



République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Echahid chikh Larbi Tébessi – Tébessa-

Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

Département des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

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

Filière : Sciences Biologique

Option : Ecophysiologie animale

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

Thème :

*Effets individuels et combinés de deux pesticides  
chez les vers Aporrectodea caliginosa*

Présenté par :

MESSAI Khawla

BERRAHEL Aya

Devant le jury :

Mme DJELLAB Siham

M.C. A Université Echahid de LARBI TBESSI

Présidente

Mr BOUAZDIA Karim

M.C. A Université Echahid de LARBI TBESSI

Rapporteur

Mr. HANNACHI Med Salah

M.C. B Université Echahid de LARBI TBESSI

Examineur

Année Universitaire 2022-2023

Note : /20

## Remerciements

Avant tout, nos remerciements vont à notre dieu tout puissant, qui nous a éclairé le chemin tout au long de nos études et qui nous a donné le courage, et la volonté à fin d'achever ce travail.

Du fond d'un cœur plein de respect, mon tenon a remercié vivement mon encadreur MR **Bouazdia Karim** pour m'avoir confié le sujet de ce travail, et pour tous ses efforts qu'il a consenti pour le bon déroulement de ce travail, sa gentillesse

Ainsi mon profond remerciement à **Mme Djab Sihem** et **Mr Hannachi Mohamed Salah A** d'avoir présidé notre jury de soutenance.

Nous remercions aussi ceux qui tout au Lang de ces années d'étude ; nous ont étude et conseillés. Particulièrement les enseignants du département biologique des êtres vivants.

Nous sommes reconnaissants à tous les membres de familles ; surtout nos parents qui nous ont soutenus tout au Lang de nos études. Sans oublier notre collègue **Yasmin et Loujain El Yakout** pour son encouragement sans limite.

Enfin ; nous remercions tous les personnages qui ont contribué, a différents degrés, à la réalisation de ce modeste travail.



**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 mémoire.*

*À Ma mère la personne la plus chère à moi, la fleur de mon cœur qui a ouvert pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, Grâce à elle, je suis à cet endroit.*

*Mon père, qui peut être fier et trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Aux fleurs de ma vie et au secret de mon sourire, mes sœurs, soumia et Latifa que Dieu vous protège de ses soins.*

*A mon frère Aoubaid qui m'ont soutenu et encouragé sans relâche durant toutes ces années.*

*Et mes chers frères Achref et Mounir et sa femme Rachida pour leur soutien et leur sollicitude. Sans oublier nos petits oiseaux Mortadha, Mouaz, Tesbih.*

*A mes amis proche aya et Yasmin et Loujain que dieu les protège.*

*Nos plus vifs remerciements à notre professeur et encadreur Dr Bouazdia, son savoir, son ouverture d'esprit, ses conseils sont marqués à jamais notre pensée. Et leur soutien à nous tout au long de travail sur le mémoire*

**Khawla**



## **Dédicace :**

*Avant tout nous remercions Allah tous puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, En ce jour, j'espère réaliser l'un de tes rêves. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour Puisse Dieu te préserver et te procurer sant et bonheur, à toi mon père*

*Pour ma mère, mon paradis, ma sœur, ma meilleure amie, la personne la plus chère à moi, et la lumière de ma vie, une source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Vos prières et vos bénédictions m'ont beaucoup aidé tout au long de ma vie. Qui s'est Battue pour voir ses enfants réussir. Que Dieu la protège. Merci maman je te dois tout. je suis là grâce à toi.*

*Mon cher frère Il y a de la dévotion, aucun mot ne peut vraiment exprimer mon profond amour Mon sincère respect et ma gratitude pour votre amour, mes encouragements constants et ma gratitude envers vous Un soutien moral dans les moments difficiles, qui était pour moi la meilleure garantie de réussite. Que Dieu vous protège et vous donne la santé et le bien-être*

*À mon adorable tante et ma sœur **wahiba** et à mon petit frère Nizar Je sais enfin ce que suis que le bonheur d'avoir une grande sœur sur laquelle on peut compter je vous souhaite une vie pleine de bonheur.*

*A ma tante **Moufida** et toute ma famille chacun en son nom Pour son soutien, claue instant.*

*Mes meilleurs amis Yasmin e et **khaoula** Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*A mon ami **Loujain** au bon cœur, merci beaucoup pour votre soutien constant.*

*Nos plus vifs remerciements à notre professeur et encadreur **Dr : Bouazdia**, son savoir, son ouverture d'esprit, ses conseils ont marqué à jamais notre pensée. Et leur soutien à nous tout au long de travail sur le mémoire*

**AYA**

## Résumé

Le travail que nous avons abordé se situe dans le but d'évaluer l'effet d'un insecticide (PHOENIX 5E) et l'herbicide (OSCAR) et la mixture des deux chez les adultes des vers de terre.

Dans un premier temps, on a d'abord identifié l'espèce de vers de terre collectés dans le site d'échantillonnage, Tébessa (faculté de biologie) Ainsi, on a pu recenser une seule espèce *Aporrectodea caliginosa*.

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

Nos résultats montrent que l'activité GST et la quantité de protéines restent inchangé après l'utilisation des deux concentrations de l'herbicide. On a constaté qu'il n'y a pas une différence significative de l'activité GST entre les séries traitées Par CL10 et CL25 après 1 semaine et 2 semaines. Similairement, avec la quantité de protéines au cours du temps.

L'activité GST et la quantité de protéines a changé après l'utilisation de la concentration C110 de l'insecticide. Par contre, on a noté qu'il n'y a pas de différence significative de l'activité GST entre les séries traitées avec CL10 après 1 et 2 semaines. Similairement, la quantité de protéines ne manifeste aucun changement au cours du temps.

L'activité GST et la quantité de protéines changé après l'utilisation des deux concentrations de la mixture. On a constaté qu'il y a une différence significative de l'activité GST des séries traitées avec CL10 après 2 semaines par rapport au témoin. Par contraire, aucun changement de la quantité de protéines n'a été remarqué après les deux semaines.

Nos résultats pourraient fournir une base scientifique pour une évaluation précise du risque écologique des mélanges de pesticides sur les invertébrés du sol.

