



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

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (SNV)

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie animale

Mémoire présenté en vue de l'obtention de diplôme de master

Thème:

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

Présenté par :

KORICHI Afaf

SOLTANI Noudjoud

Devant le jury :

Mme . DJELLAB S.

M.C.A U. Larbi Tébessi-Tébessa

Présidente

Mr . BOUAZDIA K.

M.C. A U. Larbi Tébessi-Tébessa

Promoteur

Mr . HANNACHI MS.

M.C.B U. Larbi Tébessi-Tébessa

Examineur

Année Universitaire : 2021-2022

Note : /20

# *Remerciement*

Tout d'abord nous remercions **Allah** le tout puissant qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, qui nous a donné la force et la volonté de poursuivre nos études et d'effectuer ce travail.

On tient à remercier **Mme DJELLAB Sihem** notre maman enseignante à l'université de Tebessa de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

En premier lieu, nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à **Ms BOUAZDIA Karim** de nous avoir encadrés. Nous le remercions pour sa patience, sa confiance, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions. Vous êtes pour nous un magnifique modèle de sagesse et de persévérance.

Nous exprimons toute nos gratitude à **Mr HANNECHI Mohammed el Saleh** pour avoir accepté de juger ce travail et faire partie de ce jury en qualité d'examineur.

Nos plus vifs remerciements vont à notre docteur **ATTIA Laila** notre grande sœur vous êtes la meilleure.

Nous remercions chaleureusement la doctorante **Chorfi Amira** étudiante dans l'université de Guelma 5 Mai 1945 pour leur aide pour leur conseil.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui nous ont aidés ou qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions Particulièrement les enseignants du département des êtres vivants.

***Merci à tous***

# Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que Je dédie ce travail...

À ma **chère mère** que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde. J'aurais tant aimé que tu sois présente.

À Mon **cher père**, source de bonheur de tendresse pour leur patience, soutien et amour. Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À mes chères et adorables sœurs et frères **Sara et Yasmine , Nizar, Ismail.**

À Mon cher oncle maternel **Abdelwahab** pour leur aide, soutien et leur amour.

À mon oncle maternel **Azzedine** et son mariée **Fatma**,  
**mon grand-père.**

À mon oncle **Abdenour** et mes tantes  
**Khadidja et Nabila , Houraia**

À toutes mes chères amies et mes collègues surtout  
**Noudjoud Aouatef Donia Dalila Maha Sana Nadjoua Amel**  
**Imane Soumaya Zoubida Bouthaina Wahida Assia.**

*afaf*



# Dédicace



*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que Je dédie ce travail...*

*À mes chers parents...source de bonheur de tendresse et de soutien, pour toutes les souffrances qu'ils ont endurées pour assurent une bonne éducation . Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoivent.*

*À mes chères adorables sœurs. Yakine Rahma et Takoua ; mes petits Takj Firas et Loudjaine.*

*À mon cher Mohamed qui m'a soutenu et ma comblé de sa générosité sans limite, tout le long de la réalisation de ce mémoire.*

*À la mémoire de mon frère Amor...*

*J'aurais tant aimé que tu sois présent. Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.*

*À toutes mes chères amies et mes collègues qui m'ont soutenu de loin ou de près.*

*Noudjoud*



# *Resumes*

## Résumé

Le travail que nous avons abordé se situe dans le but d'évaluer l'effet d'un insecticide Phoenix EC 5 (Lambda Cyhalothrine) chez les jévuniles d'*E. fetida*.

Au début, ce type de vers était collecté dans une zone spécifique de la région de Tébessa, et nous avons trié les vers jévuniles, qui font l'objet de notre travail.

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les effets du Phoenix EC 5 (lambda cyhalothrine) sur les jévuniles des vers de terre aspect physiologique à l'aide de deux biomarqueurs tels que : l'activité GST et le taux des protéines. Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons testé deux concentrations sub létales de l'insecticide choisi.

Nos résultats montrent que l'insecticide Phoenix n'a pas provoqué un changement significatif de l'activité du GST de même que le taux des protéines après 24 heures et 48 heures chez les séries traités (CL5, CL10) par rapport au témoin.

D'un autre côté, nous nous sommes intéressés à l'effet du temps d'exposition à l'insecticide sur les biomarqueurs. Nos résultats mettent en évidence un effet subaiguë sur l'activité de GST augmente significativement chez les séries traités par CL5 après 48heure d'exposition. Cependant, le taux de protéines diminue significativement chez les séries exposées à la CL10 après 48heure.

**Mots clés :** Phoenix , *E . fetida* , jévuniles, Identification , GST, protéines.

**ABSTRACT**

The work we have discussed is aimed at evaluating the effect of an insecticide on *E. fetida* . The product used Phoenix EC 5 (Lambda Cyhalothrine).

At the beginning, this type of Earthworm was collected in a specific region of Tebessa, and we have identified juvenile worms, which are the subject of our work we are focused.

In our work, we focused on the effects of Phoenix EC 5 (lambda cyhalothrine) on earthworms on earthworm juveniles on the physiological aspect using two biomarkers such as : GST activity and the protein level. For a better use of results, we tested two sub lethal concentrations of insecticide selected significant.

Our results show that the insecticide Phoenix doesn't have a significant change on the activity of the GST, as well as the protein level after 24 hours and 48 hours in the treated series.

On the other hand, we were interested in the effect of insecticide exposure time on biomarkers. Our results show a sub acute effect of GST activity increased significantly in the series LC 5 after 48 hours exposure. however, the protein levels decreased significantly in series exhibited at the CL10 after 48 heure .

**Key word :** Phoenix , *E.fetida* , juvenile worms , identification , GST, protein

## ملخص

يهدف العمل الذي ناقشناه إلى تقييم تأثير مبيد حشري على *E. fetida* ، المنتج المستخدم Phoenix EC 5 (lambda cyhalothrine).

في البداية تم جمع هذا النوع من الديدان في منطقة معينة من منطقة تبسة، قمنا بفرز الديدان حديثة الولادة والتي هي المطبق عليها عملنا.

في هذا العمل، ركزنا على التأثيرات الفسيولوجية لـ Phoenix EC 5 (lambda cyhalothrin) على صغار ديدان الأرض باستخدام مؤشرين حيويين مثل: نشاط GST ومستويات البروتين. من أجل استغلال أفضل للنتائج، قمنا باختبار تركيزين مختلفين شبه قاتلين من المبيد الحشري المختار.

تظهر نتائجنا أن المبيد الحشري Phoenix ليس له تغير كبير في نشاط GST وكذلك على مستوى البروتين بعد 24 ساعة و48 ساعة في السلسلة المعالجة مقارنة بالشاهد.

من ناحية أخرى، كنا مهتمين بتأثير وقت التعرض للمبيدات الحشرية على المؤشرات الحيوية. تُظهر نتائجنا تأثيرًا حاد على نشاط GST زيادة ملحوظة في السلسلة المعالجة CL5 بعد 48 ساعة من التعرض. يصاحب هذا التأثير تأثير شبه حاد على مستوى البروتين تناقص ملحوظ في السلسلة المعالجة CL10 بعد 48 ساعة

الكلمات المفتاحية: فينيكس ، صغار الديدان، *E.fetida* ، تحديد، بروتين GST .

*Table*  
*Des Matières*

<i>Table de matière</i>	
Dédicace	
Remerciement	
Table de matière	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
<b><i>Introduction</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Synthèse bibliographique</i></b>	
<b>I. Généralités sur les lombriciens</b>	<b>4</b>
1. Systématique	4
2. Description morphologique	4
2.1. Critères morphologiques	5
2.1.1. Le prostomium	5
2.1.2. Le metastomium (soma)	6
2.1.3. Le pygidium	6
2.1.4. Soies	7
2.1.5. Taille	8
2.1.6. Coloration	8
2.1.7. Odeur et pigmentation	8
2.1.8. Régénération	9
2.2. Morphologie interne des ver de terre	9
2.2.1. Système digestif	9
2.2.2. Système circulatoire	10
2.2.3. Système respiratoire	10
2.2.4. Système excréteur	11
2.2.5. Système nerveux	11
3. Classification écologique des lombriciens	12
3.1. Les épigées	12
3.2. Les endogées	13
3.3. Les anéciques	13
4. Régime alimentaire	15
5. Reproduction et cycle de vie	15
6. Mode de locomotion des lombrics	19
<b>II. Généralités sur les pesticides</b>	<b>20</b>
1. Historique des pesticides	20
2. Définition	20
3. Classification des pesticides	20
3.1. Selon la nature de la cible	21
3.2. Classification chimique	22
3.2.1. les pesticides inorganiques	22
3.2.2. Les pesticides organo-métalliques	22
3.2.3. Les pesticides organiques	23
3.3. Classification Selon l'usage	23
3.4. Classification selon risque toxicologique	24
4. Devenir des pesticides dans l'environnement	24
<b><i>Matériel et Méthodes</i></b>	

<b>III. Dispositif expérimental</b>	27
1. Présentation du site de collecte des vers de terre	27
2. Modèles biologique	28
3. Matériel chimique	29
3.1. Phoenix 5EC	29
4. Travaux sur le terrain	30
4.1. Prélèvement des Echantillons	30
4.1.1. Matériel utilisé	31
5. Travaux au laboratoire	32
5.1. Rinçage et tri des vers de terre	32
5.2. Conditions expérimentales	32
5.3. Traitement	33
5.4. Dosage enzymatique	33
5.4.1. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase)	33
5.4.2. Dosage des Protéines totales	34
6. Analyses statistique	34
<b>Résultats</b>	
1. Identification	36
1.1. <i>E. Foetida</i>	37
1.2. <i>A. mollerii</i>	37
2. Effets de l'insecticide phoenix sur les bio-marqueurs	38
2.1. Effet de l'insecticide phoenix sur la quantité totale de protéines	38
2.1.1. Après 24 heures	39
2.1.2. Après 48 heures	39
2.2. Effet du phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase	40
2.2.1. Après 24 heures d'exposition	40
2.2.2. Après 48 heures d'exposition	41
2.3. Effet du temps d'exposition	42
2.3.1. Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST	42
2.3.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales	43
<b>Discussion</b>	
1. Identification	46
1.1. <i>E. fetida</i>	47
1.2. <i>Aporrectodea mollerii</i>	47
2. Etude éco toxicologique	47
2.1. Effet sur les biomarqueurs	47
2.1.1. Effet sur la GST	48
2.2. L'effet sur le taux de protéines	49
3. Effet du temps d'exposition	50
3.1. Sur l'activité du GST	50
3.2. Sur le taux de protéines	51
<b>Conclusion</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	

*Table*  
*Des Matières*

<i>Table de matière</i>	
Dédicace	
Remerciement	
Table de matière	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
<b><i>Introduction</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Synthèse bibliographique</i></b>	
<b>I. Généralités sur les lombriciens</b>	<b>4</b>
1. Systématique	4
2. Description morphologique	4
2.1. Critères morphologiques	5
2.1.1. Le prostomium	5
2.1.2. Le metastomium (soma)	6
2.1.3. Le pygidium	6
2.1.4. Soies	7
2.1.5. Taille	8
2.1.6. Coloration	8
2.1.7. Odeur et pigmentation	8
2.1.8. Régénération	9
2.2. Morphologie interne des ver de terre	9
2.2.1. Système digestif	9
2.2.2. Système circulatoire	10
2.2.3. Système respiratoire	10
2.2.4. Système excréteur	11
2.2.5. Système nerveux	11
3. Classification écologique des lombriciens	12
3.1. Les épigées	12
3.2. Les endogées	13
3.3. Les anéciques	13
4. Régime alimentaire	15
5. Reproduction et cycle de vie	15
6. Mode de locomotion des lombrics	19
<b>II. Généralités sur les pesticides</b>	<b>20</b>
1. Historique des pesticides	20
2. Définition	20
3. Classification des pesticides	20
3.1. Selon la nature de la cible	21
3.2. Classification chimique	22
3.2.1. les pesticides inorganiques	22
3.2.2. Les pesticides organo-métalliques	22
3.2.3. Les pesticides organiques	23
3.3. Classification Selon l'usage	23
3.4. Classification selon risque toxicologique	24
4. Devenir des pesticides dans l'environnement	24
<b><i>Matériel et Méthodes</i></b>	

<b>III. Dispositif expérimental</b>	27
1. Présentation du site de collecte des vers de terre	27
2. Modèles biologique	28
3. Matériel chimique	29
3.1. Phoenix 5EC	29
4. Travaux sur le terrain	30
4.1. Prélèvement des Echantillons	30
4.1.1. Matériel utilisé	31
5. Travaux au laboratoire	32
5.1. Rinçage et tri des vers de terre	32
5.2. Conditions expérimentales	32
5.3. Traitement	33
5.4. Dosage enzymatique	33
5.4.1. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase)	33
5.4.2. Dosage des Protéines totales	34
6. Analyses statistique	34
<b>Résultats</b>	
1. Identification	36
1.1. <i>E. Foetida</i>	37
1.2. <i>A. mollerii</i>	37
2. Effets de l'insecticide phoenix sur les bio-marqueurs	38
2.1. Effet de l'insecticide phoenix sur la quantité totale de protéines	38
2.1.1. Après 24 heures	39
2.1.2. Après 48 heures	39
2.2. Effet du phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase	40
2.2.1. Après 24 heures d'exposition	40
2.2.2. Après 48 heures d'exposition	41
2.3. Effet du temps d'exposition	42
2.3.1. Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST	42
2.3.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales	43
<b>Discussion</b>	
1. Identification	46
1.1. <i>E. fetida</i>	47
1.2. <i>Aporrectodea mollerii</i>	47
2. Etude éco toxicologique	47
2.1. Effet sur les biomarqueurs	47
2.1.1. Effet sur la GST	48
2.2. L'effet sur le taux de protéines	49
3. Effet du temps d'exposition	50
3.1. Sur l'activité du GST	50
3.2. Sur le taux de protéines	51
<b>Conclusion</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	

*Liste*

*Des Tableaux*

**Liste Des Tableaux**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre.	14
<b>02</b>	Classification des pesticides selon la cible.	21
<b>03</b>	Classement des pesticides suivant leur mode d'action.	22
<b>04</b>	Classification des pesticides en fonction de leurs utilisations et de leurs compositions chimiques.	23
<b>05</b>	Les propriétés physico-chimiques du La lambda cyhalothrine	30
<b>06</b>	Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.	34
<b>07</b>	Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectés dans le site d'étude.	36
<b>08</b>	Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage ( $m \pm s$ ).	38
<b>09</b>	activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro-Médiane des juvéniles d' <i>E. fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps.	42
<b>10</b>	la quantité de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' <i>E. fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps.	43

*Liste Des*  
*Figures*

**Liste De Figures**

N°	Titre	Page
01	Morphologie du lombric.	05
02	Prostomium et peristomium de vers de terre.	05
03	Les différents types de prostomium.	06
04	Pygidium de vers de terre.	07
05	Dispositions des soies chez le ver de terre.	07
06	Soies d'un ver de terre.	08
07	Anatomie Interne d'un ver de terre .	09
08	Coupe transversale d'un ver de terre.	10
09	Les organes reproducteurs.	11
10	Système nerveux des vers de terre.	11
11	Localisation des trois catégories écologiques de lombriciens.	12
12	<i>Dichogaster saliens</i> .	12
13	<i>Pontoscolex corethrurus</i> .	13
14	<i>Apporoctodea giardi</i> .	13
15	La reproduction et la formation de cocons chez les vers de terre.	16
16	Cocons de vers de terre.	16
17	Cycle de vie d'un individu <i>Eisenia Fetida</i> .	17
18	Les organes externes liés à l'accouplement.	18
19	Action de déplacement des lombrics.	19
20	Localisation géographique de la région et des sites d'étude.	27
21	<i>Eisenia fetida</i> .	28
22	L'insecticide Phoenix.	29
23	Le matériel utilisé sur le terrain.	31
24	Le matériel utilisé au laboratoire.	31
25	Rinçage et Tri les vers de terre.	32
26	Les étapes du test.	32
27	Morphologie générale d' <i>E.fetida</i> .	37
28	Morphologie générale d' <i>A.molleri</i> .	37
29	Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).	38
30	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition	39
31	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition.	40
32	Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase(GST) au niveau des parties postéro-Médiane des juvéniles des vers <i>E.fetida</i> . Après 24 heures d'interaction .	41
33	Effet des concentrations sub-létales de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase(GST) au niveau des parties postéro-Médiane des vers juvéniles <i>E.fetida</i> après 48 heures d'exposition .	42
34	Activité spécifique de la GST ( $\mu\text{m}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau des segments postéro-Médiane des juvéniles d' <i>E.fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition.	43

## ***LISTE DE FIGURES***

<b>35</b>	La quantité de protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' <i>E. fetida</i> traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition.	<b>44</b>
-----------	--	-----------

*Liste Des  
Abréviations*

## Liste des abréviations

- A. caliginosa** : Aporrectodea caliginosa.  
**A. chlorotica** : Allolobophorachlorotica.  
**A. molleri** : Aporrectodea Molleri.  
**AChE** : Acétylcholinestérase.  
**ANOVA** : Analyse de variance.  
**BBC** : Bleu Brillant de Coomassie.  
**BSA** : Albumine de Sérum de Bœuf.  
**CDNB** : 1-chloro-2,4-dinitrobenzène.  
**CL** : Concentration létale.  
**Cm** : Centimètre.  
**DDT** : Dichlorodiphényltrichloroéthane.  
**Do** : Densitéoptique.  
**E. fetida** : Eisenia fetida.  
**FAO** : Food Agricultural Organisation.  
**G/Mol** : Gramme par Mole.  
**GSH** : Glutathion Réduit.  
**GST** : Glutathion-S-Transférase.  
**INRS** : Institute national de la recherche et de la santé.  
**Km<sup>2</sup>** : Kilo mètre carré.  
**L. terrestris** : Lumbricus terrestris.  
**LDH** : Lactate Déshydrogénase.  
**Mg** : Miligramme.  
**Mm** : Millimètre.  
**Nm** : Nano-mètre.  
**NPK** : Azote total (N), Anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Potasse sous forme sulfate (K<sub>2</sub>O).  
**OMS** : Organization mondiale de la santé.  
**OPP** : Organizational Chart (for printing).  
**PH** : Potentiel hydrogène.  
**Pka** : Constante d'Acidité.  
**R<sup>2</sup>** : Coefficient de détermination.  
**RAD** : Recommended agricultural dose.  
**U.S.,EPA** : U.S. Environmental Protection Agency's.  
**Ug/L** : Microgramme par Litre.  
**UV** : Ultraviolet.  
**Vs** : Volume de surnageant.  
**WHO** : World Health Organisation.  
**µg/cm<sup>2</sup>** : Micro- gramme / centimètre carré.  
**µl** : Micro litres.

