – Lésion oculaires graves/irritation oculaire – Sensibilisation respiratoire ou cutanée – Cancérogénicité – Toxicité pour la reproduction – Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique et répétée – Danger par aspiration
Classes à danger pour l'environnement	Danger pour le milieu aquatique – Danger pour le sol – Danger pour l'air – Dangereux pour la couche d'ozone

Tableau 4.1 : Produits commerciaux classer selon les risques (GASTINEL et KERLORCHG, 2010).
La suite de (Tab 4)

Classes à danger pour les caractéristiques physiques	Explosibles - Gaz inflammables, gaz comburants, gaz sous pression - Aérosols inflammables - Liquides pyrophoriques - Matières solides pyrophorique - Liquides inflammables ...
--	--

4. Intérêt de la protection des cultures

- Dans l'agriculture : les pesticides sont utilisés pour lutter contre les insectes, les parasites, les champignons et les herbes estimés nuisibles à la production et à la conservation des cultures et produits agricoles ainsi que pour le traitement des locaux.
- Dans l'industrie : en vue de la conservation de produit en cours de fabrication (textiles, papiers), vis-à-vis des moisissures dans les circuits de refroidissement, vis-à-vis des algues et pour la désinfection des locaux.
- Dans la construction : pour protéger le bois et les matériaux
- En médecine : paludisme, malaria, typhus, et autres épidémies (AYAD-MOKHTARI, 2012).

5. Mode d'action de chaque type

- Les herbicides représentent les pesticides les plus utilisés dans le monde, toutes cultures confondues. Ils sont destinés à éliminer les végétaux rentrant dans la concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance. Au cours des dernières années, les herbicides ont largement remplacé les méthodes mécaniques pour le contrôle des adventices. Leur utilisation a permis de réduire l'augmentation des coûts et de diminuer l'intensité des labours.

Suivant leur mode d'action, leur dose et leur période d'utilisation, ces composés peuvent être sélectifs ou non sélectifs en possédant différents modes d'actions sur les plantes, ils peuvent être :

Chapitre I : Synthèse bibliographique

- Perturbateurs de la photosynthèse ;
 - Inhibiteurs de la division cellulaire ;
 - Inhibiteurs de la synthèse des lipides ;
 - Inhibiteurs de la synthèse de cellulose ;
 - Inhibiteurs de la synthèse des acides aminés.
- Les fongicides : permettent quant à eux de combattre la prolifération des maladies des plantes provoquées par les champignons ou encor les bactéries. Ils peuvent agir différemment sur les plantes comme étant :
- Des fongicides affectant les processus respiratoires ;
 - Des inhibiteurs de la division cellulaire ;
 - Fongicides affectant la synthèse des acides aminés ou des protéines ;
 - Fongicides agissant sur le métabolisme des glucides.
- Les insecticides forment le groupe de pesticides qui représente le plus de risque pour l'homme .Ils sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction. Différents types existent :
- Insecticides agissant sur le système nerveux ;
 - Insecticides agissant sur respiration cellulaire ;
 - Insecticides de type régulateurs de croissance.

Outre, ces trois grandes familles de pesticides citées ci-dessus, il existe d'autres catégories telles que :

- Les acaricides, contre les acariens ;
- Les nématocides, contre les vers du groupe des nématodes ;
- Les rodenticides, contre les rongeurs ;
- Les molluscicides, contre les mollusques ;
- Les corvicides et corvifuges, contre les corbeaux et les autres oiseaux ravageurs des cultures (LOUCHAHI, 2015).

6. Conception d'un pesticide

Un pesticide est composé d'un ensemble de molécules comprenant :

- Une ou plusieurs matières actives à laquelle est du tout ou en partie l'effet toxique
- Un diluant qui est une matière solide ou liquide (solvant) incorporé à une préparation et destinée en matière active. Ce sont le plus souvent des huiles végétales dans le cas des liquides, de l'argile ou du talc dans le cas des solides.
- Des adjuvants qui sont des substances dépourvues d'activité biologique, mais susceptibles de modifier les qualités des pesticides et d'en faciliter l'utilisation (AYAD MOKHTARI, 2012).

7. Formulation d'un pesticide

Un code international de 2 lettres majuscules, placées à la suite du nom commercial indique le type de formulation (BOULAND et *al.*, 2004).

Les principaux types de formulation sont :

1. Les présentations solides

- Les poudres mouillables (WP)
- Les granulés à disperser (WG)
- Les microgranulés (MG)

2. Les présentations liquides

- Les concentrés solubles (SL)
- Les suspensions concentrées (SC)
- Les concentrées émulsionnables (EC)
- Les émulsions concentrées (EW)

8. Effets des produits phytosanitaires

L'impact des produits phytosanitaires est incontestable. Ils influent sur l'environnement par l'infiltration dans le sol, propagation dans l'air, comme ils polluent l'eau. Les produits phytosanitaires ne sont uniquement nocifs sur l'environnement, mais ils présentent aussi des risques sanitaires pour l'homme (MEHRI, 2008).

8.1. Effets sur la santé humaine

On s'expose à certains dangers chaque fois qu'on manipule un pesticide ou qu'on se trouve à proximité d'un lieu de pulvérisation.

L'importance des dangers dépend de deux facteurs : la toxicité du pesticide et le degré d'exposition au produit (RAMADE, 2005).

La toxicité d'un pesticide indique dans quelle mesure le produit est dangereux.

On distingue deux niveaux de toxicité :

8.1.a. Toxicité aiguë (à court terme)

Une seule exposition suffit généralement pour causer une intoxication. Les effets se produisent immédiatement ou peu de temps après l'exposition et varient selon le pesticide en cause, la dose reçue, la voie d'absorption et la sensibilité de la personne.

8.1.b. Toxicité chronique (à long terme)

L'intoxication résulte d'expositions répétées à de faibles doses de pesticide et sur une longue période. Les symptômes peuvent se manifester après plusieurs mois, voire plusieurs années d'exposition.

8.2 Effets sur les animaux

Les animaux peuvent être intoxiqués par les pesticides :

Soit directement : par contact direct, lors de la pulvérisation ou juste après,

Soit indirectement : en consommant de la végétation traitée, en mangeant une proie elle-même intoxiquée, ou en buvant de l'eau contaminée (INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES, 2015). Les effets négatifs des pesticides peuvent être :

Directs

- Mort subite, mort prématurée, atteinte à la fertilité, malformations, baisse des défenses immunitaires...etc.

Indirects

- Destruction d'insectes, de plantes à baies sauvages... réduisant le stock alimentaire de certaines espèces,
- Destruction de ronciers, de broussailles... réduisant les habitats dans certains secteurs.

Selon France nature environnement, « Ce sont surtout des espèces au sommet de la chaîne alimentaire (mammifères, oiseaux, etc.) qui témoignent de manière visible des problèmes posés par les pesticides. Mais les animaux les plus touchés sont les insectes (notamment butineurs comme les abeilles et papillons), ainsi que les animaux à sang froid (comme les reptiles et les amphibiens)

8.3 Effets sur la flore

A l'évidence, les herbicides sont les produits les plus nocifs pour les plantes noncultivées. Mais la microflore est aussi atteinte et dans certaines zones, on peut suspecter un lien de cause à effet entre l'utilisation des pesticides et, par exemple, la disparition de lichens.

Les pesticides auraient également une responsabilité dans le dépérissement forestier : pour Hartmut Frank, écotoxicologue de l'Université de Tübingen, les sols des parcelles les plus touchées présentent de fortes concentrations en trichloroacide acétique, jusqu'à 0,4 mg/m³ sur des zones où il n'a jamais été appliqué. (ANONYME, 2008).

8.4. Effets sur le sol

La cause la plus ubiquiste de la contamination des sols résulte d'une pollution diffuse due à l'usage systématique des pesticides en agriculture (RAMADE, 2005).

Au moment de la pulvérisation des pesticides plus de 90% des quantités utilisées de pesticides n'atteignent pas ravageurs visé. Bien au contraire, la part primitive de ce traitement aboutit dans les sols où elle subit plusieurs altérations. Dès lors, les sols constituent un compartiment clé dans l'environnement, car ils sont un lieu de passage quasi-obligé du contaminant agricole lors de son transfert et ils jouent un rôle important dans son devenir.

D'ailleurs, le devenir de ces produits phytosanitaires dans le sol est variable en fonction de leur nature et de leur composition chimique et le risque pour l'environnement sont d'autant plus

grands que ces produits sont toxiques utilisées sur des surfaces et à des doses/fréquences élevées et qu'ils sont persistants et mobiles dans les sols, ainsi, ils sont soit, dégradés par les microorganismes ; ou par hydrolyse, ou adsorbés par les sédiments ou bien absorbés par les racines des plantes (ANONYME, 2006).