**Les Mots Clé :** *Aporrectodea caliginosa* oscar 75%, phoenix 5EC, mixture, GST, protéine,

**Abstract :**

The aim of our work was to evaluate the effect of an insecticide (Phoenix 5E) and a herbicide (OSCAR 75%) and the combination of the two on adult earthworms. In the beginning, an identification study was conducted for earthworms collected at the sampling site, Tebessa (Faculty of Biology), thus we were able to identify one species: *Aporrectodea caliginosa*.

In our work, we focused on the effect of PHOENIX 5E and OSKAR 75% on adult worms prevalent in the region, under different non-lethal concentrations. We were interested in the enzymatic biomarker GST, protein intake and its evolution over time. Our results show that GST activity and the amount of proteins remain unchanged after two concentrations of herbicides are applied. We found that there was no significant difference in GST activity between the CL10- and CL25-treated series after 1 and 2 weeks. Likewise with protein intake over time.

GST activity and protein amount changed after both concentrations of the mixture were used. It was found that there was a significant difference in the activity of the chain

CL10 treatment after 2 weeks compared to the control group. On the contrary, no change in protein intake was observed after two weeks.

Our results could provide a scientific basis for an accurate assessment of the ecological risk of pesticide mixtures on soil invertebrates.

**Keywords :** *Aporrectodea caliginosa* oscar 75%, phoenix 5EC, mixture, GST, protein

## ملخص

يهدف العمل الذي قمنا به إلى تقييم تأثير مبيد حشري (فينيكس 5 إي) ومبيد أعشاب (أوسكار 75%) ومزيج الاثنين في ديدان الأرض البالغة. في البداية تم إجراء دراسة تعريفية لديدان الأرض التي تم جمعها في موقع أخذ العينات، تبسة (كلية علم الأحياء)، وهكذا تمكنا من تحديد نوع واحد: *Aporrectodea caliginosa*

ركزنا في عملنا على تأثير المبيد الحشري PHOENIX 5E و OSKAR 75% على البالغين من الديدان السائدة في المنطقة، تحت تركيزات مختلفة غير مميتة. كنا مهتمين بعلامة GST الحيوية الأنزيمية وكمية البروتين وتطورها بمرور الوقت

تظهر نتائجنا أن نشاط GST وكمية البروتينات تظل دون تغيير بعد استخدام تركيزين من مبيدات الأعشاب. وجد أنه لا يوجد فرق كبير في نشاط GST بين السلسلة المعالجة بـ CL10 و CL25 بعد أسبوع واحد وأسبوعين. وبالمثل مع كمية البروتين بمرور الوقت

تغير نشاط GST وكمية البروتين بعد استخدام كلا تراكيز الخليط. وجد أن هناك فرقاً كبيراً في نشاط للسلس.

المعالجة بـ CL10 بعد أسبوعين مقارنةً بالمجموعة الضابطة. على العكس من ذلك، لم يلاحظ أي تغيير في كمية البروتين بعد أسبوعين.

يمكن أن توفر نتائجنا أساساً علمياً لإجراء تقييم دقيق للمخاطر البيئية لخلائط مبيدات الآفات على لافقاريات التربة.

**الكلمات المفتاحية:** 75% oscar *Aporrectodea caliginosa*، mix، GST، protein، phoenix 5EC

## Table de matières

<i>Titre</i>	<i>Page</i>
<i>Introduction</i>	<b>01</b>
<b><i>Chapitre 1 : synthèse bibliographique</i></b>	
1. Généralités sur les vers de terre	<b>04</b>
1.1.La faune de sol	<b>04</b>
1.2.Classification de la faune de sol	<b>04</b>
2. Les vers de terre	<b>04</b>
2.1. Systématique	<b>05</b>
3. Morphologique	<b>06</b>
3.1.la taille	<b>07</b>
3.2.la tête	<b>07</b>
3.3. Prostomium	<b>08</b>
3.4. Le metastomium	<b>08</b>
3.4.1.la zone antérieure	<b>08</b>
3.4.2. Clitellum	<b>08</b>
3.4.3.la zone post clitellienne	<b>09</b>
3.5. Le pygidium	<b>09</b>
3.6.les soies	<b>09</b>
4.anatomie interne du vers de terre	<b>09</b>
4.1. Système digestif	<b>09</b>
4.2. L'appareil circulation	<b>09</b>
4.3. Le système excréteur	<b>10</b>
4.4. Le Système respiratoire	<b>10</b>
4.5. Le système nerveux	<b>11</b>
4.6. L'appareil reproducteur	<b>11</b>
5. nutrition	<b>12</b>
6. cycle de vie	<b>12</b>
7. reproduction	<b>13</b>
8. les catégorie écologique	<b>14</b>



8.1. Épigés	14
8.2. Endogés	14
8.3. Anécique	15
8.4. Facteur édaphique	16
8.4.1. la température	16
8.4.2. Texture du sol	16
8.4.3. Structure du sol	16
8.4.4. Ph du sol	16
Généralité sur les pesticides	17
1. Historique	17
2. définition des produits phytosanitaires	17
3. classification des produits phytosanitaires	18
3.1. Nature chimique de la principale substance active	18
3.2. la nature d'espèce à combattre	19
3.2.1. L'herbicide	19
3.2.2. L'insecticide	20
3.2.3. La fongicide	21
Approche d'évaluation de la toxicité des mélanges des pesticides	21
4. Classification des pesticides selon les risques	22
5. dégradation des pesticides	23
6. stockage des produits phytosanitaires	23
7. les réglementations de l'utilisation des pesticides en Algérie	23
8. pollution des pesticides dans l'environnement	24
8.1. Dans le sol	24
8.2. Dans l'air	25
8.3. Dans l'eau	26
8.4. Sur la santé humaine	26
9. sources d'exposition aux pesticides	26
<b><i>Chapitre 2 : matériel et méthodes</i></b>	
1. Présentation de la région de Tébessa	29
1.1. Le climat	29
1.2. Présentation de site de collecte	29
2. Prélèvement des échantillons	30