# *Introduction*

## *Introduction*

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

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

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

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

L'utilisation de pesticides provoque un certain nombre de problèmes environnementaux. Il est rapporté que plus de 98% des insecticides pulvérisés ainsi que près de 95% des herbicides atteignent une autre destination que les espèces ou pathologies ciblées,

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

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

En Algérie, la lambda cyhalothrine est parmi les plus employés pour lutter contre un large éventail d'insectes nuisibles, par exemple pucerons, coléoptères du Colorado, thrips, larves de lépidoptères, larves et adultes de coléoptères, etc., dans les céréales, le houblon, les plantes ornementales, les pommes de terre, les légumes, le coton et d'autres cultures.

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

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 utilisées durant la réalisation de ce travail.

Le troisième chapitre expose tous les résultats obtenus soit durant le travail.

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.

*synthèse*  
*bibliographique*

## **I. Généralités sur les lombriciens**

Les vers de terre, aussi appelés « lombriciens » représentent une composante majeure du macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres. En 1994, plus de 3600 espèces de vers de terre, réparties en 15 familles, avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutent plus de 60 nouvelles espèces chaque année. Ils jouent un rôle important dans leur environnement grâce à différents mécanismes physico-chimiques et biologiques, permettant d'améliorer la fertilité et de préserver la structure du sol (Stork et Eggleton, 1992 ; Lavelle et *al.*, 1997). Ainsi, en affectant les propriétés physiques et chimiques du sol, ils modifient le biotope des communautés microbiennes (Lavelle et Gilot, 1994 ; Lavelle et *al.*, 1997 ; Huynh, 2009).

Les Lombricidés sont des métazoaires, triploblastes, coelomates et protostomiens, font partie des Annélides qui sont principalement représentés dans les écosystèmes terrestres par les vers de terre de la sous classe des oligochètes, représentant une composante majeure du macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse (Edwards et Bohlen, 1996).

### **1. Systématique :**

Les vers de terre appartiennent à l'embranchement des Annélides, à la classe des Clitellata et à l'ordre des Haplotaxida. Ils se répartissent en différentes familles suivant des caractéristiques spécifiques.

**Règne :** Animal.

**Embranchement :** Annélide.

**Classe :** Clitellata.

**Sous-classe :** Oligochaeta.

**Ordre :** Haplotaxida.

**Sous ordre :** Lumbricina (De Blainville, 1830).

### **2. Description morphologique:**

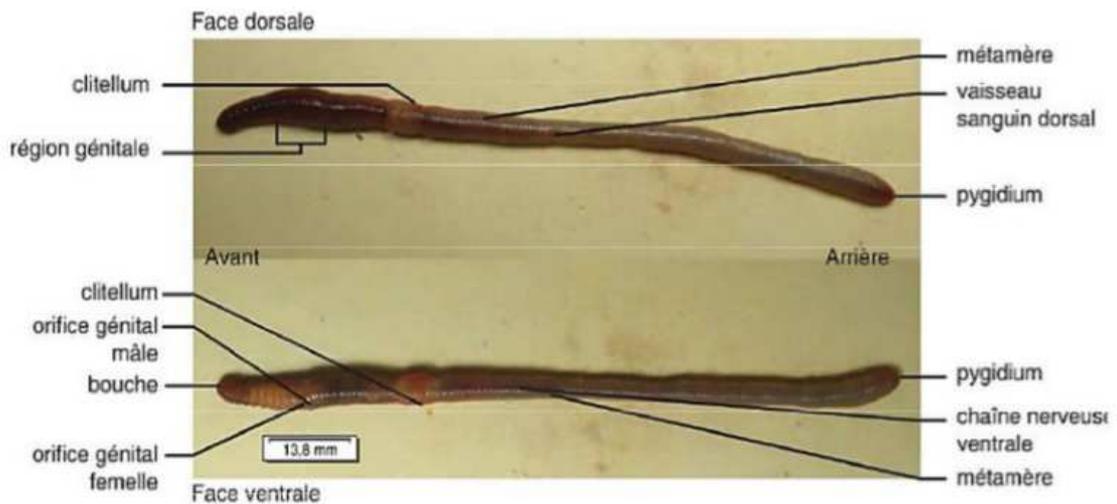
La morphologie externe et l'anatomie interne des oligochètes est détaillée dans des ouvrages généraux tels que (Avel, 1959). Lorsque les vers de terre ne sont pas pigmentés, ils sont qualifiés d'albiniques (Bouché, 1972) quoique leur teinte apparente puisse être assez variée, elle dépend en effet, de la coloration interne des organes, du fluide cœlomique, du tube digestif et de son contenu. Leur corps est mou, toujours humide grâce à un léger mucus. Ils se déplacent en contractant et allongeant alternativement leurs segments. Signalons que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez discrète (Baha, 2008).

**2.1. Critères morphologiques :**

Le corps d'un ver de terre est composé de trois régions successives (Fig .01) :

1. le prostomium.
2. le soma.
3. le pygidium.

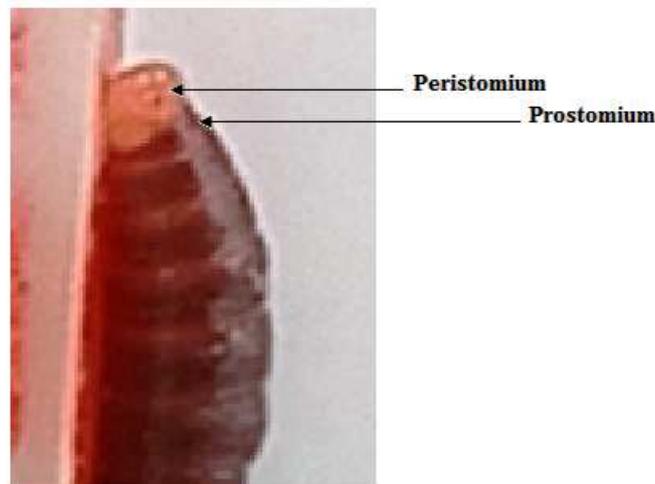
Avec des soies implantées dans la paroi du corps.



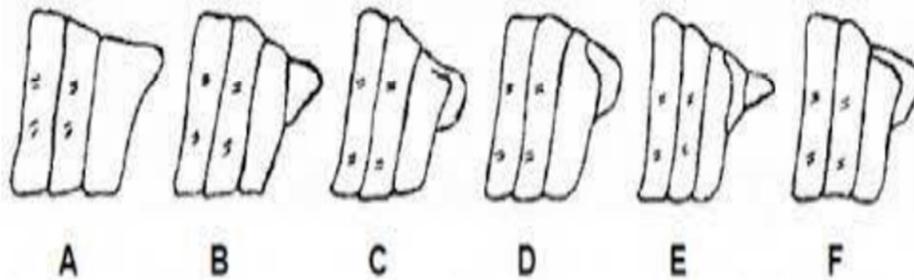
**Figure 01 :** Morphologie du lombric (Bazri, 2015).

**2.1.1. Le prostomium :**

Partie la plus antérieure (Fig.02), située immédiatement en avant de la bouche, ce n'est pas un véritable segment (métamère) et il ne possède ni soies ni cavité coelomique, il est plus ou moins fusionné avec le péristomium (Sims et Gerard, 1999) (Fig .03).



**Figure 02 :** Prostomium et peristomium de vers de terre (photo personnelle, 2022).



**Figure 03** : les différents types de prostomium (Bouché, 1972).

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

### 2.1.2. 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 :

#### •La zone antérieure (anté-clitélienne) :

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 (Sims et Gerard, 1999).

#### •Le clitellum :

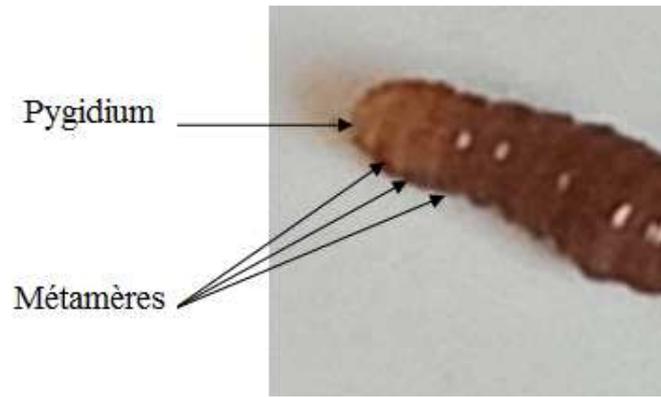
qui joue deux rôles importants dans la reproduction : il forme la gaine muqueuse qui favorise l'accouplement et il produit le cocon qui protège les œufs fécondés une fois qu'ils sont pondus (Houseman, 2000).

#### •La zone post-clitélienne :

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 (Sims et Gerard, 1999).

### 2.1.3. Le pygidium :

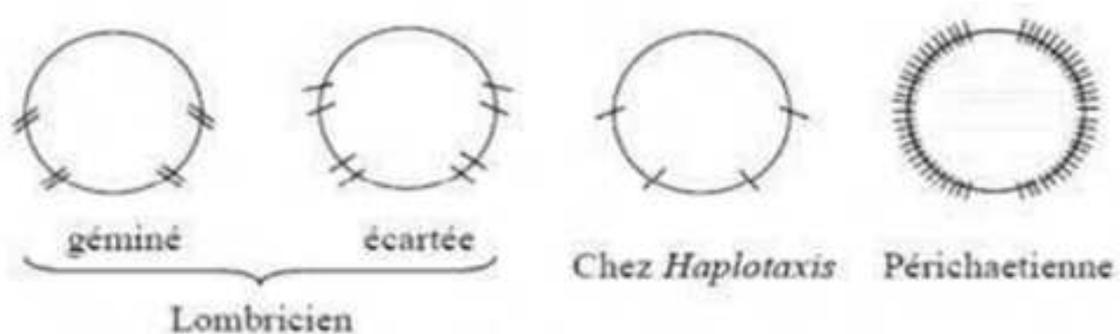
est le dernier segment du corps ne possède pas ni de soies ni de cavité coelomique (Sivasankari et al., 2013) (Fig.04).



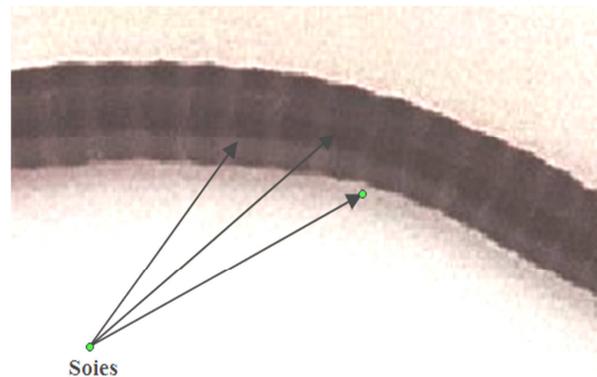
**Figure 04 :** Pygidium de vers de terre (photo personnelle,2022).

#### 2.1.4. 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. Il existe deux types de disposition de soie : type lombricienne (Avoir 8 soies par segment souvent se répartissent en 4 paires) et perichaetienne (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 (Fig.05 et Fig.06).



**Figure 05 :** dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).



**Figure 06:** Soies d'un ver de terre (photo personnelle)

### 2.1.5. Taille :

La taille des vers de terre peut varier du simple au double au sein d'une même espèce suivant les conditions de vie des individus (Bachelier, 1978), dont l'humidité du sol. Parmi les quelles *Lumbricus terrestris* dont la taille est variée de 90 à 300 mm ; *Eisenia rosea* qui est de 25 à 85 mm de taille et *Dendrobaempygmea* qui ne dépasse pas 15 à 30 mm (Bachelier, 1978). IL existe également espèces dont la taille de quelques millimètres à 3 mètres en Amérique du Sud et d'Australie (Razafindrakoto, 2013).

### 2.1.6. Coloration :

La couleur du corps des lombrics est variée, les genres *Lumbricus*, *Eisenia* et *Dendrobaena* qui vivent au milieu des litières en décomposition sont de couleur rouge : *Eisenia fetida* avec ses bandes de couleur brune et chamois est aisément reconnaissable. *Les Allolobophora* et *les Octolasion* qui vivent moins en surface et ingèrent davantage de matières minérales sont de couleur gris à gris bleuté ; *A. chlorotica* est souvent de couleur verdâtre avec un clitellum bien rose (Bachelier, 1963). Les vers des régions sèches sont souvent aussi de couleur plus sombre que les vers des régions humides (Bachelier, 1978).

### 2.1.7. Odeur et pigmentation :

L'odeur des lombriciens est généralement assez discrète, mais chez *Eisenia fetida*, elle devient relativement forte et désagréable ; chez *les Agastrodrilus* elle est camphrée. Leur coloration est en rapport étroit avec leur écologie. Les vers de terre ayant une activité en surface (les épigés et anéciques) sont pigmentés et ceux qui vivent en profondeur (les endogés) sont apigmentés. Les pigmentations peuvent se ranger en trois types :

- bruns, gris-noirâtres et parfois très foncés.
- verdâtres.
- rosâtres à rouges vineux (Abdul Motalibe ,M A R ;1992).

### 2.1.8. Régénération :

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

### I.2.2. Morphologie interne des vers de terre :

La structure interne d'un vers de terre se décrit comme, une installation de trois cylindres l'un dans l'autre. La partie interne contient un long intestin qui traverse tout le corps ; la partie médiane est constituée de deux séries de muscles : l'une longitudinale et l'autre circulaire. Enfin, l'épiderme forme l'enveloppe externe, appelée cuticule. On distingue chez le lombric la présence de six systèmes distincts : un système nerveux, respiratoire, circulatoire, digestif, excréteur et reproducteur (Schraer, 1987) (Fig .07).

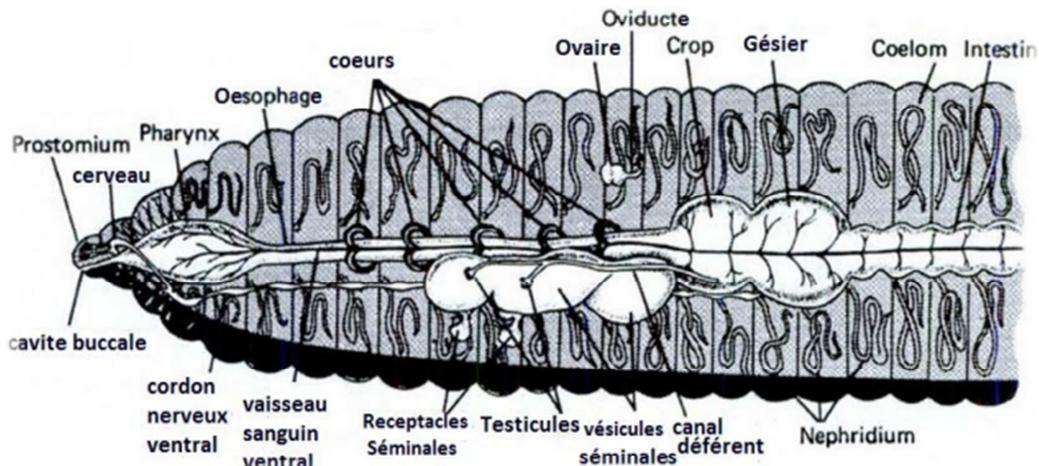


Figure 07 : Anatomie Interne d'un ver de terre (Liberty Press et Glotzhabe, 2005).

### 2.2.1. 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 œsophage plus ou moins long, de glande de Morren, d'un jabot et d'un gésier, cet ensemble est suivi d'un long intestin. Comportant le plus souvent un repli

interne, dorsal, le typhlosolis (cet organe a un développement et une morphologie très variables en fonction des espèces) (Tomlin, 1980).

### 2.2.2. Système circulatoire :

Les vers de terre ont un système circulatoire fermé, il se compose de vaisseaux sanguins longitudinaux ; 4 paires de cœurs avec des valves ; deux paires de boucles latérales ; du sang. Les vaisseaux longitudinaux comprennent les vaisseaux dorsaux et ventraux qui s'étendent sur tout le corps, un vaisseau sous-neural allant du segment 15 à l'extrémité du corps située sous le cordon nerveux, un vaisseau supraoesophagien situé sur l'estomac dans le segment 9-13, et une paire de vaisseaux œsophagiens des segments 13 à 1. La circulation est unidirectionnelle, Le cœur pompe le sang des vaisseaux dorsaux aux vaisseaux ventraux. Le sang est constitué des cellules sanguines de nature phagocytaire et de l'hémoglobine qui reste dissoute dans le plasma sanguin (Sims et Gerard, 1985 ; Edwards et Bohlen, 1996 ; Starr, 2014) (Fig .08).

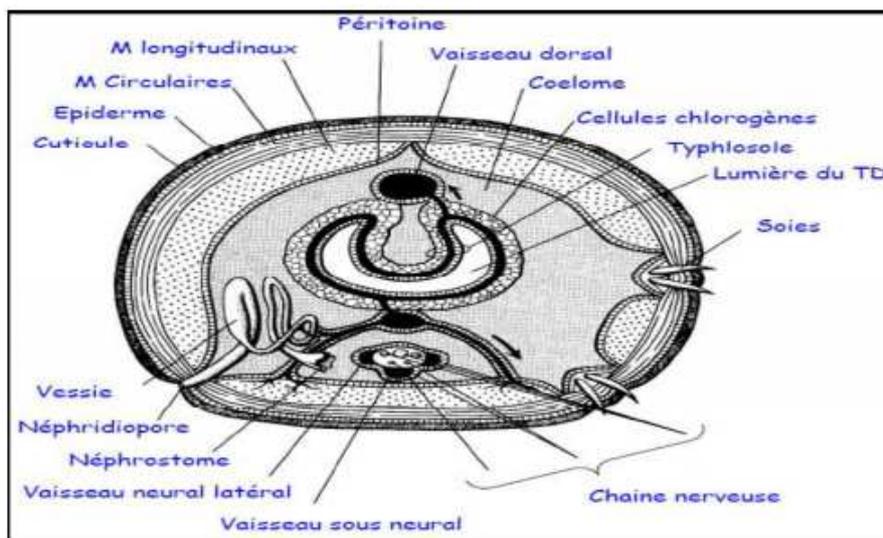


Figure 08 : Coupe transversale d'un ver de terre (Gauer, 2007).

### 2.2.3. Système respiratoire :

Les vers de terre n'ont pas d'organes respiratoires spécialisés. L'oxygène doit d'abord se dissoudre dans une couche aqueuse sur toute la surface du corps, à partir de laquelle se diffuse à travers la cuticule et les tissus épidermiques dans le sang, qui contient l'hémoglobine (Edwards et Lofty, 2013) (Fig. 09).