8.5. Effet sur l'eau

Une des conséquences environnementales majeures de l'agriculture intensive actuelle est la dégradation de la qualité des eaux de surfaces et souterraine, les pesticides peuvent facilement pénétrer dans le sol et les sources d'eau (MEHRI, 2008).

Cela peut se faire suivant trois voies d'écoulement soit par ruissellement où la concentration est en générale maximale (lors de fortes pluies survenant peu de temps avant l'application), soit par le drainage artificiel des sols (avec des concentrations moyennes), soit par lixiviation (BATCH, 2011).

La présence des pesticides dans les eaux de rivières présente un impact direct sur la qualité des sources d'approvisionnement en eau potable, ce qui menace la qualité de ces eaux (GAGNEC, 2003).

9. Réglementation d'utilisation des produits phytosanitaires

Le contrôle des produits phytosanitaires s'est établi peu à peu en fonction de la politique de développement prônée par le pays et par la disponibilité des moyens.

En Algérie, ce contrôle a connu une évolution dans le temps. La promulgation de la loi n° 87-17 du 01.08.1987 relative à la protection phytosanitaire a permis d'édicter les mesures relatives à la fabrication, l'étiquetage, l'entreposage, la distribution, la commercialisation et l'utilisation des produits phytosanitaires à usage agricole. Au terme de la loi, aucun produit phytosanitaire ne peut être commercialisé, importé ou fabriqué s'il n'a pas fait l'objet d'une homologation.

L'homologation des produits phytosanitaires a été instituée en Algérie par les décrets exécutifs qui fixent les mesures applicables lors de l'importation et l'exportation des produits phytosanitaires à usage agricole (JORA, 2010).

9.1. La dégradation des pesticides

9.1.1. Dégradation chimique

Les dégradations chimiques sont essentiellement l'hydrolyse, l'oxydation, réduction, et la photo-décomposition sous l'effet de l'irradiation solaire (Van der werf, 1996). La dégradation

chimique est souvent partielle et conduit à la formation de produits de transformation qui peuvent être ultérieurement dégradés de façon biologique (Parochetti, 1978).

9.1.2. Biodégradation

C'est la décomposition des substances sous l'action des micros organismes comme les bactéries, les champignons ou les algues. Elle nécessite que la substance soit biodégradable c'est-à-dire que les microorganismes du sol possèdent l'appareil enzymatique nécessaire pour l'attaquer (Barriuso et *al*, 2000). Ces biodégradations conduisent à la formation de métabolites ou à une minéralisation totale de la molécule-mère. Il a été bien noté que la présence d'une matière organique dans le sol favorise la biodégradation en maintenant une population active de microorganismes, mais qu'elle peut être aussi responsable d'une accélération des processus d'adsorption (Barriuso et *al*, 2004).

1. Situation géographique :

La wilaya de Tébessa est composée de douze daïras (circonscriptions administratives), comprenant chacune plusieurs communes, pour un total de vingt-huit communes.

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.

Nous avons prélevé des échantillons de vers de terre dans les espaces verts de la faculté de biologie.

2. Présentation du site de collecte des vers de terre

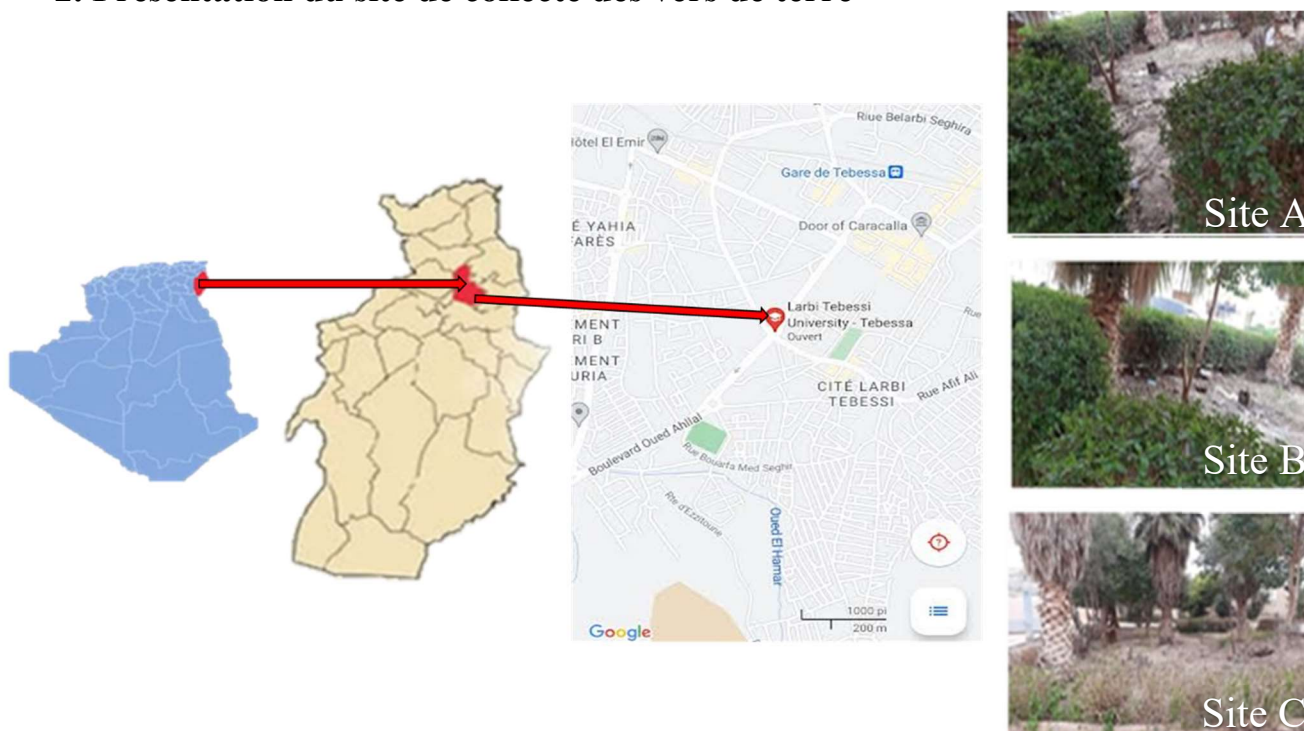


Figure 07 : Carte géographique de Tébessa, avec les différents sites de collection des vers de terre (la faculté).

3. Prélèvement des Échantillons :

La collecte s'est déroulée pendant la saison d'activité des vers de terre de janvier 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

4. Choix de l'espèce :

Notre choix s'est porté sur *Aporrectodea caliginosa* (Fig.8). 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.

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



Figure 08 : *Aporrectodea caliginosa* (photo personnelle 2022)

4.1. Systématique d'*Aporrectodea Caliginosa* :

Règne : Animalia

Embranchement : Annelida

Classe : Clitellata

Ordre : Crassicitellata

Famille : Lumbricidae

Genre : *Aporrectodea*

Espèce : *Aporrectodea Caliginosa* (Savigny, 1826).

5. Matériels utilisés

5.1. Au terrain :(fig 09)

- A) Une pioche
- B) une truelle
- C) Une porte mangée



Figure 09 : Le matériel utilisé sur le terrain (Photos personnelle, 2022). A) Une pioche, B) une truelle, C) Une porte mangée

5.2. Au laboratoire :(fig10)

- A) L'agitateur
- B) Le pH-mètre
- C) Balance
- D) L'homogénéiseur
- E) Centrifugeuse
- F) Spectrophotomètre