3.choix de l'espèce	<b>30</b>
3.1. Apporectodae caliginosa	<b>30</b>
3.2. Systématique d'A. caliginosa	<b>31</b>
4.materiel utilise	<b>31</b>
4.1.sur le terrain	<b>31</b>
4.2. Dans laboratoire	<b>32</b>
5. la procédure de sélection et rinçage de vers de terre	<b>32</b>
6. condition expérimentales	<b>32</b>
7. les pesticides utilisé	<b>33</b>
7.1. L'insecticide Phoenix 5EC	<b>33</b>
7.2. L'herbicide Oskar	<b>34</b>
7.3. La mixture	<b>35</b>
7.3.1. Action combinée des composants d'un mélange de pesticide	<b>35</b>
8. traitement	<b>36</b>
9. le dosage enzymatique	<b>39</b>
9.1. Dosage de l'activité GST	<b>39</b>
9.2. Dosage des protéines totales	<b>39</b>
10. analyse statistique	<b>40</b>
<i><b>Chapitre 3 : résultats</b></i>	<b>-</b>
1.effet de l'herbicide Oskar sur la quantité totale de protéine	<b>42</b>
1.1. Après 1 semaine	<b>42</b>
1.2. Après 2 semaines	<b>43</b>
2.effet de l'herbicide Oskar sur l'activité GST	<b>44</b>
3.1.Après 1 semaine d'exposition	<b>44</b>
2.2. Après 2 semaines d'exposition	<b>44</b>
3.effet du temps d'exposition	<b>45</b>
3.1. Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique de la GST	<b>45</b>
3.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales	<b>46</b>
4.effet de l'insecticide Phoenix	<b>47</b>
4.1. Effet sur la quantité totale de protéines	<b>47</b>
4.1.1 Après 1semaines	<b>48</b>
4.1.2. Après 2semaines	<b>48</b>
4.2. Effet de Phoenix sur l'activité GST	<b>49</b>

4.2.1. Après 1 semaine d'exposition	<b>49</b>
4.2.2. Après 2 semaines d'exposition	<b>49</b>
5. Effet du temps d'exposition	<b>50</b>
5.1. Effet sur l'activité enzymatique de la GST	<b>50</b>
5.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales	<b>51</b>
6. effet de la mixture	<b>52</b>
6.1. Effet de la mixture sur la quantité totale de protéines	<b>52</b>
6.1.1. Après 1 semaine	<b>52</b>
6.1.2. Après 2 semaines	<b>53</b>
6.2. Effet sur l'activité GST	<b>53</b>
6.2.1. Après 1 semaine d'exposition	<b>53</b>
6.2.2. Après 2 semaines d'exposition	<b>54</b>
7. effet du temps d'exposition	<b>55</b>
7.1. Effet du temps d'exposition sur l'activité enzymatique GST	<b>55</b>
7.2. Effet du temps d'exposition sur la quantité des protéines totales	<b>56</b>
<b><i>Chapitre 4 : Discussion</i></b>	<b>-</b>
1.A. caliginosa (Savigny ; 1826) ou Nictodriluscaliginosus (bouché ; 1972)	<b>58</b>
2. les effets sur les biomarqueurs	<b>58</b>
2.1.1. Effet d'herbicide Oskar sur l'activité GST	<b>59</b>
2.1.2. Effet sur la quantité totale de protéine	<b>59</b>
2.2.1. L'effet de l'insecticide Phoenix sur GST	<b>60</b>
2.2.2. Effet sur la quantité totale de protéine	<b>61</b>
2.3.1. Effet de la mixture sur la GST	<b>62</b>
2.3.2. Effet sur la quantité de protéine	<b>64</b>
<b><i>Conclusion</i></b>	<b>67</b>
<b><i>Références bibliographiques</i></b>	<b>69</b>

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre.	15
02	Quelques familles chimiques de pesticides et leurs cibles principales.	19
03	Présentation des quelques herbicides	20
04	Présentation des quelques insecticides	21
05	Présentation des quelque fongicides	21
06	Produits commerciaux classer selon les risques	22
07	Synthèse des action conjointes des substances d'un melange	36
08	Dosage des proteines : relation de la gamme d'étalonnage	39
09	Activité spécifique de la GST au niveau des ségments cliteliennes des adultes d'A caliginosa traités aux concentration sub-létales.	45
10	La quantité de protéines au niveau des ségments posterieurs des adultes d'A caliginosa traités au concentration sub-létale au cours du temps	46
11	Activité spécifique de la GST au niveau des segment cliteliennes des adultes d'A. caliginosa traités au concentration sub-létales CL10	50
12	La quantité de protéines au niveau des ségments postérieurs des adultes d'A. cqliginosa traités au concentration CL10.	51
13	Activité spécifique de la GST au niveau des ségments cliteliennes des adultes d'A.caliginosa traités au concentration CL10 au cours de temps.	55
14	La quantité de protéines au niveau des segments posterieurs des adultes d'A.caliginosa traités aux concentrations CL10 et CL25 apres 1 et 2 semaines d'exposition	56

La liste de figure :

N°	Titre de figure	Page
01	Aspect général d'un ver de terre	05
02	Schéma des caractères externes observables chez les vers de terre	07
03	Schémas des divers types de tête des vers oligochètes 1 - type zygolobe ; 2 - type prolobe ; 3 et 4 - types prolobe-épilobe (fermé en 3, ouvert en 4) ; 5 et 6 - types épilobes (ouvert en 5, fermé en 6) ; 7 - type tanylobe ; 8 - type prolobe-tanylobe	08
04	Dispositions des soies chez le ver de terre	09
05	Dispositions des soies chez le ver de terre Titre de figure	10
06	Morphologie interne d'un vers de terre	13
07	Cycle biologique ver de terre	14
08	Localisation de trois catégories écologiques de lombriciens	29
09	Carte géographique de Tébessa ; avec le site de collection des vers de terre	30
10	Aporrectodea caliginosa	31
11	Le matériel utilisé sur le terrain	32
12	Le matériel utilisé dans laboratoire	33
13	Les étapes du test	33
14	Structure chimique de la cyhalothrine	34
15	L'insecticide phonix 5Ec	34
16	Structure chimique de la metribuzine	35
17	L'herbicide oskar	35
18	Les étapes de test	37
19	Droite de la régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine	42
20	Effet des concentration sub-létale de l'herbicide oskar sur la quantité de protéines totales après un semaine d'exposition	43
21	Effet des concentration sub- létales de l'herbicide oskar sur la quantité totale après 2 semaines d'exposition	43
22	Activités spécifiques de la GST après 1 et 2 semaines	44
23	Effet des concentration sub-létales de l'herbicide oskar sur l'activité GST après 2 semaine	45
24	La quantité de protéines totales au niveau des segments postérieurs des	47