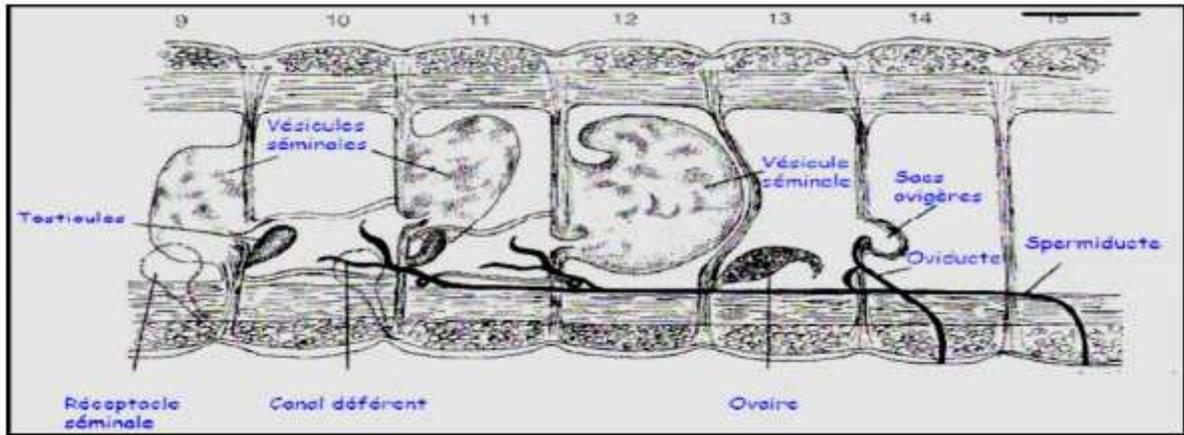


Figure 09 : Les organes reproducteurs (Gauer., 2007).

#### 2.2.4. 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).

#### 2.2.5. Système nerveux :

Le système nerveux se compose de ganglions cérébraux, d'un cordon nerveux ventral, situé dans le coelome, commençant à l'extrémité antérieure et s'étendant sur toute la longueur du corps (Edwards, 2012) (Fig .10).

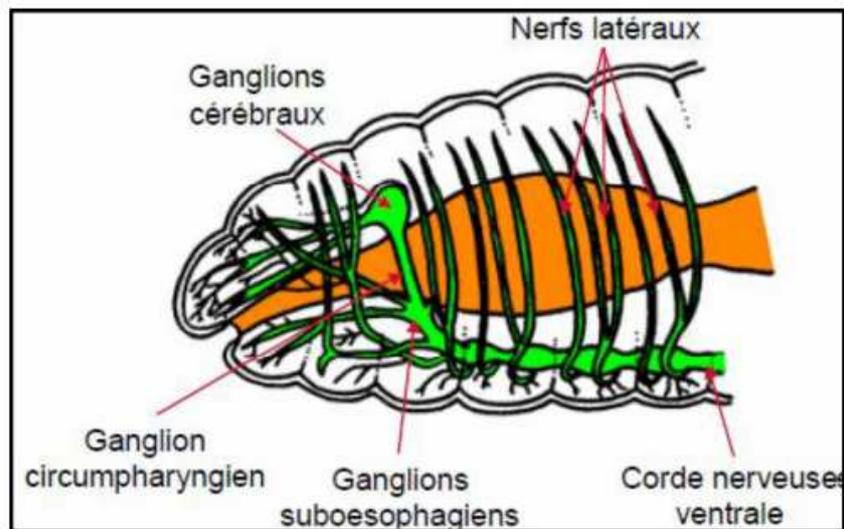
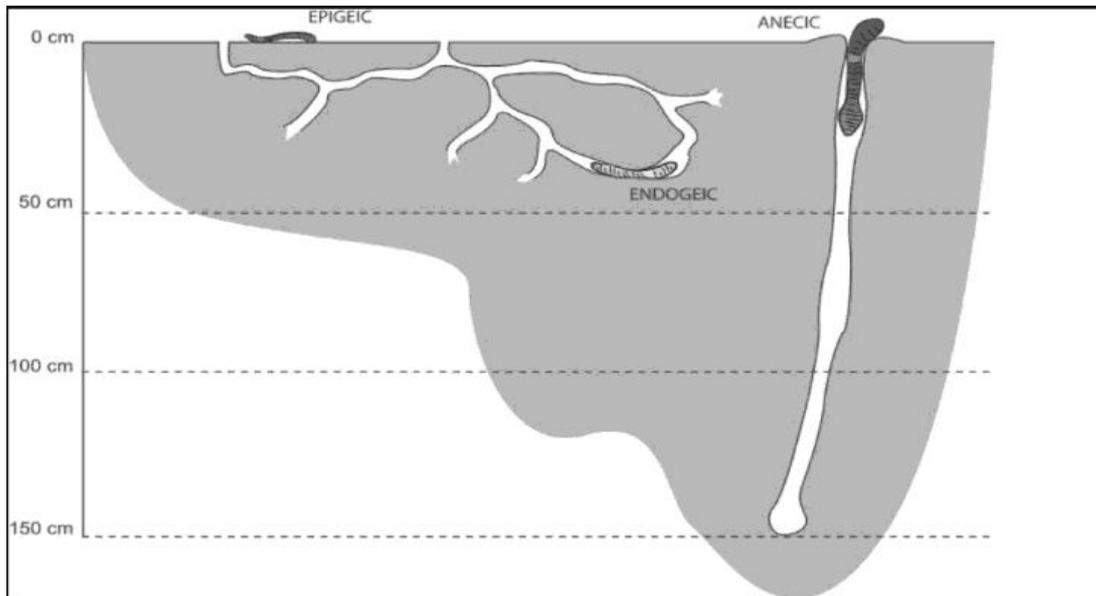


Figure 10 : Système nerveux des vers de terre (MORIN et HOUSEMAN, 2002).

### 3. Classification écologique des lombriciens :

Les travaux de (Bouché ,1972) et de (Lavelle et *al.*, 1981) ont permis de regrouper les différentes espèces des vers de terre en trois catégories principales. Cette classification est basée sur des critères morphologiques et écologiques (Fig.11 ; Tab.01).



**Figure 11** : localisation des trois catégories écologiques de lombriciens (sandra.2000).

#### 3.1. Les épigées :

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) ; par exemple : *Dichogaster saliens* (Fig .12).



**Figure 12** : *Dichogaster saliens*

Source : <http://www.google.fr/search?q=dichogaster%20saliens> ( 08 /05/2022).

### 3.2. Les endogées :

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) ; par exemple : *Pontoscolex corethrurus* (Fig .13).



**Figure 13** : *Pontoscolex corethrurus* (Crédit photo : E. Blanchart) (08 /05/2022).

### 3.3. Les 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 (Bouché, 1977) ; par exemple: *Apporctodea giardi* (Fig .14).



**Figure 14** : *Apporctodea giardi*

Source : <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/news.php> ( 08 /05/2022).

**Tableau 01** : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre (Pfißner, 2013).

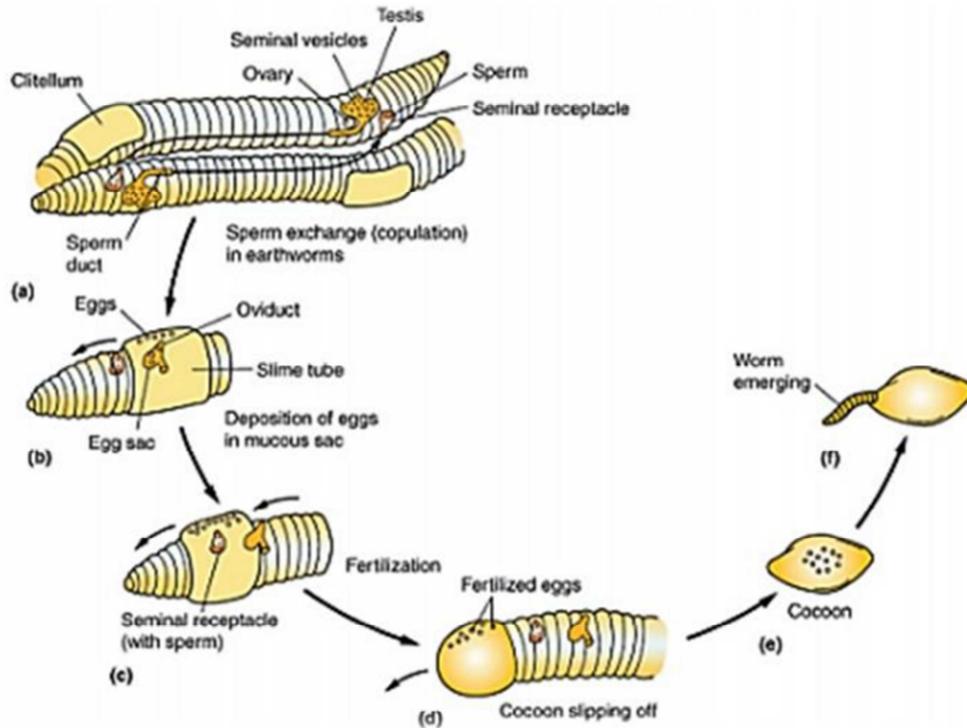
<b>Groupes</b>	<b>Espèces épigés</b>	<b>Espèces endogée</b>	<b>Espèces Anéciques</b>
<b>Description</b>	Espèces qui habitent dans la litière de surface	Espèces qui creusent des galeries horizontales et superficielles	Espèces qui creusent des galeries verticales et profondes
<b>Habitat</b>	Dans la litière de surface, surtout dans les prairies, la forêt et le compost. Se trouvent rarement dans les sols labourés puisqu'il ne peut pas s'y former de couche de litière durable	Couche arable (5-40 cm), sols minéraux humiques. Surtout galeries horizontales et instables, les jeunes vers se trouvent généralement assez haut dans la zone des racines des plantes	Toutes les couches du sol jusqu'à 3-4 m de profondeur, creusent des galeries verticales et stables (8-11 mm) de diamètre où ils séjournent normalement pendant toute leur vie. Importants dans les sols agricoles
<b>Grandeur</b>	Petits, le plus souvent 2-6 cm de longueur	Petits ou jusqu'à 18 cm de longueur	Le plus souvent grands, 15-45 cm de longueur
<b>Alimentation</b>	Petits morceaux de plantes restés à la surface du sol	Débris de plantes mélangés à la terre de la couche arable	Tirent de grands débris de plantes dans leurs galeries d'habitation
<b>Multiplication</b>	Forte	Limitée	Limitée
<b>Durée de vie</b>	Courte : 1-2 ans	Moyenne : 3-5 ans	Longue : 4-8 ans
<b>Sensibilité à la lumière</b>	Faible	Forte	Modérée
<b>Couleur</b>	Globalement rougebrunâtre	Pâle	Rouge-brun, tête plus foncée
<b>Exemples</b>	<i>Ver de compost, ver rouge du marécage</i>	<i>Octolasion lacteum, Allolobophora caliginosa</i>	<i>Lombric, ver à tête noire</i>

#### 4. Régime alimentaire

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. Cette ingestion de terre par les vers varie d'importance selon les espèces, mais aussi les sols, les saisons et la nature des matériaux végétaux. D'après Dallerac (2005) ; Dominguez et *al.* (2009) ; Martin et *al.* (2011), le régime alimentaire des vers de terres est variable. Il est en fonction du groupe écologique. 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. Une litière d'aulne ajoutée à du fumier détermine une forte augmentation en poids des vers, bientôt suivie de leur mort. Une litière mixte composée de feuilles de chêne, de hêtre et de robinier cause d'abord une perte en poids des vers puis leur mort. Le résultat de cette digestion est un terreau plus foncé que le sol ingéré, de pH plus alcalin et à microflore sélectionnée mais plus active (Bachelier, 1978). Donc les vers de terre ingèrent les micro-organismes vivants et du micro et des méso-faunes vivantes ou mortes.

#### 5. Reproduction et cycle de vie

Tous les vers de terre sont originalement hermaphrodites, mais nombreuses espèces sont parthénogénétiques (Cosín et *al.*, 2011). Certaines espèces sont obligatoirement biparentales, comme *Lumbricus terrestris* alors que d'autres peuvent se reproduire sans accouplement, par autofertilisation ou parthénogénèse (Sims et Gerard, 1999 ; Cosín et *al.*, 2011 ; Fernandez et *al.*, 2012). un échange de spermatozoïdes à lieu lors d'un accouplement, qui se produit généralement à la surface du sol, lorsque les conditions sont favorables. Quelques jours plus tard, le clitellum (partie renflée formant une bague sur le corps d'un ver de terre adulte) glisse le long de la partie antérieure du ver et le cocon, encore appelé œuf ou zygote, contenant des gamètes mâles et femelles, est émis dans le sol sous forme d'une capsule fermée aux deux extrémités (Pelosi, 2008) (Fig.15).



**Figure 15 :** La reproduction et la formation de cocons chez les vers de terre.

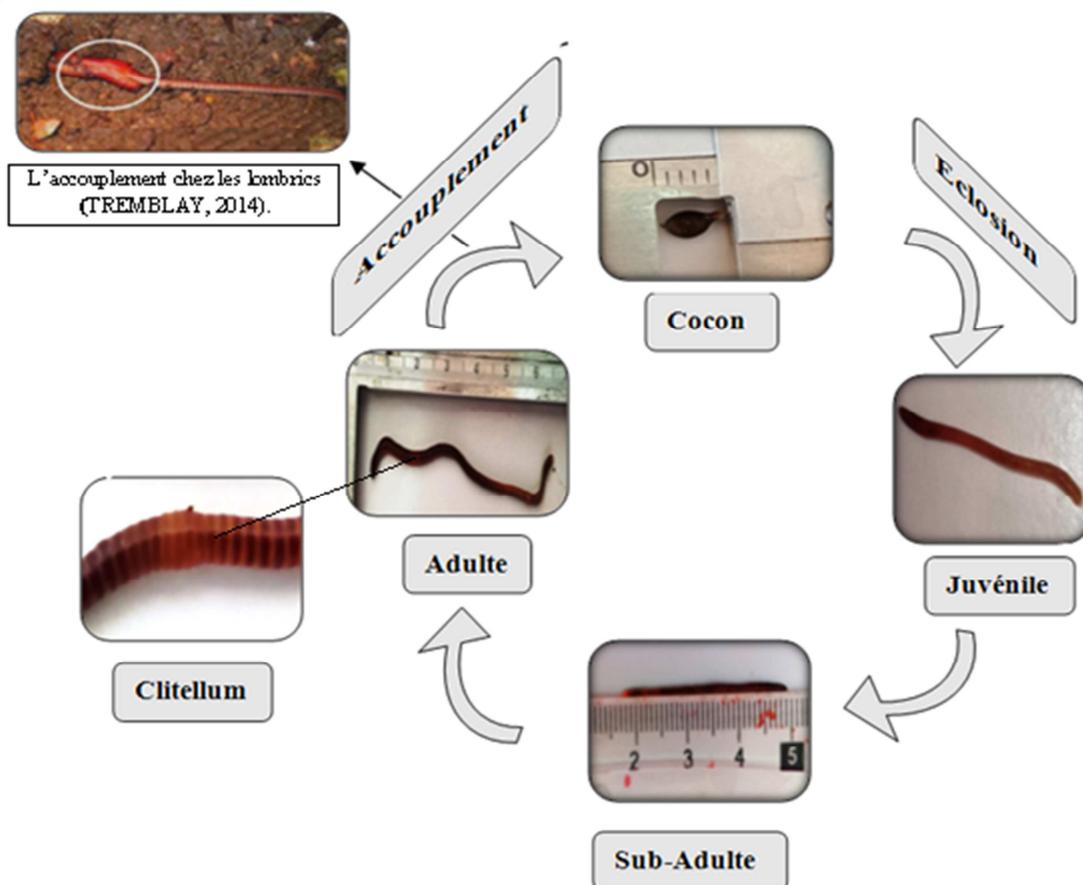
(A) le sperme est échangé pendant la copulation. (B) les œufs sont déposés dans un sac de mucus. (C) les œufs sont fertilisés. (D) le cocon glisse hors du vers. (E) le cocon est déposé. (F) les vers juvéniles émergent du cocon dans 2 à 3 semaines (Holley, 2017)

Les cocons (Fig .16) sont résistants aux conditions défavorables comme la sécheresse ou une modification de la température (Edwards et Bohlen, 1996). Parmelee et Crossley,1988) et Edwards et *al.* 1995 suggèrent qu'ils peuvent être, pour certaines espèces comme *L. rubellus*, les seules formes de vie existantes pendant les mauvaises périodes. Le dessèchement du sol provoque la déshydratation du cocon, ce qui peut retarder le développement embryonnaire (Evans et Guild, 1948 ; Gerard, 1967).



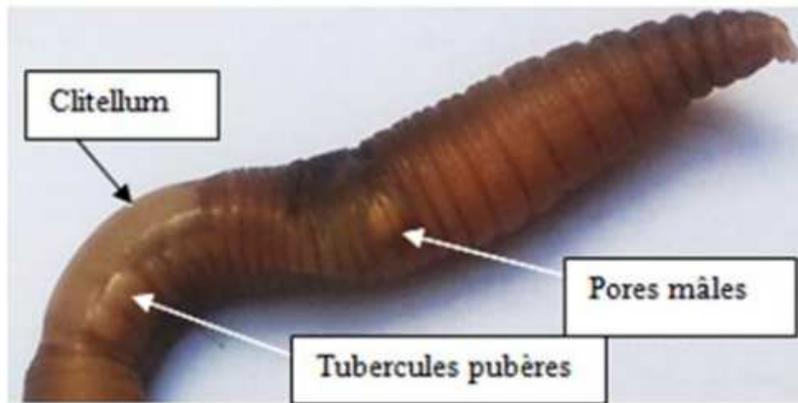
**Figure 16 :** Cocons de vers de terre (photo personnelle ,2022).

Les vers adultes produisent plusieurs cocons par an, en fonction de leur âge (Svendsen et *al.*, 2005) et les conditions dans lesquelles ils se trouvent (Lee, 1985). Une synthèse de plusieurs études par (Satchell,1967) montre qu'*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea longa* et *Octalasion cyaneum*, qui sont des espèces anéciques ou endogées, produisent entre 3 à 13 cocons par an alors que les épigés *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus* et *Dendrobaena rubidus* sont capables d'en produire entre 42 à 106 par an. L'espèce *L. terrestris* peut produire entre 10 à 25 cocons par an en fonction des conditions de température (Butt, 1993). Un ou plusieurs individus immatures, appelés juvéniles, éclosent quelques temps plus tard (Fig.17).



**Figure 17** : Cycle de vie d'un individu *Eisenia fetida* (photo personnelle,2022).

Le ver de terre juvénile va progressivement acquérir des caractères sexuels secondaires externes liés à l'accouplement comme le puberculum tuberculeux ou les pores sexuels, il sera alors au stade sub-adulte. Un clitellum, organe lié au processus de ponte, va ensuite se former et permettre au ver de terre de devenir sexuellement mature pour pouvoir se reproduire à son tour ; il devient alors adulte (Pelosi, 2008) (Fig.18).