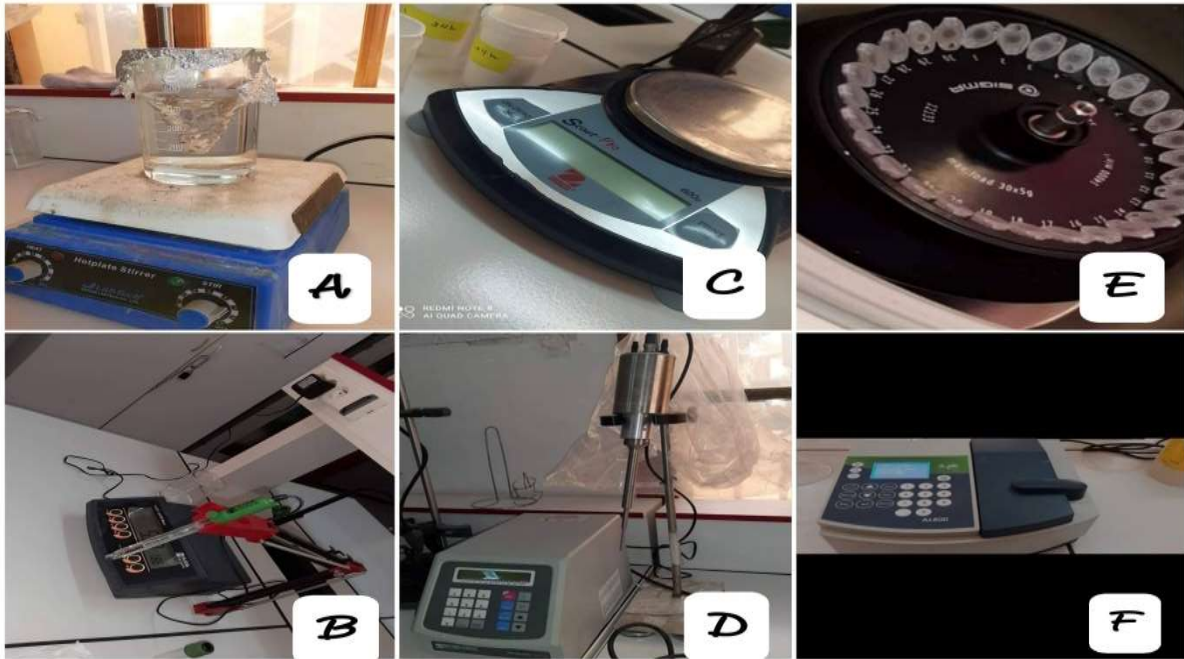


Figure 10 : Le matériel utilisé dans laboratoire (A) L'agitateur, B) Le pH-mètre, C) Balance, D) L'homogénéiseur, E) Centrifugeuse, F) Spectrophotomètre

6. 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 :
 - **Juveniles:** Sans clitellum ni tubercules pubères.
 - **Sub-adultes:** Avec seulement les tubercules pubères.
 - **Adultes:** Ayant un clitellum ainsi que des tubercules pubères

7. 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 24 heures (Fig.). L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des juvéniles.

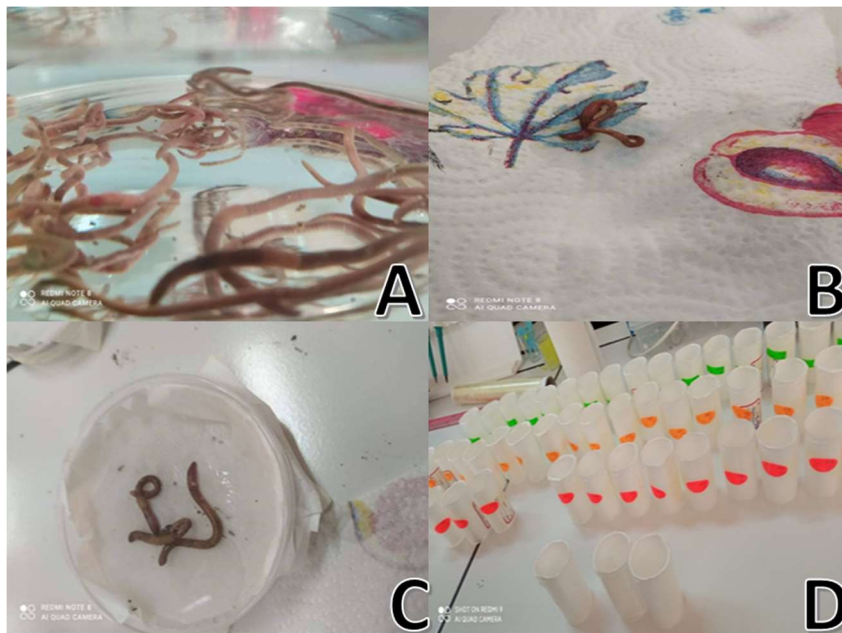


Figure 11 : Les étapes du test A/rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet ; B/Essuyage du vers de terre ; C/Mettre les vers de terre dans un boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs ; D/ mettre un vers dans une fiole cylindrique dont les bords intérieurs sont couverts avec du papier filtre imbibé d'insecticide Phoenix. (Photo personnelle 2022)

8. Le pesticide utilisé -le Phoenix 5E- :

Le Phoenix 5E ou La cyhalothrine est une substance active insecticide de la famille des Pyréthrinoïdes. C'est un dérivé fluoré de la pyréthrine (trifluorométhyl-pyréthrine) ; un Mélange disomères hautement actifs de la cyhalothrine. (Wikipidia).

La lambda-cyhalothrine (LCT) est un nouvel insecticide à base de pyréthrinoïdes 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).



Figure 12 : l'insecticide Phoenix 5EC (photo personnelle 2022)

9. 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 de TEBESSA).

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 (figure 13).

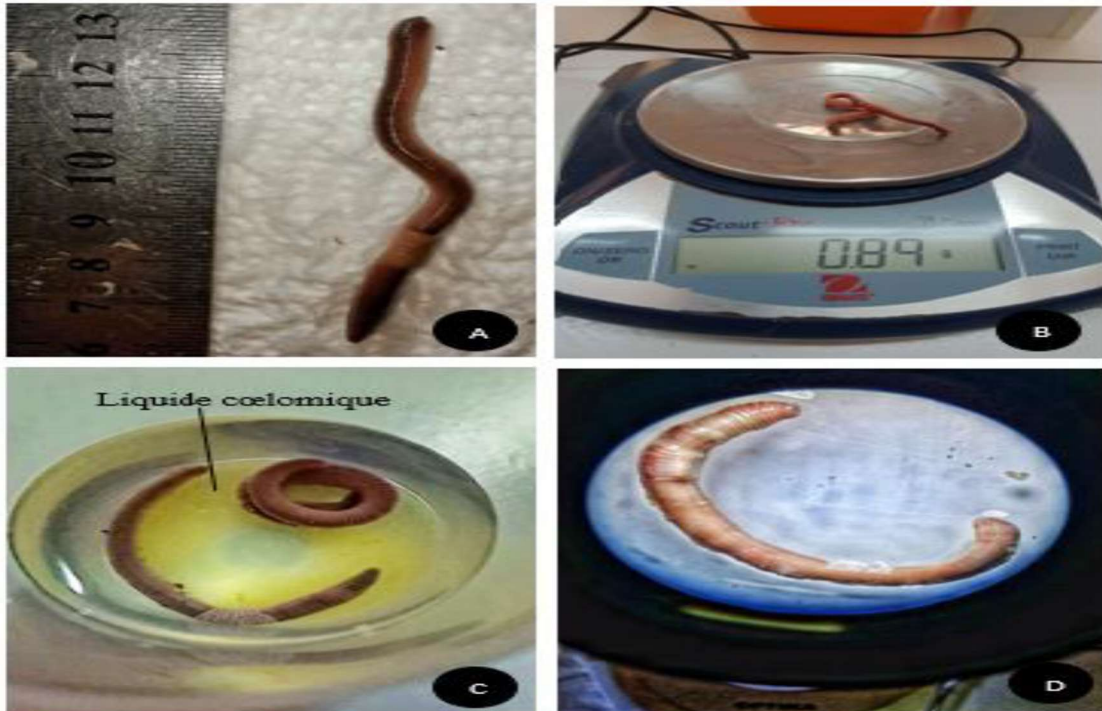


Figure 13 : Étapes d'identification des vers de terre au niveau de laboratoire A/pris des mesures du ver de terre ; B/pris de poids du ver de terre C/conserver le ver de terre dans l'Alcool 70% ; D/Observation du ver de terre sous la loupe binoculaire (photo personnelle).

10. Traitement :

Influence défavorable sur les autres vers du même récipient. Dans chaque essai, on utilise une comme morts quand ils ne répondent pas à un léger stimulus mécanique appliqué à leur Pour chaque dose, le minimum requis est de dix expériences identiques avec un ver par fiole.

D'humidifier le papier filtre. Chaque fiole est fermée par un couvercle ou par un film de 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 plastique, avec un petit trou pour la ventilation. A obtenir une série de concentrations connues (DL5/DL10). Un ml de solution est versé à la pipette dans extrémité antérieure. On doit noter tous les symptômes comportementaux ou pathologiques 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 cm de diamètre.

Les parois de ces fioles sont revêtues de papier filtre coupé à une dimension les fioles sont posées sur le côté sur des plateaux. La température d'essai est de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Il est recommandé d'utiliser des fioles de verre à fond plat d'environ 8 cm de hauteur et 1 ml d'eau dés ionisée.