	adultes d'A. caliginosa traités aux concentration sub-létales après 1et 2 semaines	
25	Effet des concentrations sub-létales de l'insecticide phoenix sur la quantité de protéines totales après 1 semain d'exposition	<b>48</b>
26	Effet des concentration sub-létales de l'insecticide sur la quantité de protéines totales après 2 semaines d'exposition	<b>48</b>
27	Effet des concentration sub létales de l'insecticide sur l'activité GST au niveau des parties clitelienne des vers de terre après 1 semaine.	<b>49</b>
28	Effet des concentration sub-létales de l'insecticide sur l'activité GST au niveau des parties clitiliennes des adultes des vers d'A.caliginosa après 2 semaines d'exposition	<b>50</b>
29	Activité spécifique de la GST au niveau des segments cliteliennes des adultes d'A.caliginosatraités aux concentration CL10 apres 1et2 semaines d'exposition	<b>51</b>
30	La quantité de protéines totales au niveau des ségments postérieures des adultes d'A.caliginosa traités au concentration sub-létale CL10après 1et2 semaines d'exposition	<b>52</b>
31	Effet des concentration sub-létales de la mixture sur la quantité de protéines totales après 1 semaine d'exposition	<b>52</b>
32	Effet des concentration sub-létales de la mixture sur la quantité de protéines totales après 2 semaines d'exposition	<b>53</b>
33	Effet des concentration sub'létales de la mixture sur l'activité GST après 1 semaine d'exposition	<b>54</b>
34	Effet des concentration sub-letales de la mixture sur l'activité GST après 2 semaines	<b>54</b>
35	Activité spécifique de la GST qu niveau des ségments cliteliennes des adultes d'A. caliginosa traités au concentration sub-létale CL10 après 1et2 semaines	<b>55</b>
36	La quantité de protéines totales au niveau des ségments postérieurs des adultes d'A. caliginosa traités aux concentration sub-létales CL10 et CL25 après 1 et 2 semaines d'exposition.	<b>56</b>

# *Introduction*

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

La faune du sol, dont les plus importants représentants, les vers de terre, constituent la première biomasse animale terrestre (Gobat et *al.* 2003 ; Pfiffner, 2013 ; Vigot et Cluzeau, 2014). Ils exercent d'importantes régulations sur les propriétés physiques, la dynamique de la matière organique et la croissance des plantes et constituent, de ce fait, une ressource potentielle de grand intérêt pour la durabilité de l'agriculture (Lavelle et *al.*, 1998), la restauration des sols endommagés et le recyclage des déchets organiques (Blackmore, 2000 ; Lavelle et Spain, 2001). Ainsi, on constate actuellement un regain d'intérêt pour les vers de terre.

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

Les effets bénéfiques des pesticides sont relativement peu présents dans les publications Scientifiques consacrées aux pesticides ; qui traitent très majoritairement des risques associés à ces substances.

L'utilisation des pesticides provoque un certain nombre de problèmes environnementaux, y compris des risques sur la santé des populations. 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).



## ***Introduction***

Les mélanges d'herbicides et d'insecticides sont très souvent utilisés dans les applications agricoles, où des herbicides sont utilisés pour contrôler les mauvaises herbes et les insecticides sont appliqués pour contrôler insectes ravageurs (Choung et *al.* 2011).

Dans la présente étude, nous visons à évaluer l'effet individuel et combinée d'herbicide (Oscar) et de l'insecticide (Phoenix) chez les vers de terre *Aporrectodea caliginosa*.

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 de terrain soit durant les essais de toxicité au laboratoire

Le quatrième chapitre est consacré pour analyser et discuter les résultats obtenus, leurs donner des interprétations et les comparer aux études précédentes.

Et on terminera avec une conclusion générale et des perspectives de recherche.

***Chapitre I :***  
***Synthèse bibliographique***

## **1. Généralités sur les vers de terre :**

### **1.1. La faune du sol :**

La faune du sol est représentée par de nombreux taxons, des milliers d'espèces, l'abondance pondérale de ses groupes n'est pas homogène, (les animaux de petite taille sont plus nombreux que ceux de taille moyenne ou grande, ceci entraîne pour les nématodes et les protozoaires des représentations pondérales importantes (Bachelier, 1978).

### **1.2. Classification de la faune du sol :**

Selon la taille, Bachelier a classé la faune du sol en 04 catégories :

**La Microfaune** : est constituée d'espèces de diamètres inférieur à 0.2mm, les Protozoaires et les nématodes constituent l'essentiel de la microfaune (Bachelier, 1978)

**La Mésofaune** : Rassemble les invertébrés entre 0.2 et 4mm, l'essentiel de la mésofaune est constitué par les Collemboles, et les Acariens (Bachelier1978)

**La Macrofaune** : Cette catégorie comprend les animaux qui mesurent entre 4et 80 mm, elle est constituée par les vers de terre.

**La Mégafaune** : Comprend les animaux de grande taille (entre80 mm et 1.60m), dans cette catégorie on trouve les reptiles, les rongeurs, et les mammifères (Bachelier1978).

## **2. les vers de terre :**

Les vers de terre appartiennent à l'embranchement des Annélides ; autrement dit des « vers segmentés » dont la principale caractéristique évolutive est un corps constitué d'une succession de segments ou d'anneaux, à la sous classe des Oligochètes (porteurs de soies moins abondantes), à l'ordre des Haplotaxida et au sous ordre des Lumbricina. La famille des Lumbricidae est la plus importante des Oligochètes. Elle se compose essentiellement de vers terrestres (Edwards et Bohlen, 1996). Les vers de terre représentent jusqu'à 70 % de la biomasse de sol (Zirbes et *al.* 2011), cinq mille espèces ont déjà été décrites à travers le monde, mais de nombreuses restent à découvrir principalement dans les zones tropicales (Brawn et *al* 2013).