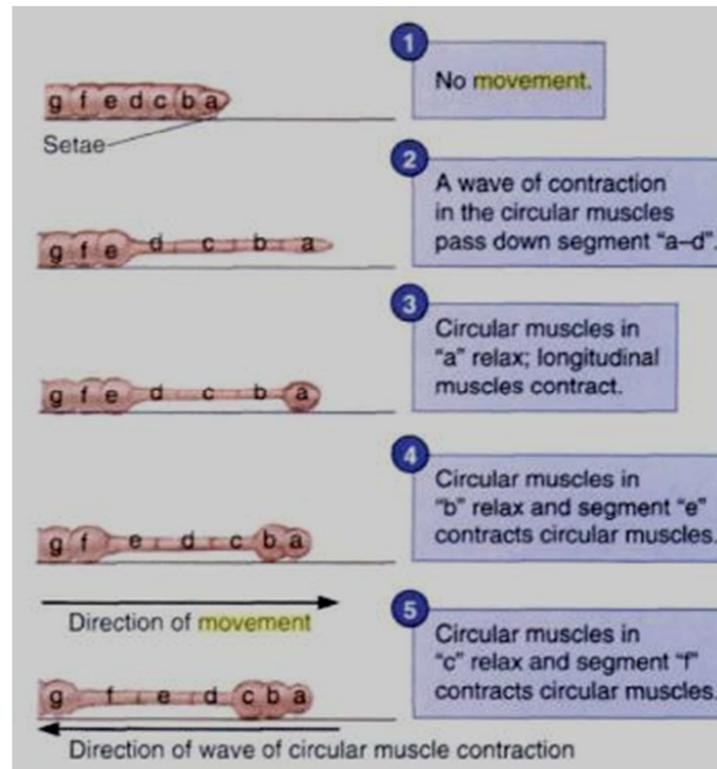


**Figure18** : Les organes externes liés à l'accouplement (Bouazdia, 2019).

Le temps de maturation varie beaucoup entre espèces et dépend des conditions de milieu (température, humidité, nourriture). (Boström et Lofs ,1996) rapportent qu'un juvénile *A. caliginosa* devient mature en 3 à 6 semaines. Au champ, *L. terrestris* devient mature généralement en 1 an (Lakhani et Satchell, 1970) alors qu'il ne lui suffira que de quelques mois pour atteindre la maturité sexuelle en conditions de laboratoire (Daniel et *al.*, 1996 ; Lowe et Butt, 2002). Les vers de terre ont une durée de vie dépendante de l'espèce, de leur biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent. Ainsi, l'espèce *L. terrestris* peut vivre plusieurs années en conditions de laboratoire (Lakhani et Satchell, 1970) alors qu'en conditions naturelles et particulièrement en système cultivé, il est exposé à des risques qui diminuent son espérance de vie à quelques mois (Satchell, 1967). Le cycle de vie des vers de terre est influencé par le biotope dans lequel ils évoluent. Ainsi, le taux de survie, la croissance et le taux de reproduction, mesurés dans des conditions favorables de laboratoire, dépassent les valeurs atteintes en milieu naturel, où les conditions climatiques et l'approvisionnement en nourriture sont variables et parfois loin d'être optimaux (Lofs-Holmin, 1982 ; Whalen et Parmelee, 1999). La température et la teneur en eau du sol sont les variables environnementales clés qui influencent la croissance, la survie, la fécondité et l'activité de *L. terrestris* (Satchell, 1967 ; Hartensein et Amico, 1983 ; Sims et Gerard, 1999). Enfin, la qualité et la quantité de la matière organique du sol (Curry, 1998) ainsi que le type de sol et le pH sont des facteurs du milieu qui gouvernent fortement la présence des communautés lombriciennes dans les différents biotopes. En effet, si une espèce est présente dans une parcelle, on peut considérer qu'elle est adaptée au type de sol et au pH de celle-ci. En outre, Edwards et Bohlen (1996) expliquent que les sols pauvres en matière organique ne supportent généralement pas de grandes densités de vers de terre.

## 6. Mode de locomotion des lombrics

Le tube externe, ou paroi du corps, est composé d'un épiderme enveloppé d'une cuticule, d'une couche de muscles circulaires et une autre de muscles longitudinaux. Cette musculature est adaptée à leur mode de locomotion de fousisseurs. Une vague de contraction suivie d'une vague de relaxation du même ensemble de muscles (Fig.19). Les soies des segments postérieurs font saillie et sont incrustées dans le sol tandis que celles des segments antérieurs sont rétractées (Puranik et Bhate, 2008).



**Figure 19** : action de déplacement des lombrics (C.S.K.al.2021).

## **II. Généralités sur les pesticides**

### **1. Historique des pesticides :**

Les êtres humains ont toujours utilisé des produits chimiques d'origine végétale et inorganiques dans leurs efforts de réduire les dommages produits par les ravageurs et les maladies au niveau de leurs cultures et de leurs animaux. Deux périodes peuvent être distinguées pour décrire le développement très important des pesticides ; ce sont la première et la deuxième moitié du XXe siècle approximativement séparées par la deuxième guerre mondiale (Berrah,2011). L'usage des composés arsenicaux étaient très répandu avant 1950, ils ont été utilisés contre les insectes ravageurs des arbres fruitiers et de la vigne, aussi contre un ravageur notoire de la pomme de terre (le doryphore). A côté des insecticides minéraux, le développement considérable des insecticides organiques d'origine naturelle et synthétique a été marqué, ces composés sont représentés par des composés organochlorés qui sont des biocides particulièrement efficaces. Le DDT a eu un grand succès dans la lutte contre de nombreux insectes ravageurs et aussi contre les moustiques (Anonyme, 2017).

L'utilisation des pesticides s'est beaucoup développée au cours de la deuxième moitié du XXe siècle. D'après le Conseil de l'Europe en 1992, de nombreuses substances ont été découvertes ; elles appartiennent aux familles chimiques des organophosphorés, des carbamates et des pyrèthrinoides. A partir de début de 1960, l'utilisation des pesticides est montée en flèche en Asie et en Amérique du Sud (Jeroen et al., 2004), 65% des pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevée (Berrah, 2011).

### **2.Définition:**

Les pesticides sont des produits chimiques utilisés pour détruire, atténuer, prévenir ou repousser les organismes nuisibles tels que les insectes, les souris, les mauvaises herbes, les champignons et les micro-organismes. En raison de leurs propriétés, les pesticides servent à beaucoup d'objectifs utiles et sont couramment employés dans l'agriculture, d'autres usages professionnels ou domestiques. Néanmoins, du moment que ces agents sont biologiquement actifs, de ce fait ils peuvent potentiellement causer des effets néfastes aux humains, à la faune et à la flore (Vopham et *al.*, 2017).

### **3.Classification des pesticides :**

Il existe quatre façons de classer les pesticides :

- 1)Selon leurs cibles (organismes vivants visés).
- 2)Selon leurs caractéristiques chimiques.

3) Selon leurs usages (Calvet et *al.*, 2005).

4) Selon les risques (toxicologiques) qu'ils peuvent engendrer d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2009).

### 3.1. Selon la nature de la cible :

Plusieurs catégories de pesticides selon les organismes vivants visés, dont les principales sont consignées dans le (Tab .02).

**Tableau02** : Classification des pesticides selon la cible (INSERM, 2013).

<b>Pesticide</b>	<b>Utilisation</b>	<b>Exemple</b>
<b>Insecticides</b>	contre les insectes	Dichlorodiphényltrichloroéthane et déltaméthrine
<b>Fongicides</b>	Moncozébe, hexaconazol, chlorothalonil	Moncozébe, hexaconazol, chlorothalonil
<b>Herbicides</b>	Qui détruisent les plantes adventices des cultures de façon plus générale, toute végétation jugée indésirable	2-4D, glyphosate
<b>Acaricides</b>	Qui détruisent les acariens	Abamectine
<b>Nématocides</b>	Employés contre les nématodes phytoparasites	Bromomethane, chloropicrine
<b>Molluscicides</b>	Ou hélicides qui détruisent les gastéropodes	Methiocarbe, mercaptodiméthur
<b>Rodenticides</b>	qui tuent les rongeurs comme les rats	Warfarine, phosphore de zinc

Les pesticides peuvent être groupés en fonction de la façon dont ils agissent sur les organismes nuisibles cibles, le (Tab .03) résume la classification des pesticides selon le mode d'action ou le mode de pénétration.

**Tableau03** : Classement des pesticides suivant leur mode d'action (Socorro, 2015).

<b>Herbicide</b>	
De contact	Agit sur les parties de la plante avec lesquelles ils entre en contact
Systémique	Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci
Sélectif	Ne contrôle que certaine plantes traités
Non-sélectif	Contrôle tous les plantes traitées
Résiduaire	Se dégrade lentement et contrôle les plantes sur une longue période
Non-résiduaire	Est rapidement inactif après son application et ne contrôle que sur une courte période
<b>Fongicide</b>	
Préventif	Protège la plante en empêchant la maladie de se développer
Curatif	Réprime une maladie qui est déjà développée
<b>Insecticide</b>	
De contact t	Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit
D'inhalation	Agit lorsque l'insecte respire le produit
D'ingestion	Agit lorsque l'insecte se nourrit du produit D'ingestion

### 3.2. Classification chimique:

Blanc-Lapierre (2012) dont la classification est reprise et adoptées par des chercheurs du CRSTRA-Biskra (Belhadj et *al.*, 2016) décrit un millier de matières actives de pesticides, appartenant à une centaine de familles chimiques différentes, qui sont homologuées à travers le monde, et commercialisées dans près de 10 000 spécialités commerciales. Selon cette classification chimique il existe trois catégories de pesticides (Tab .04) :

#### 3.2.1. Les pesticides inorganiques :

Ces pesticides sont peu nombreux mais certains d'entre eux comme le soufre et le cuivre sont utilisés en très grandes quantités. Leur emploi est apparu bien avant les débuts de la chimie organique de synthèse. L'essentiel de ces pesticides inorganiques sont des fongicides à base de soufre et de cuivre, une des formes des plus utilisée est la bouillie bordelaise employée pour traiter la vigne mais aussi les arbres fruitiers, la pomme de terre et de nombreuses cultures maraîchères.

#### 3.2.2. Les pesticides organo-métalliques :

Il s'agit essentiellement de substances fongicides constituées par un complexe métallique avec le zinc et le manganèse et un anion organique dithiocarbamate. Le mancozèbe (avec le zinc) et le manèbe (avec le manganèse) sont des exemples emblématiques de ce type de pesticides.

### 3.2.3. Les pesticides organiques :

Les pesticides organiques sont nombreux et appartiennent à 80 familles (classes ou groupes) chimiques. Chaque famille se distingue par un ensemble de molécules dérivées d'un groupe d'atomes qui constituent une structure de base (ex. famille des triazines pour les molécules contenant un noyau triazinique, etc). Les appellations peuvent donc être différentes d'un ouvrage à l'autre. Le nombre de substances appartenant à une famille donnée est très variable et certaines ne sont représentées que par un seul pesticide.

**Tableau 04** : Classification des pesticides en fonction de leurs utilisations et de leurs compositions chimiques (Grant et *al*, 2010).

Insecticides	Herbicides	Fongicides	Rodenticides
Organophosphates	Composés	Benzène substitués	Inorganiques
Carbamates	chlorophénoxy	Thiocarbamates	Coumarins/
Organochlorés	Pentachlorophénol	Ethylène bis	Indandiones
Perythrine	Crésol nitrophénol	Dithiocarbamates	Convulsants
etpyréthroïde	Paraquat, diquat	Thiophthalimides	Cholicarciphérol
Derivés del'arsenic	Derivés del'arsenic	Composés	
et	et	organométhallique	
d'autres composés	d'autres composés		
arsenics	arsenics		

### 3.3. Classification Selon l'usage :

Les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activités pour lutter contre des organismes vivants nuisibles, d'où des usages différents. De ce fait il existe six catégories de pesticides classés selon leur usage et selon la destination des traitements (Calvet, 2005).

- **Les cultures** : tous les produits phytosanitaires utilisés en agricultures pour maintenir un bon état sanitaire des sols et des végétaux, regroupent principalement les insecticides-acaricides, les fongicides et les herbicides.
- **Les bâtiments d'élevage** : ce sont des insecticides et des bactéricides.
- **Les locaux de stockages des produits végétaux** : des insecticides et des fongicides.
- **Les bâtiments d'habitation** : des herbicides, des insecticides, des rodenticides et des fongicides. e. Les zones non agricoles : des herbicides.
- **L'homme et les animaux** : il s'agit des insecticides et des fongicides utilisés pour l'hygiène humaine et vétérinaire (élimination des puces chez les chiens et les chats).

### 3.4. Classification selon risque toxicologique:

Les pesticides appelés perturbateurs endocriniens, sont connus pour provoquer leurs effets néfastes en imitant ou en antagonisant les hormones naturelles dans le corps et on a postulé que l'exposition à faible dose et à long terme est de plus en plus liée à des effets sur la santé humaine, comme l'immunosuppression, les perturbations hormonales, l'intelligence diminuée, et des anomalies de la reproduction et le cancer (Brouwer et *al.*, 1999; Crisp et *al.*, 1998; Hurley et *al.*, 1998 in Aktar et *al.*, 2009). En 1975, l'OMS a établi une classification des pesticides en fonction de leur toxicité avec comme critère la dose létale 50 (DL50) (El Azzouzi, 2013). Selon l'Organisation mondiale de la santé (WHO, 2010) il y a 5 classes de pesticides établies selon leur risque pour les humains :

- **Classe Ia** : Pesticides extrêmement dangereux, la DL50 pour le rat (mg / kg de poids corporel) est <5 mg pour l'ingestion orale et <50 mg pour la voie cutanée. Exemples : éthoprophos, parathion-méthyl.
- **Classe Ib** : Pesticides très dangereux, la DL50 pour le rat est comprise entre 5 à 50 mg pour l'ingestion orale et 50-200 mg par voie cutanée. Exemples : azinphosméthyl, méthomyl.
- **Classe II** : Pesticides modérément dangereux, la DL50 est comprise entre 50- 2000 mg pour l'intoxication par voie orale et de 200 à 20.000 mg pour l'intoxication par voie cutanée. Exemples : acéphate, amitraz, DDT.
- **Classe III** : Pesticides légèrement dangereux, la DL50 plus de 2000 mg pour l'intoxication par voie orale et cutanée. Exemples : atrazine, hexaconazole.
- **Classe U** : Pesticides susceptibles de présenter un risque aigu, la DL50 est supérieure à 5000 mg. Exemples : carbendazime, chlorothalonil, mancozeb, propamocarb.

### 4. Devenir des pesticides dans l'environnement :

Dans le monde, chaque année, 4,6 millions de tonnes de pesticides chimiques sont appliqués dans l'environnement (Mateo et *al.*, 2018), seulement 0,3% de ces produits atteignent effectivement leurs cibles. Le reste des substances est généralement dispersées dans les différents compartiments de la biosphère, et touche d'autres espèces non cibles (Pimentel, 1995). Dès qu'ils ont atteint le sol ou la plante, les matières actives commencent à dégrader ou disperser elles peuvent soit se volatiliser, ruisseler ou être lessivées pour rejoindre les eaux de surface et souterraines, ou bien être bio accumulés par les organismes vivants (Leonard, 1990). En effet une perte de 10 à 70 % sur le sol et de 30 à 50 % vers l'air a été

estimée par (Aubertot et *al*, 2005). Les pesticides sont dispersés dans les différents compartiments de l'environnement ; air, eau, et sol.

*Matériels*

*Et*

*Méthodes*

### III. Dispositif expérimental :

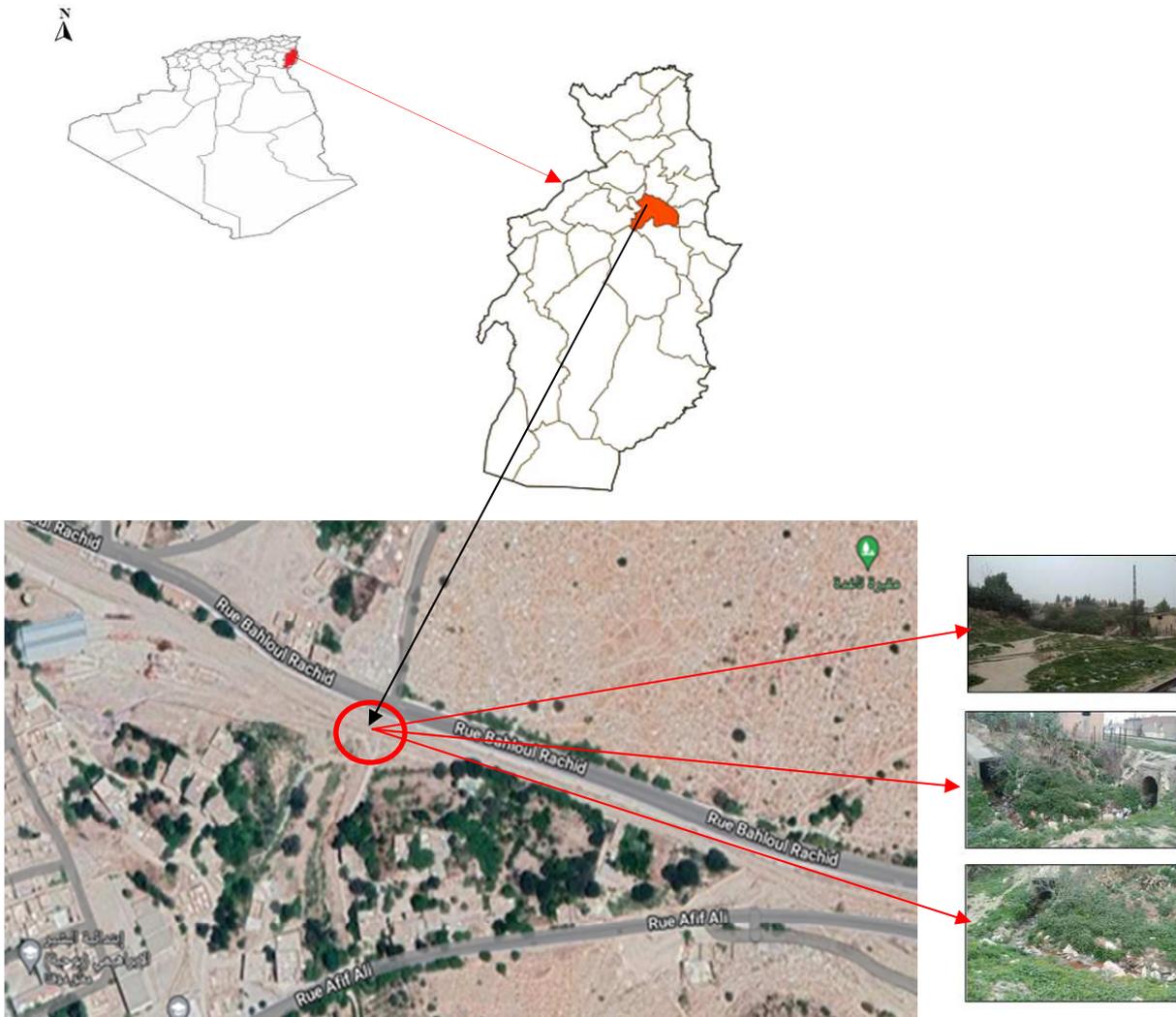
#### 1. Présentation du site de collecte des vers de terre :

La wilaya de Tébessa fait partie des hautes plaines constantinoises. Elle est située à l'extrême nord-est de l'Algérie. Avec ses 13878 km<sup>2</sup>, elle se rattache naturellement aux steppes orientales des hautes plaines sud-constantinoises. Les coordonnées Lambert de Tébessa sont : 35° 24' 12" nord, 8° 7' 59".

Elle est délimitée :

- ❖ Au nord, par la wilaya de Souk Ahras.
- ❖ L'est, par la Tunisie
- ❖ à l'ouest, par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi.
- ❖ au sud, par la wilaya d'El Oued.