Après séchage il faut ajouter 1/2ml d'eau dés ionisée à chaque fiole afin essais sont réalisés dans le noir (21 répétitions pendant 24 heures et 7 répétions pendant une période de 48 heures). On considère les vers telle qu'il n'y ait guère de chevauchement. La substance d'essai est dissoute dans l'eau de façon contenue de leur intestin. Les vers sont lavés et séchés avant l'expérience. Au cours de l'essai, On ne doit pas utiliser plus d'un ver par fiole parce que la mort de l'un deux peut exercer une (SUR, E. D. T., & SANS, D. U. S. (2014)

11. Dosage enzymatique :

11.1. 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). Qui consiste à faire agir les GSTs contenus dans l'échantillon sur un mélange de GSH + CDNB à une température ambiante. Le protocole utilisé pour le dosage de l'activité spécifique de la GST est le suivant : Une fraction aliquote de 0,2 ml est ajoutée à 1,2 ml du mélange CDNB (1 mM) – GSH (mM) ; (4,052 mg CDNB ; 30,73 mg GSH ; 0,8 ml d'éthanol ; 20 ml tampon phosphate 0,1 M pH 7). La lecture se fait contre un blanc préparé dans les mêmes conditions avec 0,2 ml d'eau distillée remplaçant le surnageant. La variation de la densité optique due à l'apparition du complexe CDNB-GSH est mesurée toutes les minutes pendant 5 minutes à 340 nm dans un spectrophotomètre. L'activité spécifique de la GST est déterminée par la formule :

$$x = \frac{\Delta Do / m}{9,6} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

X : micromole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines).

ΔDo : 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].

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

Mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

11.2. Dosage des Protéines totales :

La méthode réalisée pour quantifier les protéines est celle de Bradford (1976) ; qui consiste à additionner à une fraction aliquote de 100 μ l du avec le bleu brillant de coomassie (BBC) (G 250, Merck). La lecture des absorbances est mesurée à une longueur d'onde de 595 nm d'onde par spectrophotomètre (JENWAY 3600) en utilisant l'Albumine Sérum bovine (BSA) comme standard.

La solution de BBC se prépare comme suit : dissoudre 50 mg de BBC dans 25 ml d'éthanol. Après une agitation de 2 heures, on ajoute 50 ml d'acide ortho phosphorique et on complète à 500 ml avec de l'eau distillée et d'albumine de sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme standard.

1- Identification

Dans les jardins de la faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, on a récolté les deux espèces : *Aporrectodea caliginosa* et *Aporrectodea rosea*. Chaque espèce a ses propres caractéristiques où l'espèce *A. rosea* a la plus petite taille avec une couleur rougeâtre. Les caractéristiques morphologiques des espèces de vers de terre récoltées sont représentées dans le tableau 05.

Tableau 05 : Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.

Caractéristique \ Espèce	<i>A. caliginosa</i>	<i>A. rosea</i>
Le poids (g)	0,33 ; 1,56	0,23
Longueur (cm)	11	4,5
Diamètre (mm)	3-4	3
Nombre de segments	130 ; 143	162
Couleur	Marron avec un gradient (D/V)	Rougeâtre
Forme	Cylindrique queue plate ou trapézoïdale	Cylindrique avec Aplatissement Clitellienne
Prostomium	Epilobique	Epilobique
Clitellum	Entre le 27 ^{ème} et 34 ^{ème} segment	Entre le 25 ^{ème} et 33 ^{ème} segment
Tuberculapubertatis	Entre le 31 ^{ème} et le 33 ^{ème} segment	Entre le 29 ^{ème} et le 31 ^{ème} segment
Setae	P.L et V : Géminées	P.L:Géminées. P.V : Ecartées

1-1- *A. Caliginosa*

Cette espèce est caractérisée par la couleur marron 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.

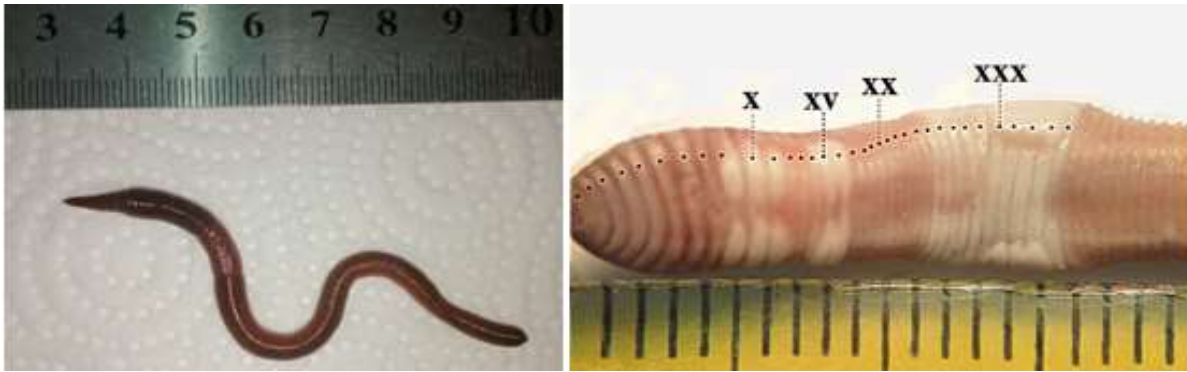


Figure 14 : Morphologie général d'*A. caliginosa*, (photos personnelles).

1-2- *A. rosea*

Cette espèce a une couleur rougeâtre, un clitellum compris entre le 25^{ème} et 33^{ème} segment et des tubercules pubères entre le 29^{ème} et le 31^{ème} segment (Fig.13)



Figure 15 : Morphologie générale d'*A. rosea*(photos personnelles).

2- Effets de l'insecticide Phoenix 5E sur les biomarqueurs

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

2-1- Effet de Phoenix 5E 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 (Tab. 06 ; Fig.15).

Tableau06 : Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage (m±s).

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

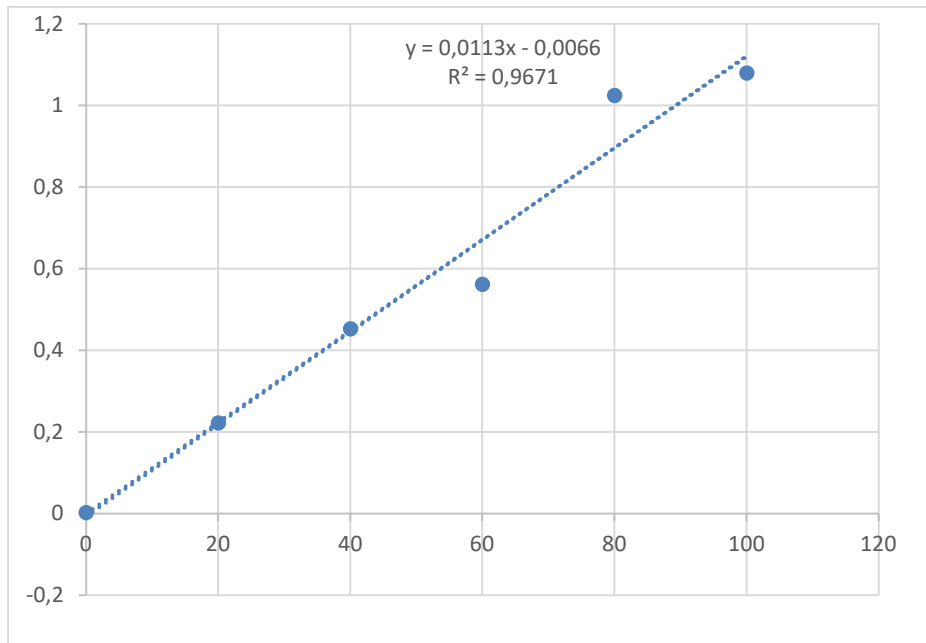


Figure 16 : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg) (R^2 : coefficient de détermination).

2-1-1- Après 24 heures :

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

La figure (18) représente les effets du PHOENIX 5E à 2 différentes concentrations CL5 et CL10 sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre.

On constate que la quantité de protéines chez les séries traitées ne présente pas de différence significative ($p=0.559$) entre CL5 et CL10 par rapport aux séries témoin.

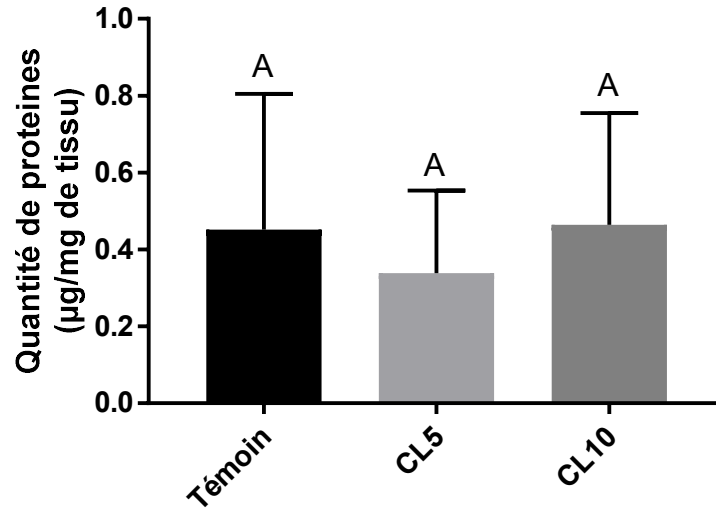


Figure 17 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX 5E sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition ($m \pm s$; 21 vers , Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$), test de Tukey.