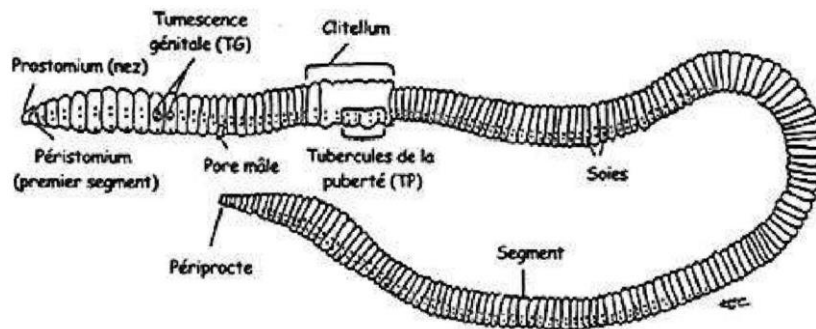


Figure 01 : Aspect général d'un ver de terre (Bouché, 1972)

## 2.1 Systématique :

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

**Règne :** Animalia

**Sous-règne :** *Eumetazoa*

**Phylum :** *Annelida*

**Classe :** *Oligochète*

**Sous-classe :** *Diplostesticulata*

**Super-ordre :** *Megadrili*

**Ordre :** *Opisthopora*

**Sous-ord**Règne : *Animalia*

**Sous-règne :** *Eumetazoa*

**Phylum :** *Annelida*

**Famille :** *Glossoscolecidae*

**Famille :** *Hormogastridae*

**Sous-famille :** *Hormogastrinae*

**Sous-famille :** *Vignysinae*

**Sous-famille :** *Xaninae*

**Famille :** *Lumbricidae*

**Sous-famille :** *Diporodrilinae*

**Sous-famille :** *Lumbricinae*

**Sous-famille :** *Spermophorodrilinae*

**Super-famille :** *Megascolecoida*

**Famille :** *Acanthodrilidae*

**Famille :** *Megascolecidae*

**Famille :** *Ocnerodrilidae*

**Famille :** *Octochaetidae*

**Super-famille :** *Sparganophiloidea*

**Famille :** *Sparganophilidae*

**Sous-classe :** *Tubificata*

**Ordre :** *Tubificida*

**Sous-ordre :** *Enchytraeina*

**Super-famille :** *Enchytraeioidea*

**Famille :** *Enchytraeidae*

### **3. Morphologie :**

Les vers de terre sont des annélides fousseurs dont le corps très extensible est recouvert de mucus pour maintenir la peau humide, est composé aussi de plusieurs segments certains segments ont un rôle particulier : pointe pour le premier, bouche située ventralement pour le deuxième et anus pour le dernier, le premier segment est Apple prostomium, le second peristomium et le dernier pygidium (**Figure 02**) (Sims et Gerard, 1999). L'extrémité avant est pointue et l'extrémité arrière est légèrement plate. La pigmentation dorsale est plus foncée que la ventrale. Les vaisseaux sanguins dorsaux sont visibles du haut de la peau (Bachelier 1978)