L'échantillonnage des vers de terre a été effectué au niveau de la région de Tébessa dans les zones suivantes : Tébessa (Fig .20).



**Figure20:** Localisation géographique de la région et des sites d'étude.

## 2.Modèles biologique:

### ➤ L'espèce, *Eisenia fetida*

*Eisenia fetida* (Savigny 1826) appartient à l'embranchement des Annélides, sous-classe des Oligochètes, ordre des Haplotaxida, sous-ordre Lubrifica, famille des Lombricidé, genre *Eisenia* et espèce *fetida*.

*Eisenia fetida* est une espèce corticole en milieu naturel ou épigé en milieu agricole et dans le fumier. Elle vit à la surface des milieux riches en matières organiques, Ce ver présente un tégument avec un ensemble de bandes rouges foncées en alternance avec des aires intersegmentaires jaunes moins pigmentées (Fig 21). *E. fetida* mesure de 50 à 120 mm de long, 3 à 5 mm de large pour une masse comprise entre 200 et 500 mg à l'âge adulte. La durée de vie de ce ver est de l'ordre de 1 à 2 ans. Cet animal possède un régime alimentaire de type détritivore, se nourrissant principalement de bouse de vache ou de crottin de cheval.

Sa stratégie biodémographique est de type « r » avec une capacité de reproduction élevée, une croissance rapide compensant une faible longévité, une mobilité importante et une homochromie avec l'environnement (Bouché, 1972)

*E. fetida* est le support de notre étude car elle représente plusieurs avantages :

Facile à maintenir en élevage.

Les tests toxicologiques ont été réalisés dans des conditions de pH, température, humidité, cycle jour/nuit contrôlées.



**Figure21** : *Eisenia fetida* (photo personnelle,2022).

### 3. Matériel chimique

#### 3.1. Phoenix 5EC :

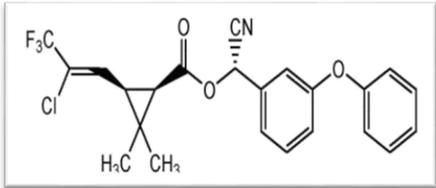
C'est un insecticide préventif et curatif utilisé pour le contrôle d'un grand nombre d'insectes broyeurs, suceurs appartenant à différentes ordres (Coléoptères, Homoptères ...) sur différentes cultures. A une action foudroyante sur les insectes et une bonne persistance d'action. A un effet sur les insectes avec de faibles doses et sur les acariens rouges en affectant leur reproduction. (SARL.BPI /ENH-DOUDAH). Phoenix est insecticide qui agit par contact et par ingestion, il a aussi une action répulsive. Sa matière active est Lambda Cyhalothrine (Fig .22).



**Figure22** : l'insecticide Phoenix (photo personnelle,2022).

La lambda cyhalothrine[3-(2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propenyl) -2,2 Dimethylcyclopropanecarboxylate] est un insecticide pyréthinoïdes de synthèse de type II, dont les utilisations en agriculture sont de plus en plus importantes. Cette substance active est constituée de deux des quatre formes énantiomères de la cyhalothrine. Elle agit au niveau du système nerveux et provoque la paralysie et la mort après contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes à des doses très faibles. Elle présente une action frénatrice sur les acariens phytophages ainsi qu'une action ovicide sur les œufs de lépidoptères (papillons) (Ansari, et al., 2012).

**Tableau 05 :** Les propriétés physico-chimiques du La lambda cyhalothrine (Sanco DG. 2011) (Tomlin CD. 2000).

Molécule	Formule	Propriétés physico-chimique
Lambda cyhalothrine		<p><b>Apparence /état ambiant :</b> Solide incolore à beige</p> <p><b>Masse molaire :</b> 449,85 g/mol</p> <p><b>Solubilité :</b> peu soluble dans l'eau (4.10<sup>-3</sup> à 20°C)</p> <p><b>Toxicité :</b> Poisson (CL50 -96 h de 0,24 ug/L)</p> <p><b>Pka :</b> 1,970 à 7,610 U.S. EPA/OPP.</p>

#### 4.Travaux sur le terrain:

##### 4.1. Prélèvement des Echantillons:

Dans notre étude les échantillons nécessaires ont été collectés aux niveaux d'une vallée avec un petit canal d'égout, avec un échantillonnage mensuel de deux mois (novembre, décembre 2021) avec un minimum de 4 sorties, Pendant la période d'activité des vers de terre, Surtout les jours pluviaux , ou toutes les conditions sont favorables (température et humidité), Et pour cela nous avons utilisé une méthode physique (Bouché 1972) (Fig .23) :

- Tout d'abord, nous avons enlevé toutes les mauvaises herbes et les déchets du sol.
- Nous avons creusé et déplacé le sol jusqu'à obtenir une cavité de 10-15 cm près de l'eau en raison de l'abondance de vers en grande quantité dans les endroits humides.
- Le sol a été trié soigneusement à l'aide d'une pelle et non mains afin de ramassez les vers de terre.
- Les vers collectés ont été placé directement dans boîte en plastique dont cette dernière contient, du sol et des résidus végétaux prélevés du milieu d'extraction.
- Les échantillons collectés ont été transporté vers le laboratoire pour les tries.

**4.1.1. Matériel utilisé:**

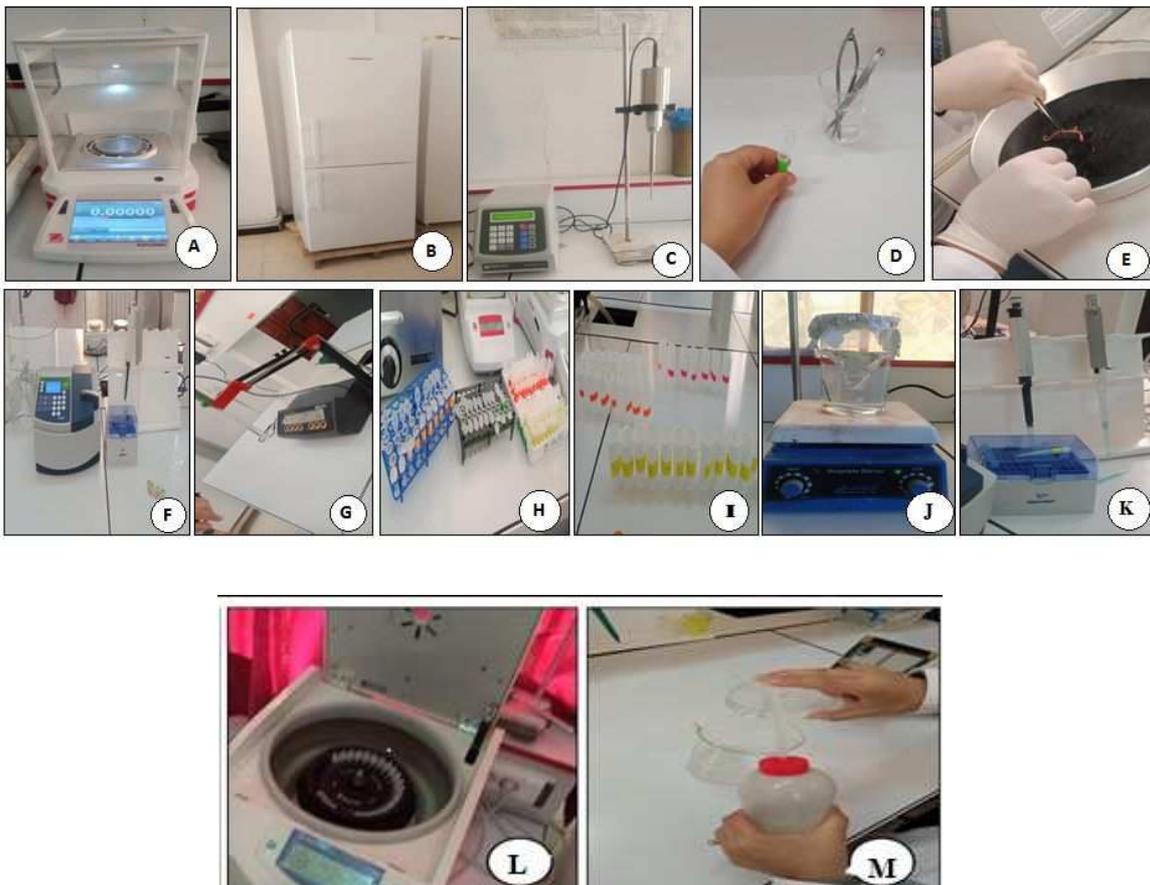
➤ **Sur le terrain :**



**Figure 23:**Le matériel utilisé sur le terrain.

(A) porte manger. (B) Pelle. (C) Binette. (D) Cuillère (photos personnelle, 2022).

➤ **Au laboratoire:**



**Figure 24:**Le matériel utilisé au laboratoire.

(A) Balance analytique. (B) Réfrigérateur. (C) Processeur à ultrasons. (D) Les ciseaux. (E) Plaque de dissection. (F) Spectrophomètre. (G) PH mètre. (H) Tube eppendorf. (I) Les flacons. (J) Agitateur. (K) Micropipette. (L) Centrifugeuse. (M) Bécher et pissette (Photos personnelle, 2022).

## 5. Travaux au laboratoire

### 5.1. Rinçage et tri des vers de terre

#### ➤ Rinçage des échantillons :

Les échantillons collectés ont été placés 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, les vers collectés sont triés et comptés selon leur stade de maturité (Fig .25) :

#### ➤ Juvéniles : Sans clitellum ni tubercules pubères



**Figure 25:** Rinçage et Tri les vers de terre (photo personnelle, 2022).

### 5.2. 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 .26). L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des juvéniles sans clitellum.



**Figure 26:** Les étapes du test.

**A/** rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet. **B/** séchez du vers de terre avec du papier filtre. **C/** Mettre les vers de terre dans une boîte de pétri avec du papier filtre pour vider leurs estomacs. **D/** Mettez chaque vers dans un flacon dans leur bord recouvert à l'intérieur du papier filtre qui contient de l'insecticide. **(E)** fermez les flacons avec un parafilm perforé pour que le ver respire (Photo personnelle 2022).

### 5.3. Traitement :

Il est recommandé d'utiliser des fioles en verre à fond plat d'environ 8 cm de hauteur et 3 cm de diamètre, dont leurs parois ont revêtu de papier filtre coupé à une dimension telle qu'il n'y ait guère de chevauchement. Une série de concentrations connues ont été préparé La substance d'essai est dissoute dans l'eau.

À l'aide d'une pipette un ml de solution est versé dans chaque fiole et évaporé à sec sous un léger courant d'air comprimé filtré ; le temps qu'elle sèche, on fait tourner la fiole selon un axe horizontal. La fiole du groupe témoin doit être traitée avec 1 ml d'eau dé ionisée. Après séchage il faut ajouter 1 /2 ml d'eau dé ionisée à chaque fiole afin d'humidifier le papier filtre. Chaque fiole est fermée par un couvercle ou par un film de plastique, avec un petit trou pour la ventilation. Deux tests ont été réalisés

- ✓ Test de 24 Heure (série de 10 répétitions DL5 ; 10 répétitions DL10 et 10 témoins).
- ✓ Test de 48 Heure (série de 10 répétitions DL5 ; 10 répétitions DL10 et 10 témoins).

Avant d'entamer l'essai, il faut placer les vers pendant 3 heures dans des récipients contenant du papier filtre humidifié avec de l'eau afin de vider le contenu de leur estomac, puis les laver et les sécher. Au milieu de l'obscurité qui a été testé pendant 24 heures pendant 24 heures, ainsi que pour le test de 48 heures. On considère les vers comme morts quand ils ne répondent pas à un léger stimulus mécanique appliqué à leur extrémité antérieure. On doit noter tous les symptômes comportementaux ou pathologiques.

### 5.4. Dosage enzymatique :

#### 5.4.1. Dosage de l'activité GST (glutathion S-transférase)

L'activité des glutathion S-transférases (GSTs) est déterminée selon la méthode de (Habig et al. 1974). Elle est basée sur la réaction de conjugaison entre la GST et un substrat, le CDNB (1-chloro 2, 4 dinitrobenzène) en présence d'un cofacteur, le glutathion (GSH) et mesurée à une longueur d'onde de 340 nm dans un spectrophotomètre.

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

$$X = \frac{\Delta D_{0/m}}{9,6} \times \frac{V_t}{V_s} / \text{mg de protéines}$$

Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates 10  
L'activité est déterminée d'après la formule suivante :

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

$\Delta \text{Do}$  : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

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

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

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

**mg de protéines** : quantité de protéines exprimée en mg.

**5.4.2. Dosage des Protéines totales :**

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de (Bradford ,1976), dans une fraction aliquote de 100  $\mu\text{l}$  à laquelle on ajoute 4 ml de réactif du bleu brillant de commassie (BBC) G250 (Merck). Celui-ci révèle la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm (Tab 06).

**Tableau 06** : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.

<b>Tubes</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Quantité de BSA (<math>\mu\text{l}</math>)</b>	0	20	40	60	80	100
<b>Eau distillée (<math>\mu\text{l}</math>)</b>	100	80	60	40	20	0
<b>Réactif BBC (ml)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Quantité de BSA (<math>\mu\text{g}</math>)</b>	0	20	40	60	80	100

**6. Analyses 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.

# *Résultats*

## 1. Identification

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

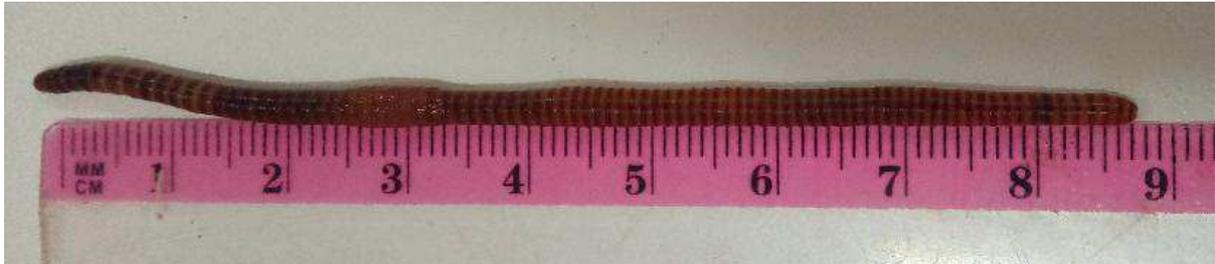
Les caractéristiques morphologiques des espèces de vers de terre collectés sont représentées dans le (Tab 07).

**Tableau 07:** Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.

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

### 1.1. *E. fetida*

Elle a une couleur exceptionnelle avec des segments marrons et des régions intersegmentales jaunes claires. De plus, *E. fetida* se distingue des autres espèces par sa plus petite taille. D'autre part, cette espèce a un clitellum compris entre le 26<sup>ème</sup> et 32<sup>ème</sup> segment et des tubercules pubères entre le 28<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> segment (Fig 27).



**Figure 27:**Morphologie générale d'*E. fetida* (photo personnelle).

### 1.2.A.*molleri*

Elle a une couleur verte avec une forme cylindrique. Cette espèce a un clitellum compris entre les 49<sup>ème</sup> -58<sup>ème</sup> segments (Fig 28).



**Figure 28:**Morphologie générale d'*A. molleri* (photo personnelle).

## 2. Effets de l'insecticide phoenix sur les bio-marqueurs

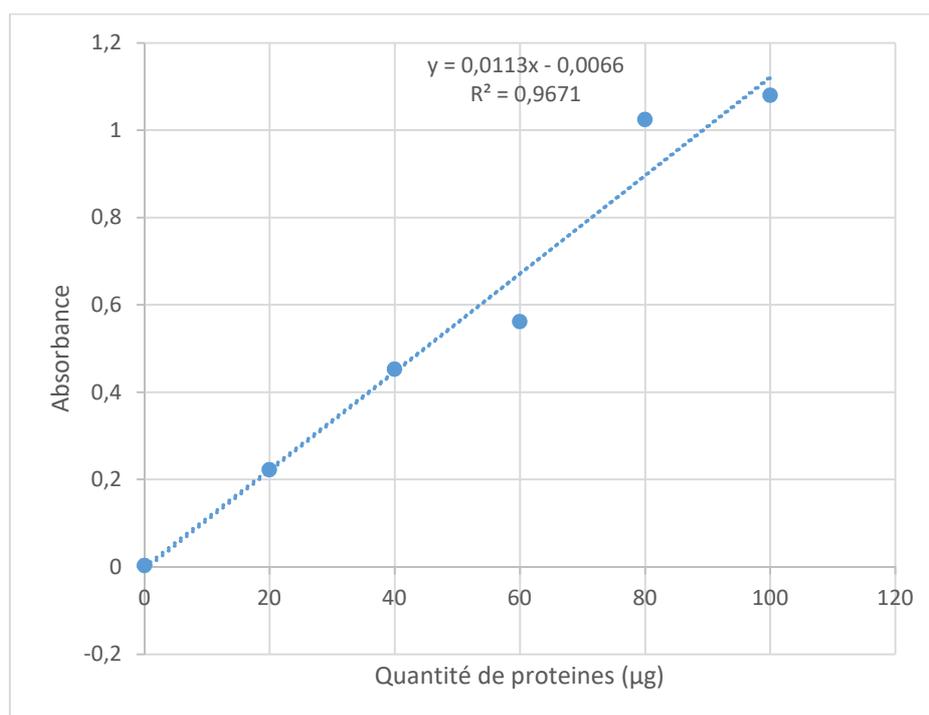
L'activité de la GST et de la quantité de protéines sont mesurées dans la partie postéro-Médiane, et la partie postérieure respectivement du vers de terre.

### 2.1. Effet de l'insecticide phoenix sur la quantité totale de protéines :

La quantification des protéines a été faite à partir d'une courbe d'étalonnage exprimant l'absorbance en fonction de la quantité du standard d'albumine. La droite de régression a été déterminée comme suit :  $Y = ax + b$  avec un coefficient de détermination :  $R^2$  (Tab 08. ; Fig29).