2-1-2 Après 48 heures :

On constate que le taux de protéines totale ne présente pas de différence significative ($p=0.737$) entre les séries traitées aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) par rapport aux séries témoin après 48 heures de traitement.

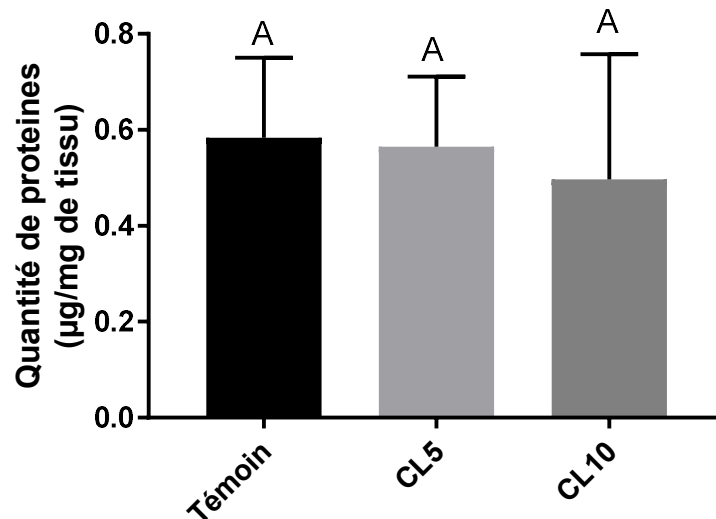


Figure 18 : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX 5E sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition ($m \pm s$; 7 vers , Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $p < 0,05$) ; test de Tukey.

2-2 Effet du Phoenix 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) :

2-2-1 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 5E sur l'activité de GST au niveau de la partie postéro médiane des vers de terre traités et témoins est exprimé dans la figure 17.

L'activité de GST chez les séries traitées ne présente pas de différence significative après 24h d'exposition ($p=0.094$) par rapport aux témoins.

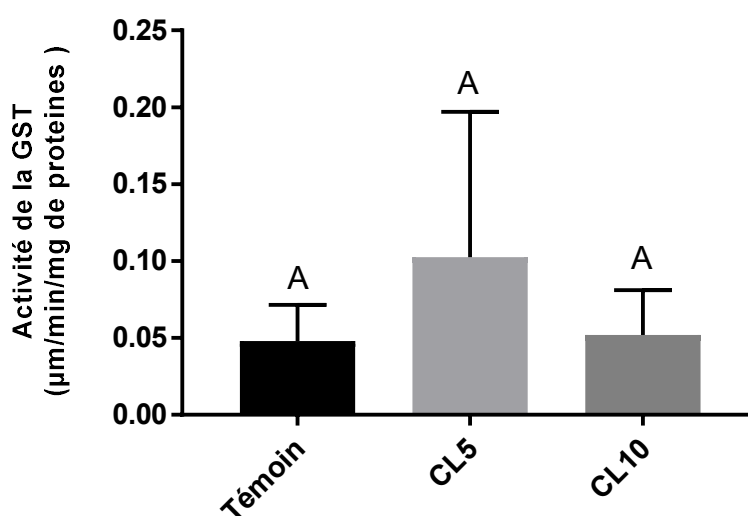


Figure 19 : Effet de concentrations de PHOENIX 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postéro médiane des juvéniles des vers *A. Caliginosa*. Après 24 heures d'interaction ($m \pm s$, 21 vers, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $P < 0,05$). Test de Tukey.

2-2-2 Après 48 heures d'exposition :

Selon la figure 20, L'activité de la GST ne présente pas de différence significative ($p=0.995$) entre les séries traitées par les concentrations sub-létales par rapport aux séries témoins.

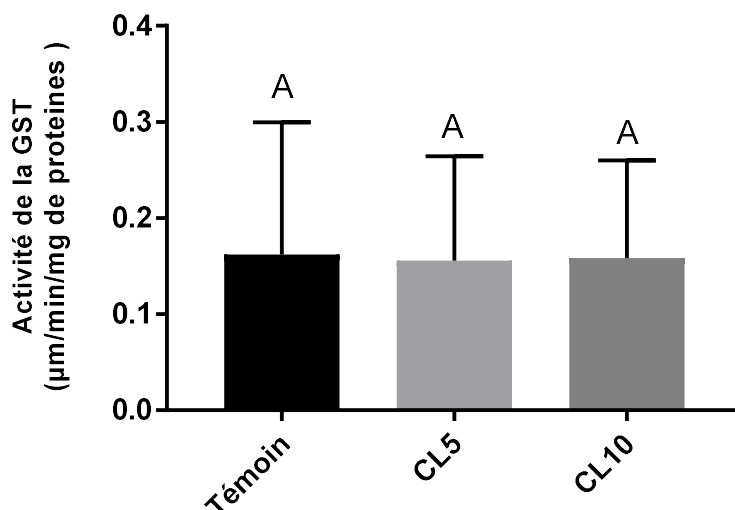


Figure 20 : Effet des concentrations sub-létales de PHOENIX 5E sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) au niveau des parties postéro médiane des vers juvéniles après 48 heures d'exposition ($m \pm s$; 7 vers, Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, $P < 0,05$), test de Tukey.

3. Effet du temps d'exposition

3.1. Sur l'activité enzymatique de la GST :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p=0.099$) 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 ($p=0.287$) sur l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL5. Par contre le temps d'exposition au pesticide a un effet significatif ($p=0.010$) sur l'activité de la GST chez les séries traitées par la CL10 (TAB 07 ; fig. 19).

Tableau 07 : activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro médiane des juvéniles d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ($m \pm s$; 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	0,050±0,023 a	0,102±0,094 a	0,052±0,029 a
48	0,132±0,130 a	0,156±0,108 a	0,158±0,101 b

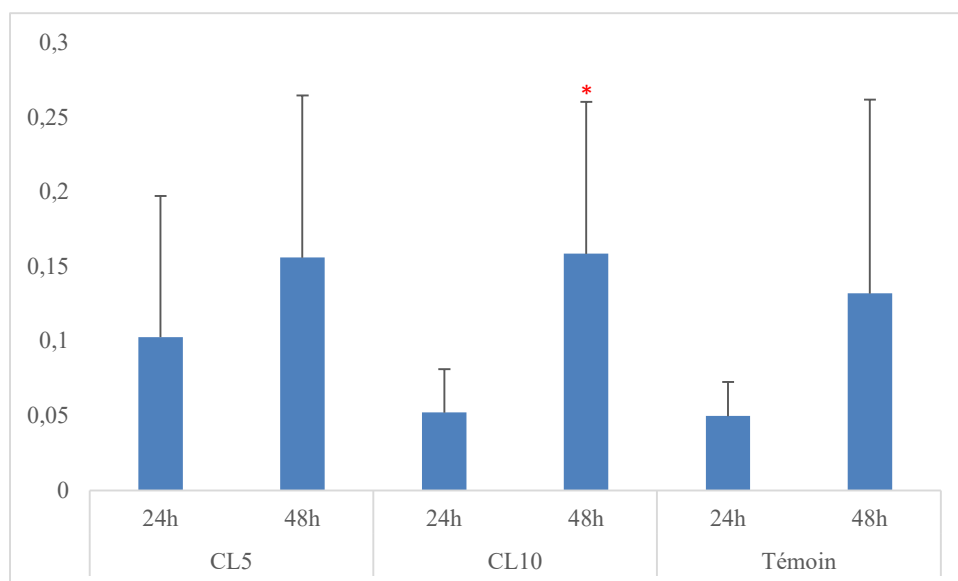


Figure 21 : activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro médiane des juvéniles d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ($m \pm s$; 21 individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent un effet significatif du temps d'exposition).

3.2. Sur la quantité des protéines totales :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative ($p=0.409$) entre la quantité de protéines des séries témoin après 24 et 48 heures. Par contre, le temps d'exposition à l'insecticide a un effet significatif ($p=0.026$) sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL5. Cependant, le temps d'exposition au pesticide n'a pas d'effet significatif ($p=0.838$) sur quantité de protéines chez les séries traitées par la CL10 (TAB 08 ; fig.20).