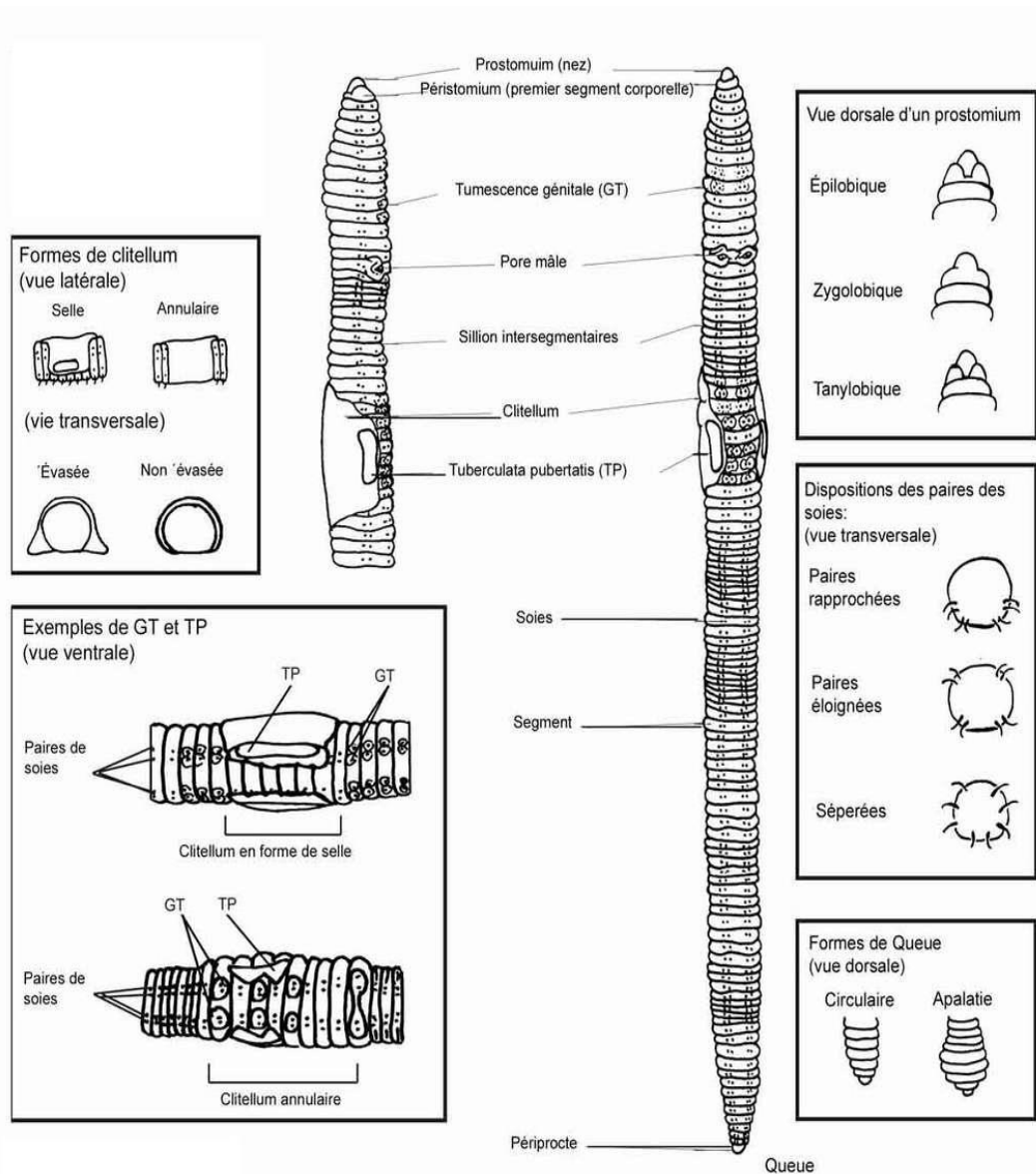


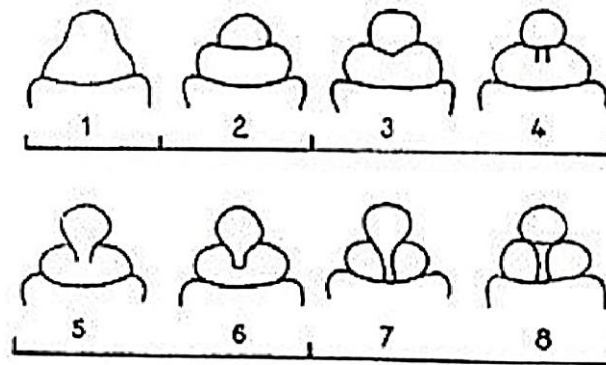
Figure 02 : Schéma des caractères externes observables chez les vers de terre (Bouché, 1972)

### 3.1 La Taille

La taille des vers est difficile à estimer, car leur longueur peut varier du simple au double, et pour une même espèce être influencée par le pH ou l'humidité du sol (Bachelier, 1963). Elle varie de quelques millimètres à 3 mètres comme certaines espèces d'Amérique du Sud et d'Australie (Razafindrakoto, 2013).

### 3.2 La tête

Le prostomium constitue l'extrémité antérieure du ver et n'a pas la même signification que les segments du corps. Ses rapports externes avec le premier segment sont utilisés en systématique, chaque disposition ayant reçu un nom.



**Figure 03 :** Schémas des divers types de tête des vers oligochètes 1 - type zygolobe ; 2 - type prolobe ; 3 et 4 - types prolobe-épilobe (fermé en 3, ouvert en 4) ; 5 et 6 - types épilobes (ouvert en 5, fermé en 6) ; 7 - type tanylobe ; 8 - type prolobe-tanylobe (Tetry, 1939 in Bachelier ,1963)

### 3.3 Prostomium

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

### 3.4 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 : Anté-clitellienne, clitellienne, Post-clitellienne (d'après Sims et Gerard, 1999).

#### 3.4.1 La zone antérieure (anté-clitellienne)

Elle possède une forte densité de cellules sensorielles et contient le cerveau. Sa morphologie est modifiée par le développement musculaire qui à un rôle mécanique important pour la pénétration des vers de terre dans le sol (Sims & Gerard, 1999).

#### 3.4.2 Le clitellum

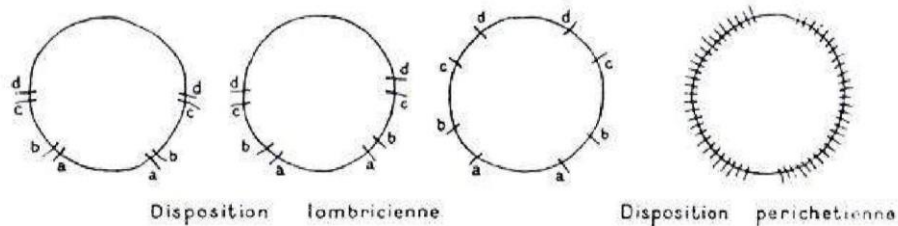
Le clitellum est un caractère dérive, c'est une modification d'une série de segments antérieurs qui forment un anneau renflé qui secrète un cordon muqueux qui permet de maintenir le partenaire lors de la reproduction et aussi pour former un cocon dans lequel les œufs vont se développer (Gauer, 2007).

**3.4.3 La zone post-clitélienn** 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 & Gerard, 1999).

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

### **3.6 Les soies :**

Les vers de terre possèdent des soies peu nombreuses, de forme peu variée et implantées directement dans les téguments en 8 rangées groupées deux à deux (Fig. 6). Chez quelques oligochètes supérieurs de la famille des Megascolecidae, ces soies sont multipliées et forment au milieu des segments une ceinture presque complète (Bachelier, 1963)



**Figure 04** : Dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).

## **4. Anatomie interne du ver de terre**

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

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

### **4.2 L'appareil circulatoire**

L'appareil circulatoire comprend :

- un vaisseau dorsal situé au-dessous du tube digestif.

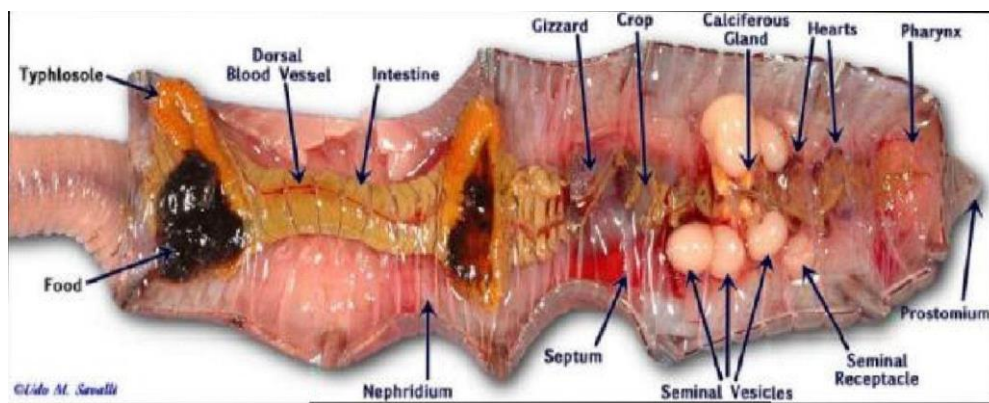


- un vaisseau ventral situé sous le tube digestif.
- en avant, au niveau de l'œsophage, 5 à 8 paires de vaisseaux latéraux, ou anses contractiles, font communiquer le vaisseau dorsal avec le vaisseau ventral et assurant la propulsion du sang
- en arrière de l'œsophage, le vaisseau dorsal est également relié au vaisseau ventral par des anses latérales non contractiles.