**Tableau 08:** Dosage des protéines ; Réalisation de la gamme d'étalonnage (m±s).

Quantité de BSA ( $\mu\text{g}$ )	Absorbances
0	0.003
20	0.223
40	0.453
60	0.562
80	1.025
100	1.08

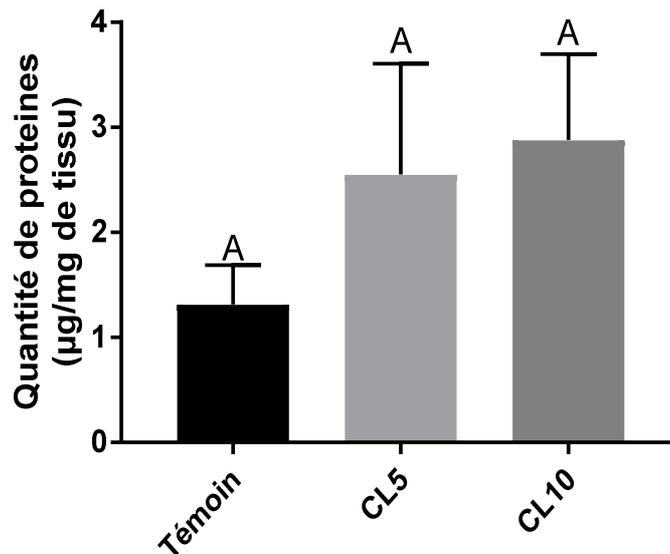


**Figure 29:** Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$  : coefficient de détermination).

**2.1.1. Après 24 heures :**

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

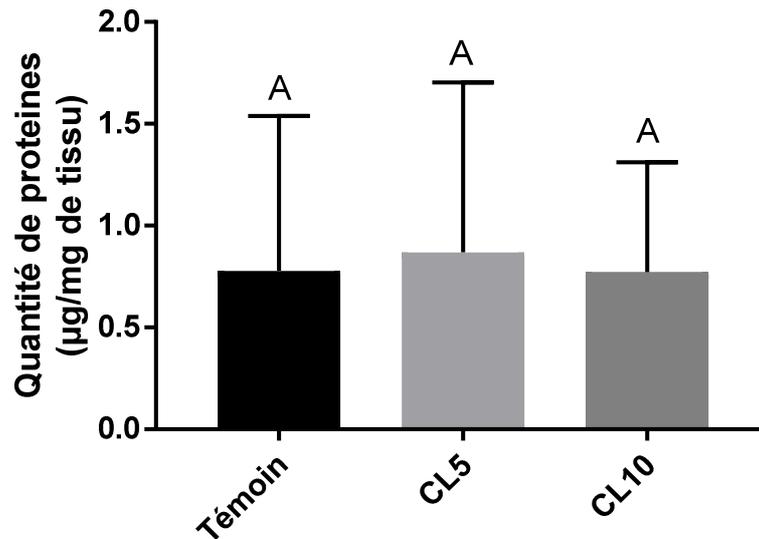
La figure (30) montre les effets du Phoenix à différentes concentrations CL5 et CL10 après 24 h sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des ver 10 de terre. Pour les 2 concentrations CL5 et CL10 ainsi le Témoin n'ont provoqués aucun changement significatif ( $p=0,114 < 0,05$ ) sur la quantité de protéines totale.



**Figure 30 :** Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 24 heures d'exposition ( $m \pm s$ ,  $n=10$  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 :**

La figure (31) montre les effets du Phoenix à différentes concentrations CL5 et CL10 après 48h sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. Les deux concentrations CL5 et CL10 n'ont provoqués aucun changement significatif ( $p=0,983$ ) de la quantité de protéines par rapport au témoin.

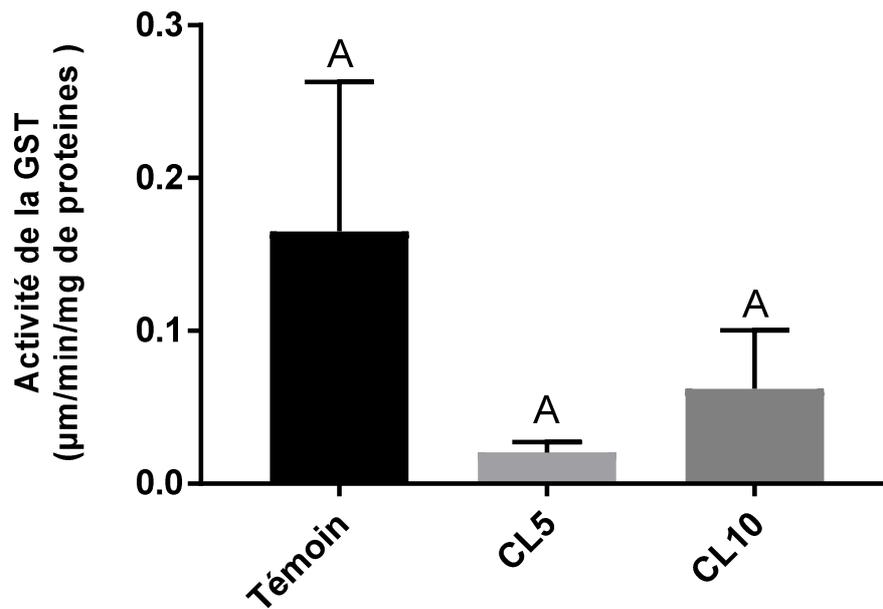


**Figure 31** : Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide PHOENIX sur la quantité de protéines totales après 48 heures d'exposition ( $m \pm s$ ,  $n = 10$  vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$  test de Tukey).

## 2.2.Effet du phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase

### 2.2.1.Après 24 heures d'exposition :

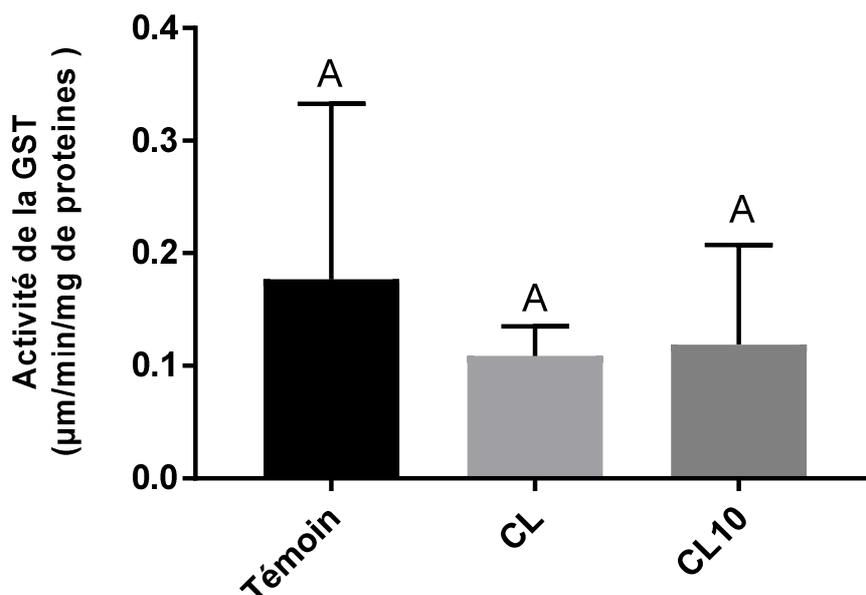
La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et *al.* (1974). La figure (32) illustre l'effet du Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la postéro-Médiane des vers de terre après 24 heures. L'activité de GST chez les séries traitées soit les CL5 et CL10 soit les Témoin ne présente pas de différence significative pendant 24 heures d'exposition au l'insecticide ( $p=0,06$ ).



**Figure 32:** Effet de concentrations de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase(GST) au niveau des parties postéro-Médiane des juvéniles des vers *E. fetida* . Après 24 heures d'interaction( $m \pm s$ ,  $n = 10$  vers Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ ).

### 2.2.2. Après 48 heures d'exposition :

La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et *al.* (1974). La figure (33) illustre l'effet du Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la postéro-Médiane des vers de terre. L'activité de GST reste inchangée chez les séries traitées par les concentrations sub-létales CL5 et CL10 par rapport au séries témoin après 48heures d'exposition à l'insecticide ( $p = 0,707$ ).



**Figure 33:** Effet des concentrations sub-létales de PHOENIX sur l'activité Glutathion-S-Transférase(GST) au niveau des parties postéro-Médiane des vers juvéniles *E. fetida* après 48 heures d'exposition ( $m \pm s$ ,  $n = 10$  vers ; Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ ).

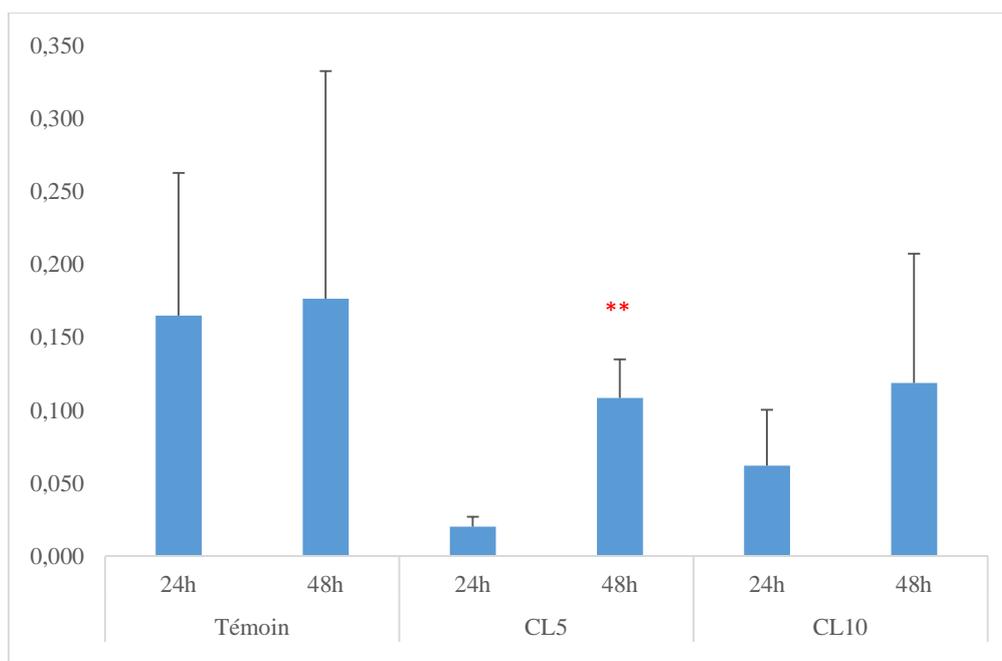
### 2.3. Effet du temps d'exposition

#### 2.3.1. Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative ( $p = 0.918$ ) entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 24 et 48 heures. De la même façon, le temps d'exposition à l'insecticide na un effet significatif ( $p = 0.004$ ) sur l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL5. Par contre, le temps d'exposition au pesticide n'a pas d'effet significatif ( $p = 0.366$ ) sur l'activité de la GST chez les séries traitées par la CL10 (Tab 09 ; Fig. 34).

**Tableau 09 :** activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments postéro-Médiane des juvéniles d' *E. fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n = 10$  individus après 24 heures et 10 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	0,165±0,098 a	0,020±0,007 a	0,062±0,038 a
48	0,177±0,156 a	0,109±0,026b	0,119±0,089a



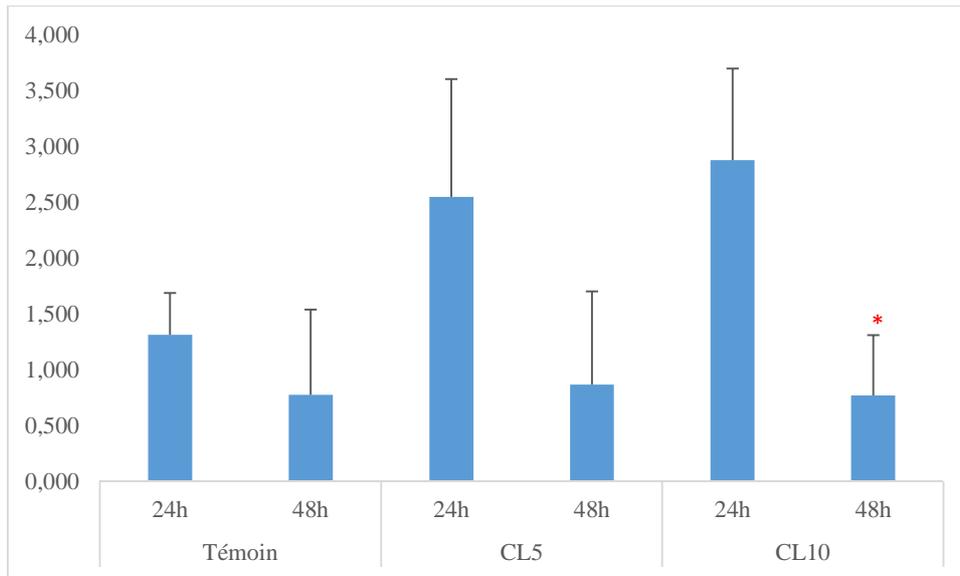
**Figure 34** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments postéro-Médiane des juvéniles d' *E. fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n = 10$  individus après 24 heures et 10 individus après 48 heures). Les astérisques indiquent un effet significatif du temps d'exposition).

### 2.3.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative ( $p=0.334$ ) 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 ( $p=0.096$ ) sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL5. Cependant, le temps d'exposition au pesticide a un effet significatif ( $p=0.020$ ) sur la quantité de protéines chez les séries traitées par la CL10 (Tab 10 ; Fig. 35).

**Tableau 10**: la quantité de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' *E. fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n = 10$  individus après 24 heures et 10 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
<b>24</b>	1,315 $\pm$ 0,374 a	2,550 $\pm$ 1,053 a	2,878 $\pm$ 0,820 a
<b>48</b>	0,778 $\pm$ 0,762 a	0,868 $\pm$ 0,834a	0,772 $\pm$ 0,540b



**Figure 35** : la quantité de protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des juvéniles d' *E. fetida* traités aux concentrations sub-létales (CL5 et CL10) après 24 et 48 heures d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 10$  individus après 24 heures et 10 individus après 48 heures). Les astérisques indiquent un effet significatif du temps d'exposition)

# *Discussion*

**Discussion:**

Plusieurs stratégies biologiques complémentaires peuvent être utilisées pour évaluer les effets des pesticides dans les milieux naturels : mesure de biomarqueurs, analyses sur des espèces sentinelles et recherche de bioindicateurs. (Aubertot et *al.*, 2011)

Afin de poursuivre le même axe de recherche, l'objectif visé par cette étude, est de tenter d'apporter à travers notre présent travail une contribution à l'évaluation de la toxicité d'un insecticide. Nous avons choisi un bio indicateur faisant parti des lombriciens. Ce taxon est généralement considéré comme des indicateurs biens adaptés en bio-surveillance (Lafont, 1989). Leur importance dans la structure des écosystèmes peut être expliquée par le fait qu'il s'agit d'un groupe d'invertébrés écologiquement dominant. En outre, les vers de terre sont présents dans de nombreux sols des régions tempérées aux régions tropicales. Ils sont souvent utilisés comme organisme d'essai pour déterminer l'effet et l'accumulation de produits chimiques dans le sol (Peijnenburg et Vijver, 2009).

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à évaluer les effets d'un insecticide, PHOENIX (Lambda-cyhalothrine) sur les paramètres physiologiques du vers de terre *E. fetida*, ainsi que l'effet du temps pendant la période de traitement dans les conditions du laboratoire.

**1. Identification**

Le sol contient un des assemblages les plus complexes d'organismes vivants qui interagissent avec les composants organiques et inorganiques d'un sol. Parmi la composante biotique de ce système, les invertébrés terrestres sont des acteurs importants dans ces interactions du sol. De ce fait ils ont un impact majeur au niveau des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, assurant le maintien de la capacité du sol à délivrer des services écosystémique (Lavelle, 2002 ; Lavelle et *al.*, 2006). Ces services écosystémiques concernant l'approvisionnement en eau, le cycle de nutriment, la formation du sol, la régulation du climat ou encore le contrôle de l'érosion.

En Algérie, Omodeo et *al.*, (2003) estiment que la biodiversité est faible sur l'ensemble du territoire Maghrébin (Maroc, Algérie et Tunisie). En effet, ils n'ont signalé que 38 espèces dont 24 se trouvent en Algérie. Ainsi, dans le secteur algérois, Baha (1997) a recensé 11 espèces. Dans le Constantinois, Ouahrani (2003) a déterminé 11 espèces et dans la vallée du Soummam dans la Kabylie, Kherbouche et *al.*, (2012) ont signalé 5 espèces (*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Octodrilus complanatus* et *Microscolex dubius*).

Travers l'échantillonnage réalisé dans région de Tebessa. On a procédé à l'identification des espèces de vers de terre que nous avons collecté. On a recensé 02 espèces lombriciennes : *Eisenia fetida* et *Aporrectodea Molleri*.

### **1.1. *E. fetida* (Savigny, 1826)**

L'espèce *E. fetida*: c'est une espèce d'origine européenne, elle appartient au groupe des vers épigés (Bouché, 1977). Cette espèce est connue sous le nom du vers de fumier, elle a été trouvée dans le climat semi-aride inférieur (Bazri et al., 2013) et dans des endroits chauds et secs (Zeriri et al., 2013). Cette catégorie écologique vit sur ou près de la surface du sol, typiquement dans les couches de la litière des forêts ou dans les matériaux riches en matière organique (comme le compost) et ne creuse pas (Lee, 1985 ; Römbke et al., 2005). Aussi, c'est une espèce ubiquitaire avec une distribution mondiale (Domínguez & Edwards, 1997).

### **1.2. *Aporrectodea molleri***

*A. molleri*: a été répertoriée dans le climat semi-aride, il se localise préférentiellement dans les points humides (notamment au bord des oueds) (Bazri, 2015). Elle est observée seulement dans quelques points en Portugal et dans la partie Atlantique de Galice (Monroy et al., 2007), indiquant une connexion entre les environnements maghrébines et ibériens. Il se pourrait que son arrivée en Afrique du Nord est liée à la géodynamique et le mouvement des plaques Rif-Bétiques.

## **2. Etude éco toxicologique :**

### **2.1. Effet sur les biomarqueurs :**

Les biomarqueurs sont des importants éléments d'évaluation des risques écologiques liés à la pollution, qui mesurent l'interaction entre un système biologique et un agent environnemental (Who, 1993).

L'acquisition de cette résistance est définie comme la capacité d'une espèce à tolérer des doses de produit toxique habituellement létales (Ishaaya, 2001), pour survivre et se reproduire (Magnin et al., 1985). Ce phénomène est assuré par un nombre de mécanismes qui sont capables de détoxifier les xénobiotiques en métabolites moins toxiques (Soderlund, 1997). Ces derniers sont classés en trois phases :

La phase I est dû à une diminution de la pénétration cuticulaire qui est un mécanisme de résistance de moindre importance mais qui peut contribuer en association avec d'autres à augmenter le niveau de résistance (Georghiou, 1994; Pasteur & Reymond, 1996; Taylor & Feyereison, 1996).

La phase II relativement la plus importante, assure une bonne détoxification des xénobiotiques. Il est lié à une augmentation du taux des diverses enzymes de détoxification (Sodrlund, 1997) telles que les monooxygénases à cytochrome P450 (Kassi *et al.*, 1994; Scott, 1999), l'estérase (Field *et al.*, 1999; Zhu *et al.*, 1999, Harold & Ottea, 2000), la glutathion-S-transférase (Parapanthadara *et al.*, 2000; Yu & AboElghar, 2000; Sun *et al.*, 2001), et la lactate déshydrogénase entre autre (Saleem & Shakoori, 1987; Ribeiro *et al.*, 1999). Ce sont des enzymes qui introduisent des groupes réactifs ou polaires dans les xénobiotiques (Bernhardt, 2006 ; Le Goff *et al.*, 2003) et offrent une protection initiale aux insectes contre les insecticides (Werck-Reichhart Feyereisen, 2000 ; Le Goff *et al.*, 2003; Bernhardt, 2006; Daborn *et al.*, 2007).