Tableau 08 : la quantité de protéines ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ($m \pm s$; $n= 3$ répétitions comportant chacune 20 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	0.452 \pm 0.353 a	0,339 \pm 0,214 a	0,464 \pm 0,290 a
48	0,584 \pm 0,166 a	0,565 \pm 0,146b	0,497 \pm 0,260a

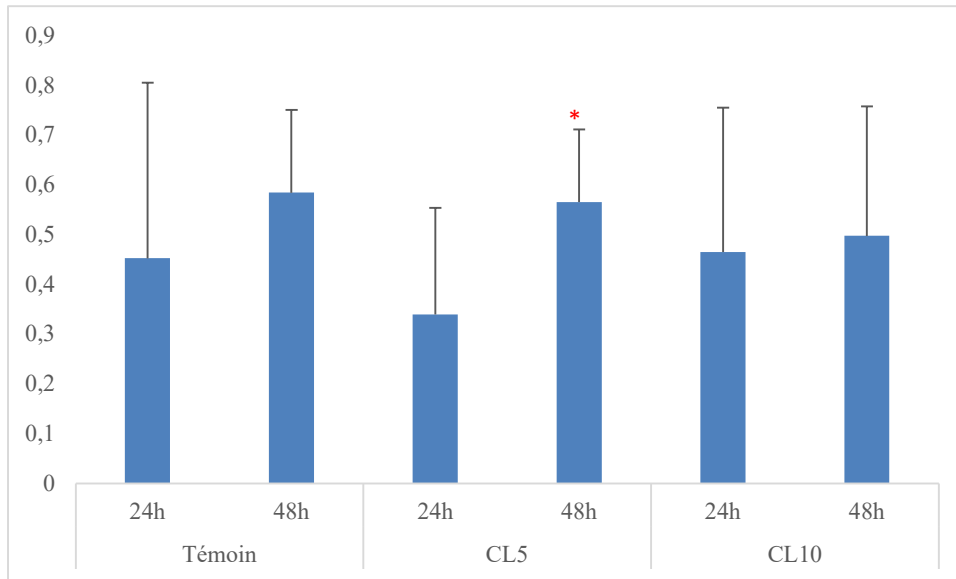


Figure 22 : la quantité de protéines totales ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ($m \pm s$; 21 individus après 24 heures et 7 individus après 48 heures. Les astérisques indiquent un effet significatif du temps d'exposition).

Tableau 09 : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

4. Analyse statistique :

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, test de Student.

Des quantités importantes de pesticides sont rejetées dans l'environnement, induisant ainsi une contamination chronique d'un nombre croissant d'écosystèmes (Sarkaret *et al.*, 2006). Cette contamination altère les organismes vivants à tous les niveaux d'organisation. De ce fait, l'utilisation d'organismes bio indicateurs pour la bio surveillance éco toxicologique s'impose grâce à des bio marqueurs qui rendent compte des niveaux de pollution auxquels sont soumis ces organismes.

C'est ainsi que l'on s'est intéressé aux vers de terre ou lombriciens. Ces animaux constituent aujourd'hui une armée de nettoyeurs aux services des autorités locales, des particuliers et des industriels. 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). Lors de l'exposition aux polluants, les vers de terre sont capables de diminuer les effets toxiques du produit chimique en réglant leurs réponses biochimiques internes avant que la croissance ne soit affectée (Gao *et al.*, 2007), d'où notre intérêt pour le métabolisme biochimique dans l'évaluation de la toxicité des produits chimiques.

Dans notre étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet d'un insecticide (phœnix) sur un modèle biologique à savoir, les juvéniles du ver de terre *A. caliginosa*, et ce en utilisant une des bio marqueurs biochimiques et enzymatiques.

La présence du xénobiotiques à des concentrations toxiques, va induire l'activation des systèmes de protection cellulaires qui auront pour tâche le piégeage et /ou l'élimination des métabolites toxiques. Les enzymes du stress oxydatif interviennent par des réactions en chaîne afin d'empêcher les lésions cellulaires résultantes de l'attaque des radicaux libres et des hydro peroxydes (Benbouzid, 2012).

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).

Au cours de cette étude, nous avons tenu compte de regrouper plusieurs 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).

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 espèce signalée 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).

1.1. *A.caliginosa* (Savigny, 1826) ou *Nictodrilus caliginosus* (Bouché, 1972)

Elle a été trouvée dans les trois sites 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 paléartique. (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 de ElMerdja (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.

1.2. *A.rosea* (Savigny 1826)

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.

2. L'effet de l'insecticide phœnix 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 utilisé comme un bio marqueur de stress (Fitzpatrick *et al.*, 1997 ; Shailaja&D'Silva, 2003 ; Cunha *et al.*, 2007).

Chapitre IV : DISCUSSION

L'analyse des résultats de l'activité de GST mesurée au niveau des parties postéro médianes des juvéniles des vers *A. caliginosa* traitée avec Phoenix 5E a montré qu'il n'y pas d'effet significatif entre les séries exposées aux concentrations CL5 et C110 par rapport au témoin.

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).

Notre résultat est en accord avec Booth et O'Halloran (2001) qui ont constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* exposé au diazinon et au chlorpyrifos. Similairement, HABAB et JOUINI (2021) ont trouvé que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* traité par glyphon. Ainsi, MENACEUR et ARAR (2021) ont montré qu'il n'y pas d'effet significatif sur l'activité de GST après 48 heures des vers *A. caliginosa* exposés à l'insecticide Décis.

Par contre, d'autres études ont révélé une induction de la GST chez les vers de terre tels que *A. Caliginosa nocturna* suite à une exposition à une mixture d'insecticide et de fongicides (Schreck *et al.*, 2008). D'ailleurs, une inhibition de cette dernière a été observée chez *E. Andrei* et *L. rubellus* contaminée par deltaméthrine et pirimiphos-méthyl (Velki et Hackenberger, 2013). 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 téléostéens *Anabas testudineus* (Bloch) et *Heteropneustes fossilis* (Bloch) exposés au glyphosate (Samanta *et al.*, 2014) ; (GOUDRIA et GUEBELI, 2016) montrent qu'il y'a une augmentation de l'activité de la GST chez les séries traitées avec la dose sub-létale de Sekator au 1er, 2eme, 4eme et 7eme jours et ensuite une diminution significative est enregistrée au 14^{ème} jour. D'ailleurs, une inhibition de cette dernière a été observée chez *E. Andrei* et *L. rubellus* contaminée par deltaméthrine et pirimiphos-méthyl (Velki *et Hackenberger.*, 2013). D'autres études ont montré de même une inhibition de la réponse des GST chez *E. fetida* exposé à imidaclopride et thiaclopride (Zhang *et al.*, 2017) ; (Feng *et al.*, 2015). Cependant (Leida *et al.*, 2017) ont constaté que l'activité de la GST montre également une augmentation significative pendant l'exposition aiguë et chronique d'*Eisenia spau* Glyhosan SL. Aussi une réduction importante des activités GST a été remarquée chez *E. anderi* traitée à l'imazalil (Pereira *et al.*, 2019). 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. La diminution des activités de la GST peut être due à l'intervention dans la biosynthèse des lipides, puisque l'apparition d'enzyme a été trouvée dans les corps gras des invertébrés (Zhang *et al.*, 2015).

Notre résultat met en évidence l'effet de notre insecticide sur la GST par rapport au temps, il y a un effet significatif de l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL10 par rapport au témoin, par contre chez les séries traitées par la CL5 restent inchangées.

Notre résultat est similaire au (Coria et Moreira 2010) chez les vers de terre *Eisenia fetida* traités par le glyphosate. Nous sommes similaires aussi avec (Amel DJEDDAI ; 2016) chez *apporectoda calliginosa* 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 4^{ème} jour.

3. Effet sur la quantité totale de protéines :

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 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).

La teneur en protéines solubles est un test souvent utilisé pour mettre en évidence un stress chez un bio indicateur. La structure des protéines ainsi que leur fonction peut être altérée par les espèces réactives oxygénées produites soit par le métabolisme cellulaire ou par des oxydants exogènes (Djekoun, 2012).

Nos résultats montrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'exposition des séries traitées par les concentrations CL5 et CL10. Contrairement, Bouazdia(2019) a constaté que le teneur de protéines de séries traitées par l'herbicide Sekator OD a diminué après 4 et 14 jours d'exposition. Cependant 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. 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.

En effet, nous sommes intéressés encore à l'effet de notre insecticide Phoenix 5E à la quantité de protéine en fonction de temps. Ainsi, nos résultats indiquent que la quantité de protéines reste inchangée chez les séries traitées par la CL10. Au contraire, il y a un effet significatif du temps sur l'activité des protéines chez les séries exposées à la CL5.

Chapitre IV : DISCUSSION

Notre résultat similaire au 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. Au contraire de 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. Aussi, 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

Conclusion :

Les vers de terre sont des organismes dont le rôle est primordial, non seulement dans l'environnement en général, mais également dans l'agriculture. Plusieurs espèces de vers de terre sont devenues des organismes modèles pour la recherche en écologie, toxicologie, physiologie ou encore la biologie reproductrice.