L'appareil circulatoire est donc entièrement clos (Villeneuve et Désire, 1965). Sur toute sa longueur, le vaisseau dorsal est contractile ainsi que les anses latérales appelées encore cœurs latéraux. Dans ce vaisseau dorsal le sang circule d'arrière en avant et les anses contractiles propulsent le sang vers le vaisseau ventral, non contractile, où le sang chemine d'avant en arrière. L'appareil circulation du lombric, renferme du sang rouge, contenant un chromoprotéine respiratoire voisin de l'hémoglobine humaine, dissout dans le plasma ; il n'y a pas d'hématies, mais des globules blancs (Boué et Chanton, 1974).

### **4.3. Le système excréteur**

Chaque segment sauf les trois premiers possède une paire de tubes sinueux, les tubes urinaires, s'ouvrant chacun à l'extérieur par un orifice excréteur. Cet organe urinaire porte le nom de néphridie sur le dernier segment, le pygidium, s'ouvre un orifice, l'anus. (Yesguer, 2015). (Figure 05).



**Figure 05** : Morphologie interne d'un vers de terre (Morin et Houseman ; 2002).

### **4.4 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).

#### **4.5 Le système nerveux :**

Le système nerveux est ventral, il comprend :

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

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

#### **4.6. L'appareil reproducteur**

Le lombric possède des organes reproducteurs mâles et femelles : c'est donc un animal hermaphrodite. L'appareil reproducteur mâle : comprend deux paires de testicules logés dans le 10<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> anneau. Les orifices génitaux mâles sont situés dans le 15<sup>ème</sup> anneau. L'appareil reproducteur femelle : est formé par une paire d'ovaires logés dans le 13<sup>ème</sup> anneau. Les orifices génitaux femelles sont situés dans le 14<sup>ème</sup> anneau (Villeneuve et Désire, 1965).

Accouplement et fécondation : Les lombrics, bien qu'hermaphrodites, ne peuvent se féconder eux-mêmes et l'accouplement est indispensable, les spermatozoïdes arrivent à maturité avant les ovules. Les deux lombrics s'accouplent ventre à ventre de telle façon que le clitellum de l'un se trouve en face des réceptacles séminaux (9<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> anneaux) de l'autre.

Les deux clitellums sécrètent chacun un anneau de mucus très visqueux qui durcit à l'air et unit les deux vers. Les spermatozoïdes mis en liberté au niveau de l'orifice sexuel mâle s'écoulent le long de la crête sexuelle et pénètrent dans les réceptacles séminaux de l'autre lombric. Les deux individus se séparent alors et chacun d'eux emporte le manchon de mucus sécrété par l'autre. A ce moment, les ovules sont pondus, et le sperme de l'autre ver, sortant des réceptacles séminaux, les féconde. Les œufs sont fixés à la paroi interne du manchon de mucus qui le ver quitte et qui ferme aux deux bouts. Ce manchon durcit formant le cocon de ponte (Boué et Chanton, 1974). C'est là que s'effectue le développement qui ne comporte pas de métamorphose, ni de phase larvaire libre. L'éclosion d'un œuf donne naissance à un lombric minuscule (Villeneuve et Désire, 1965).

## **5. Nutrition**

Les vers de terre se nourrissent par les plantes mortes (PIFFNER et al. 2007 ; SCHMUTZ, 2013) Ils peuvent manger les feuilles et les résidus de culture, Les bactéries, les algues, les protozoaires et même les champignons mycélium (HERGER, 2003 ; PELOSI, 2008), et même les nématodes et les rotifères (KÖNIG, 2007). Selon BACHELIER (1978), les vers peuvent ingérer même le sol avec les résidus de culture.

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

## **6. Cycle de vie**

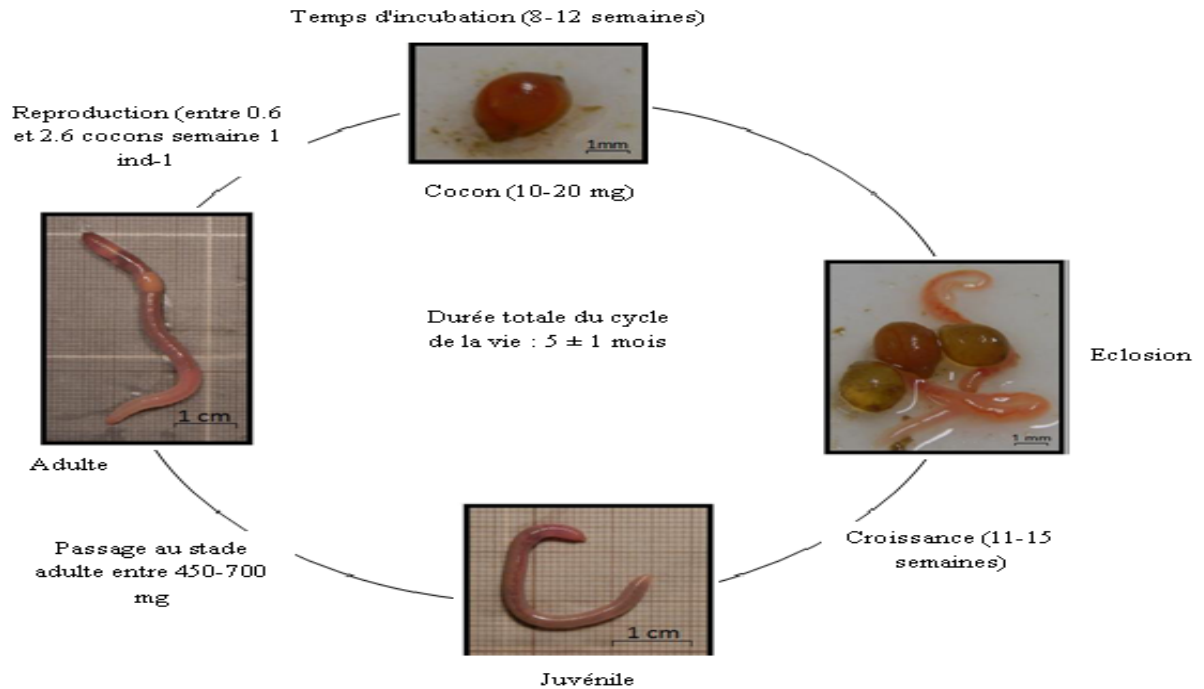
Les vers de terre ont une durée de vie dépendante de l'espèce, de leur biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent (Lakhani et Satchell, 1970). Leur durée de vie varie selon les espèces. Certaines vivent 10 ans en conditions de laboratoire. A titre d'exemple. Bachelier (1978) indique 10 ans et 3 mois pour *Allolobophora Longa*, 4 à 8 ans pour *Lumbricus Terrestris*, 4 à 5 ans pour *Eisenia foetida* et quelques mois pour *Lumbricus castaneus* (Bachelier, 1978). Suivant le groupe fonctionnel, les stratégies d'allocation de l'énergie varient entre les types r et k (Satchell, 1980). La stratégie de type r concerne les espèces à durée de vie courte donc plus spécifiquement les épigés, qui allouent tout d'abord leur énergie à la reproduction et à la croissance. A l'inverse, les stratèges k, principalement les endogés et les anéciques, privilégient la survie à la reproduction et à la croissance car ils ont une durée de vie plus longue.