Enfin, la troisième phase, aussi importante que la seconde, traite de l'altération des sites cibles et leur insensibilité aux insecticides (Rufingier *et al.*, 1999 ; Tomita *et al.*, 2000 ; Siegfried & Scharf, 2001).

Plusieurs travaux ont enregistré une inhibition ou une induction de l'activité de différentes enzymes impliquées dans le processus de détoxification suite aux traitements par les métabolites secondaires (Valizadeh *et al.*, 2013 ; Mahanta *et al.*, 2017). Ces deux types de réponses dépendent de l'évaluation du niveau d'exposition et des effets toxiques de xénobiotiques sur l'organisme ainsi que la sensibilité de l'espèce exposée (Sifi, 2009).

Nous nous focaliserons dans cette étude sur certains biomarqueurs les plus utilisés actuellement sur les organismes terrestres (Saint-Denis *et al.*, 2001 ; Brown *et al.*, 2004 ; Xiao *et al.*, 2006 ; Gambi *et al.*, 2007 ; Reinecke *et al.*, 2007).

#### **2.1.1. Effet sur la GST :**

Les glutathion-S-transferases (GSTs) sont des enzymes multifonctionnelles impliquées dans la phase II de détoxification ; catalysant la conjugaison du groupement thiol du « glutathion réduit » à un grand nombre de xénobiotiques exogènes ou endogènes modifiés en composés polaires (Jakoby & Habig, 1980 ; Liska, 1998 ; Chelvanayagam *et al.*, 2001 ; Nho & Jeffery, 2001 ; Boyer, 2006 ; Walters *et al.*, 2009 ; Sau *et al.*, 2010; Ebadollahi *et al.*, 2013). Ceci résulte en synthèse d'un acide mercapturique qui est ensuite facilement éliminable. Donc, le rôle majeur du glutathion est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig *et al.*, 1974).

Les GSTs des insectes sont classées en deux groupes, cytosolique et microsomal. Elles sont surtout localisées dans le cytoplasme des cellules, du corps gras et des muscles alaires (Haubruge & Amichot, 1998). Elles permettent le développement de la résistance envers les agents chimiothérapeutiques, les insecticides, les herbicides et les antibiotiques microbiens et

jouent un rôle important dans la physiologie du stress, le transport intracellulaire et dans la biosynthèse des hormones (Oppenoorth et al., 1977 ; Kao & Sun, 1991; George, 1994; Sun et al., 2001 ; Board & Menon, 2013).

Les résultats obtenus de notre étude montrent que, L'activité spécifique de la GST chez *E. fetida*, n'a marqué aucun changement au cours de la période testée (24heures et 48 heures), et qui se traduit par une mise en place du processus de détoxification qui est une forme de défense du vers de terre contre l'insecticide.

Nos résultats sont d'accord avec (Booth O'Halloran, 2001) qui vise à s'avoir aucun effet sur l'activité de la GST n'a été observé chez les vers de terre exposés au fenitrothion ou au carbamate carbaryl (Ribera et al., 2001) ou au métaux Pb et Zn (Maity et al., 2008). Des études similaires montre, qu'il n'y pas d'effets significatif sur l'activité de GST chez *A. caliginosa* traitée par l'insecticide (Décis) menée par (Menaceur, Arar,2021), ainsi que (Habeab, Jouini,2021) constaté que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition au l'herbicide Glyphon chez *Aporrectodea caliginosa*. Par contre les etudes de (Bouazdia.k.2019) montre que l'activité de la GST augmente après exposition des vers de terre *E .fetida* à la concentration sub-létale de lambda cyhalothrine (karaté). Des études similaires ont révélé une induction de la GST chez les vers de terre tels que *L. terrestris* suite à une exposition à l'herbicide Sekator et l'engrais triphosphate (Mekahlia et al., 2015) et *E. fetida* exposé à l'herbicide acétochlore (Schröder & Xiao et al. 2006) et les herbicides fenoxaprop et metolachlor (Abdel Salam 2008).

## **2.2. L'effet sur le taux de protéines :**

Face à un stress, les organismes ont besoin de beaucoup d'énergie pour lutter et se maintenir, et cette énergie peut être stimulée par le catabolisme des protéines (Ribeiro et al., 2001). Une diminution de la concentration en protéines peut être due à la formation de lipoprotéines utilisées pour réparer les dommages causés aux organites des cellules et des tissus (Rambabu & Rao, 1994 ; Sancho et al., 1998) ou peut être attribuée à une diminution de l'activité métabolique générale (Baudrimont et al., 1997 ; Geret et al., 2003). Cette diminution indique donc une protéolyse qui permet la production d'acides aminés libres. Ces acides aminés peuvent être utilisés par le cycle de Krebs pour fournir de l'énergie ou par la gluconéogenèse pour fournir du glucose.

L'analyse de nos résultats sur le taux de la protéine montre que n'a pas un changement significatif cours de la période testée des séries traités avec les concentrations CL5 et CL10. Des résultats similaires ont été signalés par Bouazdia (2019) a constaté qu'à aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'étude chez les séries

témoins et traitées par l'insecticide karaté Zeon. Similairement, Habeb Et Jouini (2021) montrent qu'il y a aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant la période d'exposition des séries traitées avec la concentration CL50 chez *A. caliginosa* exposé au l'herbicide Glyphon.

Par contre les travaux de Menaceur Et Arar (2021) qui mis en évidence une augmentation du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par un autre insecticide Décis chez *A. caliginosa*. D'autre des études Habeb Et Jouini(2021) ont enregistré une diminution de la teneur en protéines chez les séries traitées avec la concentration CL10 après 48h d'exposition par l'herbicide Glyphon. Également avec 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.

De plus, le traitement d'un autre modèle biologique l'escargot *E. vermiculata* l'étude d'Attia(2021) qui ont mis en évidence une augmentation significative du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique, le Weafert, un engrais chimique. Similairement au (Fayez et al., 2012) montre qu'une augmentation du taux de protéines chez *Biomphalaria alexandrina* traitée par deux pesticides, Roundup et atrazine et chez *Eobenia vermiculata* traitée par deux engrais, Urée et NPK (Guedouche, 2017).

### **3.Effet du temps d'exposition :**

#### **3.1. Sur l'activité du GST :**

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

L'analyse de nos résultats sur l'activité de la GST montre qu'il n'y a pas un changement significatif chez les séries traitées témoin et CL10 ,24/ 48 heures aussi les séries CL5 24 heures. Similairement au Bouazdia (2019) a constaté qu'à l'activité de GST chez les séries témoins reste constante et ne présente pas de différence significative traitées par Sekator.

D'autre coté ; les séries CL5, 48heures indiquent un effet significatif. Cependant avec Bouazdia (2019) montre que les séries traitées avec la concentration sub-létale CL10 manifestent une différence significative après 4,7 et 14 jours d'exposition. Par contre Habeb Et Jouini (2021) enregistrés que l'activité du GST reste inchangée pendant la période d'exposition au Glyphon (48H) chez *A. caliginosa*, aussi Menaceur Et Arar (2021) qui mis en évidence qu'il n'y pas d'effet significatif sur l'activité de GST après 48 heures d'exposition chez les séries traitées par Décis chez *A. caliginosa*.

**3.2. Sur le taux de protéines :**

Nos résultats montrent que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition des séries traitées témoin et CL5 24 ,48 heures et CL10 24 heures. Également avec les résultats de Habeb Et Jouini (2021) montrent qu'il y a aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant la période d'exposition des séries CL5 traitées par Glyphon chez *A. caliginosa*.

A l'opposé chez les séries traitées CL10 48 heures d'exposition montre qu'une diminution de la teneur en protéines. Similairement 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 ; par contre chez les séries témoins et traitées par l'insecticide Karaté Zeon aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant la période d'étude. 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.

*Conclusion*

## **Conclusion**

Le sol joue un rôle important dans la croissance des organismes vivants, mais malheureusement, il est souvent exposé à divers polluants issus, surtout, de mauvaises pratiques en agriculture, ce qui entraîne des changements métaboliques et physiologiques pour les organismes vivants qui y sont présents.

Les vers de terre sont l'un des ingénieurs physiques de l'écosystème, Ils jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques. Ils assurent la décomposition, l'incorporation de la matière organique et la formation des turriculées en augmentant la fertilité du sol, ainsi que la disponibilité des éléments minéraux nutritifs pour les plantes et les autres organismes du sol.

Notre étude a permis d'évaluer l'effet d'un insecticide (Phoenix) chez une espèce bio indicatrice de pollution les vers de terre (*E. fetida*), nous a permis de tirer quelques conclusions sur différentes paramètres physiologiques, biochimiques (protéines), enzymatiques (GST) ; qui a été menée au niveau du laboratoire de biologie animale.

Les résultats obtenus, ont démontré que le traitement des vers de terre avec l'insecticide Phoenix n'a aucun effet significatif sur l'activité de GST, et les protéines totales, par contre en fonction du temps les résultats ont montré qu'elle a un effet significatif, que ce soit sur le GST (CL5 après 48 Heure) et le taux des protéines (CL10 après 48 Heure).

Cette étude sur les effets d'un insecticide sur les vers de terre *E. fetida* aspect physiologie a suscité de nombreuses hypothèses de réflexion :

- Comme première hypothèse, Phoenix n'a aucun effet sur l'activité du GST, mais peut avoir un effet sur l'ACHE ou le GSH pour les jévuniles d'*E. fetida*.
- Comme deuxième hypothèse, il est possible de poursuivre les recherches sur l'effet physiologique de Phoenix sur plusieurs autres biomarqueurs tels que : les glucides, lipides et LDH.
- Dans notre travail, nous avons étudié l'effet de Phoenix avec des petites concentrations sur les vers. Nous espérons que dans les prochaines recherches, des travaux seront faits sur d'autres concentrations sur *E. fetida*.

- Il est possible de travailler sur l'*E. fetida* avec un autre insecticide ayant la même matière active et avec les mêmes concentrations. Et comparer les résultats obtenus.
- Enfin, il est possible de changer l'espèce, comme :les larves d'insectes, les myriapodes, les limaces... et d'étudier l'effet du Phénix sur celui-ci.

*Références*

*Bibliographiques*

**A**

- Abdel Salam Aly M, Schröder P. (2008).** Effect of Herbicides on Glutathione-S-transferases in the Earthworm, *Eisenia fetida*. *Env Sci Pollut Res*, 15 (2) 143–149.
- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009).** Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.
- Ansari, R.W., Shukla, R.K., Yadav, R.S., Khann, V.K., (2012).** Involvement of dopaminergic and serotonergic systems in the neurobehavioral toxicity of lambda-cyhalothrin in developing rats. *Toxicol. lett.* 211, 1-9.
- Anonyme, (2017).** Comité sécurité Alimentaire d'Aprifel : pesticides, risques et sécurité alimentaire, [http://www.aprifel.com/userfiles/file/pesticides\\_risques\\_securite\\_a.pdf](http://www.aprifel.com/userfiles/file/pesticides_risques_securite_a.pdf), Vu le 02/04/2017 à 23h00.
- Attia, L., Tine, S., Tine-Djebbar, F., Soltani, N. (2021).** Potential hazards of an inorganic fertilizer (Weafert) for the brown garden snail (*Eobania vermiculata* müller, 1774): Growth, Histological and Biochemical changes and biomarkers. *Applied Ecology and Environmental Research*. 19(3):1719-1734.
- Aubertot J.-N., Clerjeau M., David C., Debaeke P., Jeuffroy M.-H., Lucas, P., et al., (2005).** Stratégies de protection des cultures. Expertise scientifique collective INRA/Cemagref « Pesticides, agriculture et environnement » - Chapitre 4, 104 pages.
- Avel M (1959).** Classe des Annélides Oligochètes. In: *Traité de Zoologie*, Vol. 5. Grasse PP, ed., pp. 224–470. Masson, Paris.

**B**

- Bachelier G. (1963).** la vie animale dans le sol O.R.S.T.O.M.PARIS, 273 p.
- Bachelier G. (1978).** La Faune des Sols : Son Ecologie et Son Action, Orstom, Paris, pp 391.
- Bäch U, Altmsyer P. Iseoberg JC. Büch HP (1991) :** Increase of thiopental concentration in tissues of the rat due to an anesthesia with halothane. *Arzneimittelforschung* Apr.41(4) 363-6 Buch U Molter.
- Baha M. (2008).** Etude bioécologique des oligochètes du nord de l'Algérie. Thèse de doctorat.
- Baudrimont, M., Metivaud, J., Maury, B., Ribeyre, F., Boudou, A. (1997).** Bioaccumulation and metallothionein response in the asiatic clam (*Corbicula fluminea*) after experimental exposure to cadmium and inorganic mercury. *Environ, Toxicol, Chem.* 16: (2096-2105).
- Bazari k ,** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est algérien. Thèse de doctorat en aménagement des milieux naturels .université constantine1 .Algérie, (2015), 169 p.
- Belhadi, A., Mehenni, M., Reguieg, L., & Yakhlef, H. (2016).** Pratiques phytosanitaires des serristes maraichers de trois localités de l'est des Ziban et leur impact potentiel sur la santé humaine et l'environnement. *Revue Agriculture*, 1, 9–16.
- Bernhardt, R. (2006).** Cytochromes P450 as versatile biocatalysts. *Journal of*

Biotechnology. 124(1): 128-145.

**Berrah A.(2011).** Etude sur les pesticides. Mémoire Master 2 en toxicologie appliquée . Université de Tébessa Algérie.

**Blanchart, E., Brown, G., G., Chernyanskii, S., S., Deleporte, P., Feller, C., et Goulet, F. (2005).** Perception et popularité des vers de terre avant et après Darwin. Étude et Gestion des Sols, Volume 12, 2, 2005 - pages 145 à 152.

**Board, P. G. & Menon, D. (2013).** Glutathione transferases, regulators of cellular metabolism and physiology. Biochimica et Biophysica Acta (Bba)-General Subjects. 1830(5): 3267-3288.

**Booth, L.H., Heppelthwaite, V.J., O'Halloran, K., 2000.** Growth, development and fecundity of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* after exposure to two organophosphates, New Zealand Plant Protection, 53, 221–225.

**Boström, U. et Lofs-Holmin, A. (1996).** Annual population dynamics of earthworms and cocoon production by *Aporrectodea caliginosa* in a meadow fescue ley. Pedobiol. 40, 32-42.

**Bouazdia, K; Habes, D., 2017.** Earthworm Species Identified in the Region of Tébessa (Eastern Algeria). International Journal of Zoological Research. 13(1): 38-44.

**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).

**Bouazdia, K. (2020).** Combined Effect of Two Agrochemicals on *Aporrectodea caliginosa* in a Semi-arid Land. 124.

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

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

**Boyer, S. (2006).** Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides : Conséquences environnementales. Thèse de Doctorat en sciences. Spécialité : Biologie. Université Joseph Fourier-Grenoble I, 78 p.

**Bradford M.M., (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram; quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem., 72: 248-254.

**Brouwer A, Longnecker MP, Birnbaum LS, Cogliano J, Kostyniak P, Moore J, Schantz S, Winneke G (1999)** .Characterization of potential endocrine related health effects at low dose levels of exposure to PCBs. Environ Health Perspect. <http://doi.org/10.1289/ehp.99107s4639>.

**Butt. K. R. (1993).** Reproduction and growth of three deep-burrowing earthworms (Lumbricidae) in laboratory culture in order to assess production for soil restoration. Biol.Fertil. Soils 16, 135-138.

## C

**Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M P., Coquet Y., (2005).** Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. Editions France

Agricole, France. 637 p.

**Chelvanayagam, G., Parker, M. W. & Board, P.G. (2001).** Fly fishing for GSTs : A unified nomenclature for mammalian and insect glutathione transferases. *ChemicoBiological Interactions*. 133: 256-260.

**Crisp , T. M. Clegg . E. D. Cooper , R. L .; Wood , W. P. Anderson , D. G. Baetcke , K P Hoffmann , J. L Morrow , M.S. Rodier , J .; Schaeffer , J. E Touart , L W Zeeman , M. G .; Patel , Y. M. , 1998.** Environmental endocrine disruption : An effects assessment and analysis . *Environ . Health Perspect .* , 106 ( Suppl 1 ) : 11-56.

**C.S.K. Mishra, Suryasikha Samal. (2021).** Rediscovering Earthworms. Cambridge Scholars Publishing. 137 pages.

**Curry, J. P. (1998).** Factors affecting earthworm abundance in soils. In: Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, pp. 389.

**D**

**Daborn, P. J., Lumb, C., Boey, A., Wong, W. & Batterham, P. (2007).** Evaluating the insecticide resistance potential of eight *Drosophila melanogaster* cytochrome P450 genes by transgenic over-expression. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 37(5): 512-519.

**Daily, G. C., Alexander, S. et Ehrlich, P. R. (1997).** Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1-18.

**Dallerac M., (2005).** Influence de la fertilisation basique calcique et magnésienne sur la population lombricienne. N°16, Ed : Chambre Syndicale, Paris, p 4.

**Daniel, O., Kohli, L. et Bieri, M. (1996).** Weight gain and weight loss of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. at different temperatures and body weights. *Soil Biol. Biochem*. 28, 1235-1240.

**De Blainville (1830)**, in Murechison's *Sil. System*, 1830, p,672, --Austin, *Ann. Mag, Nat, Hist.*, X,1842, p.109 ;1843, p.198, --Pictet, *Traité de Pal.*, p.332—Dtjarinx and Hupé, *Hist. Nat. Zooph.*, 1866, d. *Pal.*, 1879, p. 365.

**Dennis Holley. (2017).** *General Biology II: Organisms and Ecology*. Dog Ear Publishing, 1016 pages.

**Diaz Cosin; Bergmann, P; Almod óvar, A; Heethoff, M;DJ., (2011).**

Ultra structural and molecular insights into three populations of *Aporrectodea trapezoides* (Dugés, 1828) (Oligochaeta, Lumbricidae) with different reproductive modes. *Pedobiologia*, 54, 281-290.

**Domange, N. (2005).** Etude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut-Rhin). Université Louis Pasteur - Strasbourg I. Thèse de Doctorat. p.329.

**Domínguez J., Aira M Et Brandón M. G., (2009).** El papel de les lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Mayo 2009. AEET: 20-31.(<http://www.researchgate.net>).

**E**

**Ebadollahi, A., Khosravi, R., Sendi, J. J., Honarmand, P. & Amini, R. M. (2013).** Toxicity and physiological effects of essential oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) larvae. Annual Research and Review in Biology. 3(4): 649-658.

**Edwards C.A., Bohlen P.J., Linden D.R. et Subler S. (1995).** Earthworms in agroecosystems. In: Earthworm Ecology and Biogeography in North America. (Hendrix, P. F. eds.), Lewis Publisher, Boca Raton, FL, 185-213 pp.

**Edwards, C.A. and P.J. Bohlen. (1996).** Biology and Ecology of Earthworms. 3 rd Edn., Chapman and Hall, London, ISBN: 0412561603, pp: 426.