Ce travail vise à mettre l'accent sur les effets de l'utilisation des pesticides en agriculture sur un bio indicateur de la pollution des sols. Le choix est porté sur le lombric comme un modèle biologique connu.

Très peu de travaux se sont penchés sur le devenir des pesticides et leurs effets sur les vers de terres dans notre région (Tébessa). Dans cette étude, nous nous sommes proposés d'évaluer la toxicité potentielle de l'insecticide Phoenix 5E sur les juvéniles des vers *Aporrectodea caliginosa*.

Le premier objectif était de déterminer les espèces de vers de terre existant dans le site d'étude, en focalisant notre étude sur la période pluvieuse. Deux espèces sont identifiées parmi les individus collectés, appartenant à la famille Lumbricidae, comprenant *Aporrectodea caliginosa* et *Aporrectodea rosea*.

Le second objectif était l'étude de l'impact de l'insecticide Phoenix, qui est utilisés par les agriculteurs en Algérie chez l'espèce de vers de terre dominante dans la région de Tébessa *A. caliginosa*. Cette étude nous a permis d'évaluer l'effet de l'insecticide sur l'activité spécifique du bio-marqueur la Glutathion S-Transférase (GST) et les protéines totales.

Nos résultats montrent que l'activité des bio-marqueurs reste inchangée durant la période d'exposition aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10). Ces enzymes jouent un rôle essentiel dans le processus de métabolisation/détoxication et leur induction témoigne de l'ampleur de la toxicité de l'insecticide étudié. Par contre, on a constaté qu'il y a une différence significative de l'activité GST entre les séries traitées Par CL10 après 24 heures et 48 heures. Similairement, la CL5 provoque une augmentation de la quantité de protéines au cours du temps.

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

- Réévaluer ce pesticide lors d'expérimentation de terrain pour avoir une idée plus approfondie sur leur impact dans le milieu naturel.

CONCLUSION

- Évaluer expérimentalement l'impact des xénobiotiques chez les lombriciens à différents niveaux d'organisation biologique (moléculaire, subcellulaire, cellulaire et tissulaire).
- Effectuer une étude approfondie sur les mécanismes de défense anti- radicalaire par le dosage d'autres marqueurs du stress oxydatif (GPX, LDH, SOD).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

AWATEF, B. (2011). Etude sur les pesticides, Master 2 en éco toxicologie appliqué, Université de Tbessa, Algérie, p 03.

AYAD, M. (2012). Identification et dosage des Pesticides dans l'Agriculture et les problèmes d'Environnement liés (en ligne). Diplôme de MAGISTER, faculté de Chimie Organique, université d'Oran, ALGERIE, p 13.

ANONYME. (2004). Les bonnes pratiques phytosanitaires.

ANONYME. (2006). Les enjeux des pesticides.

ANONYME. (2008). Pesticides, danger ! Effets sur la santé et l'environnement les alternatives, p 16.

B

Baker, G; Barrett, V. (1994). earthworm identifier, CSIRO Ausrtalia, p 91.

Baha, M. (1997). The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. Trop. Zool.10 p 247-254.

Bachelier. G. (1978). La faune des sols, son écologie et son action. IDT N°38. ORSTOM, Paris, p 391.

BATCH, D. (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy, p 165.

BOUAZDIA, K. (2019). Exploration des Oligochètes dans une zone semi-aride et évaluation de l'impact de xénobiotiques sur des espèces non visées : les lombriciens (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

Bouché, M.B., (1972). Lombriciens de France : Ecologie et Systématique. INRA Ann. Zool. Ecol. Anim. Publication, France,p 671.

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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bolton, R.M; Ahokas, J.T. (1997).** Ontogenic expression of detoxication enzymes in an Australian marsupial, the brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*). *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.*, 118(1): p 239-40.
- 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, p 1757–63.
- Bundy, J.G; Keun, H.C; Sidhu, J.K; Spurgeon, D.J; Svendsen, C; Kille, P; Morgan, A.J. (2007).** Metabolic profile biomarkers of metal contamination in a sentinel terrestrial species are applicable across multiple sites. *Environmental Science & Technology*, 41, p 4458–4464.
- Benbouzid, H; Berrebah, H; Berredjem, M; Djebbar, M.R. (2012).** Toxic effects of phosphoramidate on *Paramecium* sp. With special emphasis on respiratory metabolism, growth, and generation time. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 94(3), p 557-565.
- Bazri, K ; Ouahrani, G ; Gheribi, Z ; Diaz, C. (2013).** La diversité des lombriciens dans l'Est algérien depuis la côte jusqu'au désert. *Ecologia mediterranea – Vol. 39 (2) – 2013.*
- Bazri, K. (2015).** Étude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est algérien Thèse de Doc. Etat. Université. Université Constantine1 p 169.
- Boukria, A. (2012).** DEM écologie des peuplements Lombriciens dans la zone aride de l'est Algérien- Biskra- mémoire de Magister- Université de Biskra -.
- Blanchette, B.N ; Singh, B.R. (1999).** Induction of Glutathione-s-Transferase in the Northern Quahog *Mercenaria mercenaria* After Exposure the Polychlorinated Biphenyl (PCB) Mixture aroclor 1248. *J. Prot. Chem.*, (21)8: p 489-494.
- Borgeraas, J; Nilsen, K; Stenersen, J. (1996).** Methods for purification of glutathione transferase in the earthworm Genus *Eisenia*, and their characterization. *Comp Biochem. Physiol. C. Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.*, 114 (2): p 129-40.
- Booth, L. H; O'Halloran, K. (2001).** A comparison biomarker response in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to the organophosphorus insecticides diazinon and chlorpyrifos. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20, 2494-2502.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAILLY, C; EL MAAROUF, H; CORBINEAU, F. (2007). Rôle de la Signalisation par les espèces Réactives de l'Oxygène dans la Germination et la levée de Dormance des semences. Article Scientifique, Journal de la société biologie 202 (3) : p 241 – 248.

BOULAND, J ; KOOMEN, I ; VAN LIDTH DE JEUDE, J. (2004). Les pesticides compositions, utilisation et risque. Série Agrodok No .29, Ed Fondation Agromisa, wageningen.

Barriuso, E. (2004). Estimation des risques environnementaux des pesticides. Éditions INI 12-34pp.

C

Cunha, I; Mangas, R. E; Guilhermino, L. (2007). Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathioneS-transferase activities of two marine gastropods (*Monodonta lineata* and *Nucella lapillus*). *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 145: p 648–657.

Cox, R ; Rakotondra, z ; A.M ; Rakotondra, m. (2004). Geological versus human controls on lavaka formation and extreme erosion in Madagascar. *Geological Society of America*, 36, p 364-377.

CLIVE ET TOMLIN, S. (2006). The pesticides manual: a world compendium. BCPC, 14ème éd, p 1457.

CHIALI F, Z. (2013). Effets métaboliques d'un régime à base de purée de pomme de terre contaminée par les pesticides chez le rat wistar. Thèse doctorat Physiologie et Biochimie de la Nutrition. Tlemcen. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. P 205.

D

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. p 192.

Decaëns, T. (2010). Macro ecological patterns in soil communities. *Global écol. Biogeogr.* 19, 3 : p 287-302.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DAJOZ, R. (1985). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, p 505.

Deprince, A. (2003). La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. Le courrier de l'environnement de l'INRA, Paris, 49, p 123-138.

Darwin, C. (1890). On the Origin of Species, New York: P. F. Collier, p 552.

Ɛ

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

EL BAKOURI, H. (2006). Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par utilisation des Substances Organiques Naturelles (S.N.O). Thèse de doctorat. Université Mohammed V-Agdal, Rabat, p 108.

Edwards, C. A; amp, L; J. R. (1977). The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. *Ecol. Bull.*, 25, p 348-356.

El-Okki, M ; EL Sahli, L ; Rached, O. (2013). Conference: 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting, Palmeira de Faro (Portugal), 22th to 25th April.

Ƒ

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

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: p 51-56.

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

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

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

G

GAGNE, C. (2003). L'utilisation des pesticides en milieu agricole. Mémoire présenté à la commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire Québécois,p 16.

Grara, N ; Berrebbah, H ; Rouabhi, R ; Atilia, A ; Djebbar, M.R. (2009). Impact of pollution by industrial metallic dust on bio-accumulator organism *Helix aspersa*. *Global Veterinaria*, 3, p 276-280.

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

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

Gates, GE. (1972). Burmese earthworms. An introduction to the systematic and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. transaction of American philosophical Society p 62.

Gambi, N; Pasteris, A; Fabbri, E. (2007). Acetylcholinesterase activity in the earthworm *Eisenia andreiat* different conditions of carbaryl exposure. *comparative Biochemistry and Physiology, Part C*,145(4), p 678-685.