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

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

**El Azzouzi, E. habib. (2013).** Processus Physico- chimiques d'Élimination des pesticides dans l'environnement: Cas de l'Imazéthapyr. Université Mohammed V – Agdal. Thèse de Doctorat. p.109.

**EO; Ruddell, D; Ho. Chang, CC; Weissfeld, JL., 2017.** "Pesticide exposure and liver cancer: a review." Cancer Causes & Control 28(3): 177-190.

**Evans A.C. et Guild W. J. (1948).** Studies on the Relationships Between Earthworms and Soil Fertility, Annals of Applied Biology. Vol. 35: 471–484.

### F

**Fayez A., Barky, Hala A. Abdelsalam, Momeana, B. Mahmoud, A, Salwa, A.H. Hamdi (2012).** Influence of Atrazine and Roundup pesticides on biochemical and molecular aspects of *Biomphalaria alexandrina* snails Medical Malacology Department, Theodor Bilharz Research.

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

**Fernández, R., Almodóvar, A., Novo, M., Simancas, B., Díaz Cosín, D.J. (2012).** Adding complexity to the complex: new insights into the phylogeny, diversification and origin of parthenogenesis in the *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta, Lumbricidae). Molecular Phylogenetics and Evolution 64, 368-379.

**Field, L. M., Blackman, R. L., Tyler-Smith, C. & Devonshire, A. L. (1999).** Relationship between amount of esterase and gene copy number in insecticide-resistance *Myzus persicae* (Sulzer). Biochem. J., 339: 737-742.

### G

**Gerard B. M. (1967).** Factors affecting earthworms in pastures. J. Anim. Ecol. 36: 235-252.

**Geret, F., Serafim, A., Bebianno, M. (2003).** Antioxidant enzyme activities, metallothioneins and lipid peroxidation as biomarkers in *Ruditapes decussatus*. Ecotoxicology. 12:417–426.

**Georghiou, G. P. (1994).** Principles of insecticide resistance management. Phytoprotection, 75(4), 51-59.

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

**Gobat J. M., Aragno, M. & Matthey W.,( 2003).** The living soil: basic pedology – soil

biology. Chapman and Hall, 569 pp.

**Grant, S. C. H., Michielsens, C. G. J., & Cass, A. J. (2010).** Pre-season run size forecasts for Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in 2010. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/042: vi +125. Available from [http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2010/2010\\_042-eng.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/resdocs-docrech/2010/2010_042-eng.htm)

**Gupta r, Yadav a, Garg v k.** Influence of vermicompost application in potting media on growth and flowering of marigold crop. Int J Recycl Org Waste Agric, (2014),3(1):1-7.

### *H*

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

**Habab Mouna Jouini Rihab, 2021.** Effet d'un herbicide chez les lombriciens.

**Haubruge, E. & Amichot, M. (1998).** Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. Biotechnology Agronomy Society and Environment. 2(3): 161-174.

**Harold, J.A. & Ottea, J.A. (2000).** Characterization of esterases associated with profenofos resistant in the tobacco budworm *Heliothis virescens* (F). Arch. Insect. Biochem. Physiol., 45: 47-59.

**Hartenstein, R. et Amico, L. (1983).** Production and carrying capacity for the earthworm *Lumbricus terrestris* in culture. Soil Biol. Biochem. 15, 51-54.

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

**Herger P.,(2003).** Regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, NaturMuseum Luzern, Wolhusen. 49 p.

**Houseman, JG., 2000.** Cours, Les annélides. Département de biologie, Université d'Ottawa BIO 2521. 73-86 p.

**Hurley PM, Hill RN, Whiting RJ (1998).** Mode of carcinogenic action of pesticides inducing thyroid follicular cell tumours in rodents. Environ Health perspect.

**Huynh NN ( 2009 )** ,Reducing truck turn time at maritime container terminals with appointment scheduling . Transp Res Rec : J Transp Res Board 3230 : 48-56.

### *I*

**Inserm (Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale), (2013).** Expertise collective. Pesticides, effets sur la santé, 2013. <http://editions.inserm.fr/zh5/109743>.

**Ishaaya, I. (1990).** Benzoylphenyl-ureas and other selective control agent, mechanism and application In: Cassida, J.E (Ed) Pesticides and alternatives. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 365-376.

### *J*

**Jamshidi P, Pishkahi Z (2014)** .The Study of Regeneration in Posterior Part of *Aporrectodea Caliginosa*. Medical and Bioengineering.3(1) : 45-49.

**Jeroen B et al . , 2004.** Les pesticides Composition , utilisation et risques . Fondation Agromisa ( Agrodok 29 ) , Wageningen , Pays bas ( Hollande ) .

**K**

- Kao, C. H. & Sun, C. N. (1991).** In vitro degradation of some organophosphorus insecticides by susceptible and resistant diamondback moth. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 41(2): 132-141
- König C., (2007).** les vers de terre. Futura-Sciences (www.futura-sciences.com).

**L**

- Lakhani, K. H. et Satchell, J. E., (1970).** Production by *Lumbricus terrestris* (L.). *J. Anim. Ecol.* 39, 473-492.
- Lavelle, P. and Gilot, C. (1994).** Priming effects of macroorganisms on microflora: A key process of soil function? In: *Beyond the Biomass* (eds. K. Ritz, J. Dighton and K. Giller), 176–181.
- Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W., Ghillion, S. (1997).** Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159–193.
- Lavelle P. et Spain A. (2001).** *Soil Ecology*, Kluwer Scientific Publications, ISBN 0-7923-7123-2, Amsterdam, the Netherlands.
- Lavelle, P., Maury, M. and Serrano. V. (1981).** Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz. Época de lluvias. In: Reyes-Castillo, P. (ed.) *Estudios Ecológicos en el Trópico Mexicano*. Institute of Ecology Publication 6, 65-100.
- Lee KE. (1985).** *Earthworms: Their ecology and relationships with soil and land use*. Academic Press, London.
- Le Goff, G., Boundy, S., Daborn, P. J., Yen, J. L., Sofer, L., Lind, R., Sabourault, C. & Madi-Ravazzi, L. (2003).** Microarray analysis of cytochrome P450 mediated insecticide resistance in *Drosophila*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 33(7): 701-708.
- Leonard r. A. (1990).** Movement of pesticides into surface waters. In *Pesticides in the soil environment*. Soil Science Society of America Book Series, n° 2, Madison, WI, USA, 303-349.
- Liberty Press C, Glotzhabe R (2005).** *Biology Laboratory Set Student Manual*. 179 p.
- Liska, D. J. (1998).** The detoxification enzyme systems. *Alternative Medicine*.
- Lofs-Holmin, A.(1982).** Reproduction and growth of common arable land and pasture species of earthworms (Lumbricidae) in laboratory cultures. *Swed. J. Agr. Res.* 13, 31 - 37.
- Lowe, C. N. et Butt, K. R. (2002).** Growth of hatchling earthworms in the presence of adults: interactions in laboratory culture. *Biol. Fertil. Soils* 35, 204-209.

**M**

- Maaprat. (2012).** *Ecophyto2018. Réduire et améliorer l'utilisation des phytos: moins, c'est mieux* Guide de bonnes pratiques phytosanitaires Entretien des Espaces Verts et Voiries.p.44.
- Magnin, M., Fournier, D. & Pasteur, N. (1985).** Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides. *Entomol. Medica et Parasitol.*, 4 :273-280.

**Mahanta, S., Khanikor, B. & Sarma, R. (2017).** Potentiality of essential oil from *Citrus grandis* (Sapindales: Rutaceae) against *Culex quinquefasciatus* say (Diptera: Culicidae). *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5(3), 803-809.

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

**Martin C., Naim P., Carion J F et Dholland F.( 2011).** Les lombriciens : outils de gestion des agro-systèmes. 14 et 15 décembre 2011, ACCES et NANTES, Versailles – Lyon. P 27.

**Marino, F., A. Ligeró, D. J. Díaz Cosin. 1992.** Heavy metals and earthworms on the border of a road next to Santlago (Galicia, Northwest of Spain): initial results. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 1705-1709.

**Mateo Sagasta J ; Marjani Zadeh S ; Turrall H, (2018).** “More people, more food, worse water? -Water Pollution from Agriculture: a global review”. FAO. Rome, Italy, 225 p.

**Mayeux, V. et Savanne, D., (1996).** La faune, indicateur de la qualité des sols. Ademe, Direction Scientifique Service Recherche impacts et milieux, pp. 62.

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

**Menaceur Aoulia Arar Salah,2021.** Effet d'un insecticide chez les vers *Aporrectodea Caliginosa*.

**Millenium Ecosystem Assessment, (2005).** Ecosystems and human well-being. Synthesis

**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.

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

### N

**Nho, C. W. & Jeffery, E. (2001).** The synergistic upregulation of phase II detoxification enzymes by glucosinolate breakdown products in cruciferous vegetables. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 174(2): 146-152.

### O

**OMS, (2009).** The WHO Recommended Classification of P by Hazard and Guidelines to Classification 2004.2e Ed.

**Oppenoorth, F. J., Smissaert, H. R., Welling, W., Van der Pas, L. J. T. & Hitman, K. T. (1977).** Insensitive acetylcholinesterase, high glutathione-S transferase, and hydrolytic activity as resistance factors in a tetrachlorvinphos resistant strain of house fly. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 7(1): 34-47.

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

**P**

- Pasteur, N. & Raymond, M. (1996).** Insecticide resistance genes in mosquitoes: their mutations, migration and selection in field population. *Journal of Heredity.*, 87 : 444-449.
- Parmelee R.W. et Crossley D.A.J. (1988).** Earthworm production and role in the nitrogen cycle of a no-tillage agroecosystem on the Georgia Piedmont. *Pedobiol.* 32: 351-361.
- Parapanthadara, L., Promtet, N., Koottathep, S., Sombon, P. & Ketterman, A.J. (2000).** Soenzymes of glutathion S-transferase from mosquito *Anopheles* species B: the purification, èpartial characterization and interaction with various insecticides. *Insect. Biochem. Mol Biol.*, 30: 395-403.
- Pelosi C., (2008).** Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *lumbricus terrestris* au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les lombriciennes. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris, 141 p.
- Pfiffner L, (2013).** Regenwürmer baumeister fruchtbarer böden. FiB .Schweiz. 6p.
- Pfiffner I., Messerli N., Bauchhenss J., (2007).** BodenfruchtbarkeitBodenlebewesen Regenwurm – so lebt er, FiBL & Liebegg, Gränichen. 2p.
- Pimentel, D., (1995).** Amounts of pesticides reaching target pests : environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8, 17-29
- Puranik P., Bhate A., (2008).**Animal Forms and Functions: Invertebrata. Sarup & Sons. 299p.

**R**

- Rambabu, J. P., Rao, M. B. (1994).** Effect of an organochlorine and three organophosphate pesticides on glucose, glycogen, lipid, and protein contents in tissues of the freshwater snail *Bellamya dissimilis* (Müller). *Bull. Environ. Contam, Toxicol.*53: 142–148.
- Razafindrakoto M (2013).** Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar: Taxonomie, Distribution ET Ecologie. Thèse de doctorat en Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Universite D'antananarivo, Madagascar, 151 p.
- Règlement CE n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.
- Rebeiro, S., Guilhermino, L., Sousa, J.P. & Soares , A.M.V.M. (1999).** Novel bioassay based on acetylcholinesterase and lactate deshydrogenase activities to evaluate the toxicity of chemicals to soil isopods. *Ecotoxicol. Environ. Safety.*, 44 : 287-293.
- Reinecke SA et Reinecke AJ. (2007).** Biomarker response and biomass change of earthwormsexposed to chlorpyrifos in microcosms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66, 92-101.
- Ribeiro, S., Sousa, J. P., Nogueira, A. J. A., Soares, A. M. V. M. (2001).** Effect of endosulfan and parathion on energy reserves and physiological parameters of the terrestrial isopod *Porcellio dilatatus*. *Ecotox. Environ, Safe.* 49: 131–138.
- Ribera, D., Narbonne, J.F., Arnaud, C., Saint-Denis, M. (2001).** Biochemical response ofearthworms *Eisenia fetida andrei* exposed to contaminated artificial soil, effects of

carbaryl. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 1123e1130.

**Rufeingier, C., Pasteur, N., Lagnel, J., Martin, C. & Navajas, M. (1999).** Mechanisms of insecticide resistance in the aphid *Uroleucon ribisnigri* (Mosley) (Homoptera : Aphididae) from France. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, 29 : 385-391.

**S**

**Saleem, M.A. & Shakoory, A.R. (1987).** Joint effects of dimilin and Ambush on enzyme activities of *Tribolium castaneum*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 29 : 127-137.

**Sancho, E., Ferrando, M. D., Fernández, C., Andreu, E. (1998).** Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure to fenitrothion. *Ecotox, Environ, Safe.* 41: 168–175.

**Sanco DG. (2011).** Review report for the active substance Lambda cyhalothrin Finalised in the Standing Committee on Plant Health at its meeting on 19 October 2000 in view of the inclusion of lambda cyhalothrin in Annex I of Directive 91/414/EEC, European commission directorate-general health & consumer protection.

**Sandra Alters. (2000).** *Biology: Understanding Life.* Jones & Bartlett Learning, 837 pages.

**Sau, A., Tregno, F. P., Valentino, F., Federici, G. & Caccuri, A. M. (2010).** Glutathione transferases and development of new principles to overcome drug resistance. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 500(2): 116-122.

**Satchell, J. E. (1967).** Lumbricidae. In: Burges, A. et Raw, F. (eds), *Soil Biology.* Academic Press, London, pp. 259-322.

**Schmutz r. (2013).** Vers de terre architectes des sols fertiles. N°1619. FiBL, Suisse, 26 p.

**Schraer (1987).** *Biology, the study of life: laboratory manual.* Allyn & Bacon, Incorporated. 652 p.

**Scott, J.G. (1999).** Cytochrome P450 and insecticide resistance. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, 29: 757-777.

**Siegfried, B. D., Scharf, M. E. (2001).** Mechanisms of organophosphate resistance in insects. In: *Biochemical sites of insecticide action and resistance.* Springer Berlin Heidelberg, pp. 269-291.

**Sifi, K. (2009).** Biosurveillance de la qualité des eaux au Golf d'Annaba : croissance, composition biochimique et dosage de biomarqueurs du stress environnementale chez *Donax trunculus* (Mollusque : Bivalve). Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat. Université de Annaba. 229 p.

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

**Sims, R. W. & Gerard, B. M. (1999).** Earthworms. In: Barnes, R. S. K. & Crothers, J. H. (Eds.), *Synopses of the British Fauna (New Series) No. 31 (Revised),* London: E. J., 167 pp.

**Sivasankari, B; Indumathi, S; Anandharaj, M., 2013.** A study on life cycle of earthworm *Eudrilus Eugeniae*. *Int. J. Res. Pharm. Life Sci.*, 1, 64-67.

**Socorro J.(2015).** Etude de la réactivité hétérogène de pesticides adsorbés sur des particules modèles atmosphériques : cinétiques et produits de dégradation. Thèse de

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- doctorat en Chimie de l'Environnement, Université Aix-Marseille, France, 245p.
- Soderlund, D.M. (1997).** Molecular mechanisms of insecticide resistance. In situ V (Ed). Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals, Chemistry of plant protection. Springer, Berlin Heidelberg New York., 13 : 21-56.
- Sun, C.N., Huang, S.Y., Hu, N.T. & Chung, W.Y. (2001).** Gluthations S-transferase and insect resistance to insecticides. National Chang-hsing university, Taichung, Taiwan, Republic of China., p: 254-269.
- Starr C (2014).** Biology: Concepts and Applications without Physiology. 592 p.
- Stork, N.E. and Eggleton, P. (1992).** Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture 7, 38-47.
- Svendsen, T. S., Hansen, P. E., Sommer, C., Martinussen, T., Grønvold, J. et Holter, P. (2005).** Life history characteristics of *Lumbricus terrestris* and effects of the veterinary antiparasitic compounds ivermectin and fenbendazole. Soil Biol. Biochem. 37, 927-936.

### T

- Taylor, M. & Feyereisen, R. (1996).** Molecular biology and evolution of resistance to toxicants. Mol. Biol. Evol., 13 : 719 – 734.
- Tomlin, A.D.( 1980).** La biologie du ver de terre, 10 p.
- Tomlin CD.( 2000).** Pesticide Manual, a World Compendium. The British CropProtection Council, Alton, Hampshire:UK.
- Tomita, T., Hidoh, O. & Kono,Y. (2000).** Absence of protein polymorphism attributable to insecticide-insensitivity of acetylcholinesterase in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps*. Insect. Biochem. Mole. Biol., 30 : 325-333.

### V

- Valizadeh, B., Jalali Sendi, J., Zibae, A. & Oftadeh, M. (2013).** Effect of Neem based insecticide Achook® on mortality, biological and biochemical parameters of elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* (Col.: Chrysomelidae). Journal of Crop Protection, 2(3), 319-330.
- VoPham, T; Bertrand, K; Hart, JE; Laden, F; Brooks, MM; Yuan, J-M; Talbott, 54.**

### W

- Wall, D. H. 2004.** Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments. Island Press, Washington. USA, 275 pp.
- Walters, K. B., Grant, P. & Johnson, D. L. (2009).** Evolution of the GST omega gene family in 12 *Drosophila* species. Journal of Heredity. 100(6): 742-753.
- Werck-Reichhart, D. & Feyereisen, R. (2000).** Cytochromes P450 : A success story. Genome Biology, Reviews. 1(6) 3003.1-3003.9.
- Whalen J K., Parmelee R W.,( 1999).** Growth of *Aporrectodea tuberculata* (Eisen) and *Lumbricus terrestris* L. under laboratory and field conditions. Pedobiol. 43, 1 -10.
- WHO, (1993).** Biomarkers and Risk Assessment: Concepts and Principles. Geneva : World Health Organization.
- WHO. (2010).** The Who Recommended Classification of Pesticides By Hazard and Guidelines To Classification 2009. World Health Organization.p.60. <https://doi.org/ISBN>

978 92 4 154796 3.

### X

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

### Y

**Yesguer S., (2015).** Evaluation de l'écotoxicité de certains pesticides sur les sols par l'utilisation. d'un biotest : cas des lombricidés. Mémoire en Ecologie et Environnement, Université AMIRA- BEJAIA, Algérie, 88p.

**Yu, S.J. & Abo-Elghar, G.E. (2000).** Allelochemicals as inhibitors of Gluthation-S-transferase in the fall armyworm. Pestic. Biochem. Physiol, 68 : 173-183.

### Z

**Zhu, K.Y., Dowdy, A.K. & Barker, J.E. (1999).** Detection of single-base substitution in an esterase gene and its linkage to malathion resistance parasitoid *Anisoptromalus calandrae* (Hymenoptera : Pteromalidae). Pest. Scie, 55: 398-404.

### Site web

[http://Acetamiprid + lambda cyhalothrin applicable corps public health . fruits . cercals , coms.Ornamentals potatoes.vegetables.cotton \).](http://Acetamiprid + lambda cyhalothrin applicable corps public health . fruits . cercals , coms.Ornamentals potatoes.vegetables.cotton ).)

<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/news.php>.

<http://www.google.fr/search?q=dichogaster%20saliens>.