Gao, Y ; Sun, Z ; Sun, X ; Bao, Y. (2007). Toxic effect of olaquinox antibiotic on *Eisenia fetida*. *European Journal of Soil Biology*,43, p S252–S255.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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, p 859-65.

GASTINEL, A ; KERLORCH, G. (2010). Guide pratique : utilisation des produits phytosanitaires à usage des communes, p29.

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

H

Habig, W.H ; Pabst, M.J ; Jakoby, W.B. (1974). Gluthation-S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*,249, p 7130-7139.

I

INDEX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES. (2015). Institut national de la protection des végétaux (I.N.P.V).

INRS. (2018). Utilisation des produits phytopharmaceutiques en agriculture tropicale.

J

James S.W. (2004). Earthworms (Clitellata, Acanthodrilidae) of the mountains of Eastern Jamaica. *Organisms Diversity and Evolution*, 4: p 277 294.

Jong, Y; Verbeek, M; Michelsen, V; De Place Bj ´rn, P; Los, W; Steeman, F; ...Penev, L. (2014). Fauna Europaea - all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal*, 2, [e4034]. DOI:10.3897/BDJ.2. e4034.

JANSIRANI, D; NIVETHITHA, S; SINGH, MVP. Production and utilization of vermicast using organic wastes and its impact on *Trigonella foenum* and *Phaseolus aureus*. *Int J Res Biol Sci*, (2012) ,2(4): p 187–189.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Kamisaka, K; Habig, W.H; Kelly, J.N; Arias, I.M; Jackoby, W.P. (1975). Multiple forms of human glutathione S-transferase and their affinity for bilirubin. Eur. J. Biochem., 60: p 153-161.

Kherbouche, D ; France, Bernhard,R; Aissa, M; Patrick ,L. (2012). The effect of crops and farming practices on earthworm communities in Soummam valley, Algeria. European Journal of Soil Biology 48, p 17-23.

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. P 87.



Lee, K.E. (1985). Earthworms: Their Ecology and Relationship with Soils and Land use. Academic Press: Sydney, Australia. P 411.

Leblanc, G.A; Cochrane, B.J. (1987). Identification of multiple glutathione S-transferases from *Daphnia magna*. Comp. Biochem. Physiol., 88 (1): p 39-45.

Lavelle, P; amp, S; A.V. (2001). Soil Ecology. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, p 654.

Livingstone, D.R. (2003). Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. Rev Med Vet., 154: p 427–430.

Lukkari, T ; Taavitsainen, M ; Soimasuo, M ; Oikari, A ; Haimi, J. (2004). Biomarkerresponses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zincexposure: differences between populations with and without earlier metalexposure. Environmental Pollution,129, p 377–386.

LOUCHAHI, M. (2015). Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture dans la région centre de l'algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation. (Enligne). Diplôme de magistère, école national supérieur d'agronomie, Algérie, p 04.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Laverack, MS. (1963).** The Physiology of Earthworms. Pergamon Press, London.
- Lee, K. E. (1985).** Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use. New York, p 411.
- Litim, H. et Zoughlami, N., (2015).** Contribution à l'étude systématique des oligochètes terrestres dans la région d'El-Merdja –Tébessa. Master. Université de Tébessa, p 52.
- m***
- Masaya, M; Yoshinobu, H; Ai, Y; Maki, K; Yasuo, O. (2002).** Determination of cellular levels of non-protein thiols in phytoplankton and their correlation with susceptibility to mercury. Journal of Phycology, 38, p 983-990.
- Martinez-Lara, E; George, S.G; Lopez-Barea, J; Barcena, J.A. (1997).** Purification and characterization of multiple glutathione transferase isoenzymes from grey mullet liver. Cell. Mol. Life. Sc i., 53 (9) : p 759-68.
- Mickaël, H. (2006).** Etude de la relation entre la diversité des macro invertébrés et la dynamique de la matière organique des sols limoneux de Haute-Normandie. Thèse de doctorat. Université de Rouen.
- MEHRI, M. (2008).** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faible doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique marin. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, p 140.
- 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.
- Marino, F; Ligerio, A; Cosin, D.J.D. (1992).** Heavy metals and earthworms on the border of a road next to Santiago. Soil Biology and Biochemistry, 24 (12), p 1705–1709.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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. P 299.

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 Nilotic us*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 127: p 291–296.

Omodeo, P; Rota, E; Baha, M. (2003). The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb: a biogeographical and ecological characterization. *Pedobiologia.* 47 : p 458 – 465.

Omodeo, P. (1948). La poliembrionia e l'anomalie di sviluppo presso un comune lombrico : *Allolobophora caliginosa trapezoides*, Dugès. *Italian Journal of Zoology* 33, p 1-87.

Ouahrani, G. (2003). Lombritechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse de Doc. Etat. Université Mentouri. P 230, in Bazri. K.

Ouahrani, G ; Gheribi, Z ; DÍAZ, COSÍN. D. G. (2013). La diversité des lombriciens dans l'Est algérien depuis la côte jusqu'au desert. *Ecologia mediterranea – Vol. 39 (2) – 2013.*

Organisation Mondiale de la Santé. (1991). GENÈVE.

P

Pereira, JL ; Antunes, SC ; Ferreira, AC ; Goncalves, F ; Pereira, R. (2010). Avoidance behavior of earthworms under exposure to pesticides: is it always chemo sensorial? *J Environ Sci Health B*; 45. p 229–32.

Peixoto, F; Alves-Fernandes, D; Santos, D; Fontana's-Fernandes, A. (2006). toxicological effects of oxyfluorfen on oxidative stress enzymes in tilapia *Oreochromis Nilotic us*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 85, p 91-96.

Perez-Lopez, M ; Anglade, P ; Bec-Ferte, M.P ; Debrauwer, L ; Perdu, E ; Cravedi, J.P ; Rouimi, P. (2000). Characterization of hepatic and extrahepatic glutthione S-transferases in

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their induction by 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl. *Fish. Physiol. Biochem.*, 22 : p 21-32.

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 lombriciens. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris, p 141.

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

Pérez-Losada, M ; Ricoy, M ; Marshall, J. C ; Domínguez, J. (2009). Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52(2), 293–302. Doi: 10.1016/j.ympev.2009.04.003.

R

Rouimi, P; Anglade, P; Debrauwer, L; Tulliez, J. (1996). Characterization of pig liver glutathione S-transferases using HPLC-electrospray-ionization mass spectrometry. *Biochem. J.*, 317 : p 879-884.

RAMADE. (2005). Eléments d'écologie : écologie fondamentale. DUNOD, Paris, 3ème édition, p 864.

Rougerie, R ; Decaëns, T ; Deharveng, L ; Porco, D ; James, S.W ; Chang, C.H ; Richard, B ; Potapov, M ; Suhardjono, Y ; Hebert, P.D.N. (2009). DNA barcodes for soil animal taxonomy. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 44: p 789-801.

S

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

Shailaja, M.S; D'Silva, C. (2003). Evaluation of impact of PAH on a tropical fish, *Oreochromis mossambicus* using multiple biomarkers. *Chemosphere*, 53: p 835–841.

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

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Sarkar, A; Ray, D; Shrivastava, A.N; Sarker, S. (2006). Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology*, 15, p 333-340.

Sims, R. W; Gerard, B. M. (1999). Earthworms. FSC Publications, London,p 167.

Saadi, ML ; Menasria, Said. (2018). Contribution à l'étude des oligochètes terrestres Tébessa. Master. Université de Tébessa.p 48.

Stephenson, J. (1930). The Oligochaeta. Clarendon press, Oxford University.

T

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

V

Venkateswara, Rao ; Surya, P ; Madhavendra, Y ; S.S. (2003). Toxic effects of chlorpyrifos on survival, morphology and acetylcholinesterase activity of the earthworm *Eiseniafoetida*.*Ecotoxicol. Environ. Saf*,54, p 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.

VANDERWEF, H. (1997) : Evaluer l'Impact des Pesticides sur l'Environnement, Article Scientifique sur Researchgate.

Vigot,M ; Cluzeau, D. (2014). Les vers de terre. Chambre d'Agriculture de la Vienne. Vienne,p 10.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

W

Wang, Y; Cang, T; Xueping, Z; Ruixian, Y; Chen, L; Changxing, W; Wang, Q. (2012). Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*,79, (2012), p 122-128.

Z

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),p 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.

Zirbes, L ; Caroline, C ; Dufey, J ; Pham, K ; Nguyen, D ; Frédéric, F ; Philippe, L ; Haubruge, E ; Yves, B. (2009). Mise en relation de la diversité des vers de terre et des caractéristiques du sol de Thua Thien Hue (Centre Vietnam), *Tropical Conservation Science* Vol.2(3) :p 282-298.