Les vers adultes produisent plusieurs cocons par an, en fonction de leur âge (Svendsen et al, 2005). Plusieurs études montrent qu'*A. 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 *L. rubellus*, *Lumbricus castaneus* et *Dendrobaena rubidus* sont capables d'en produire entre 42 à 106 par an (Satchell, 1967).

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte), ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu.

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 (fig 06) ; il devient alors adulte (Boström et Lofs., 1996).



**Figure 06** : Cycle biologique ver de terre (PELOSI, 2008)

## 7. Reproduction

Les lombrics sont hermaphrodites, ils possèdent aussi bien des organes mâles que des organes femelles. La reproduction nécessite néanmoins l'accouplement de deux individus, sont prêts à s'accoupler gagnent la surface du sol durant la nuit ou au crépuscule pour chercher un partenaire (STRÄSSLE, 2011). L'autofécondation a été rarement observée, ces vers se reproduisent en mieux au printemps et en automne, si les conditions de température et d'humidité dans le sol sont favorables (HERGER, 2003 ; VIGOT et CLUZEAU 2014 in KEMASSI, 2015).

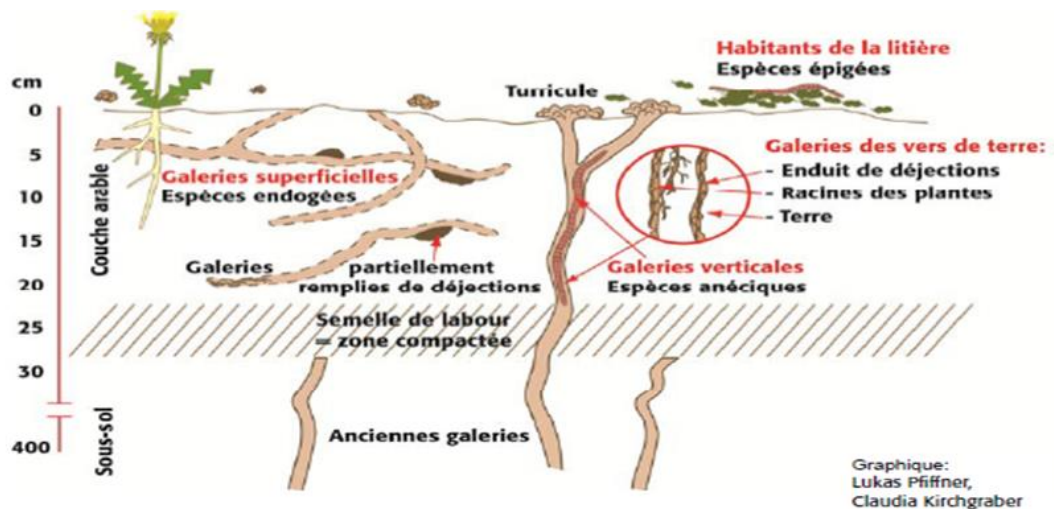
Après l'accouplement les vers se séparent et le clitellum de chaque ver secrète un tube muqueux, puis un cocon que le ver fait glisser vers l'avant. Les deux ovaires, émettent des ovules libérés dans le cocon par les orifices génitaux femelles. Lorsque le cocon passe devant les orifices des réceptacles séminaux, le sperme libéré fertilise les ovules.

La fécondation s'opère alors dans le cocon, c'est une fécondation externe, pendant la croissance embryonnaire, le cocon protège les œufs et contient les réserves nutritives. Quand les embryons ont consommé toute la matière nutritive, ils occupent la totalité du cocon et sont prêts à sortir par une des extrémités, les petits sortent de leurs cocons après une période de 3

semaines à 5 mois environ. Si les conditions sont défavorables, l'éclosion est retardée (CARION, 2012).

## 8. Les catégorie écologique

Selon Bouché (1971) In Bazri (2015) la classification écologique est comme suit (fig 07) :



**Figure 07** : localisation des trois catégories écologiques de lombriciens (Source : OPVT—OSUR/ Univ. Rennes)

### 8.1 Épigés

Elle vit et se nourrit dans les couches de surface, principalement la litière, sa taille à l'état adulte est petite à moyenne (10-30mm), elle s'est de pigmentation sombre souvent ventrale et dorsale. Ces espèces sont caractérisés par des mouvements rapides en repenses à perturbations, leurs stratégies pour survie à la sécheresse est de former des cocons. Les épigées sont exposés à la prédation surtout par les oiseaux.

### 8.2 Endogée

Elle vit dans les horizons minéraux et se nourrit de la matière organique dans le sol ; taille à l'état adulte moyen (1-20 cm), peu ou pas pigmenté. Sont mouvements est généralement lent, elle survit à la sécheresse par passer à l'état de diapause (arrêt temporaire de développement). Elle est rarement exposée à la prédation par des oiseaux qui creusent le sol et des arthropodes prédateurs. Espèces caractéristiques : *Allolobophora icterica*. *Vignysa popi* (Bouché, 1977).

### 8.3 Anécique

Elle s'enfouit dans le sol mais se nourrit à la surface, sa taille à l'état adulte est grande (10-110cm), à pigmentation moyennement sombre, souvent uniquement dorsale. Son mouvement est plus lent que les épigés, pour survie à la sécheresse elle passe à l'état de quiescence (type de dormance). Les anéciques sont un peu protégés à la prédation dans leurs galeries, mais exposés à la prédation importante quand ils sont à la surface.

Espèces caractéristiques : *Nicodrilus longus*. *Nicodrilus giardi* (Bouché, 1977).

**Tableau 01** : principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de Terre décrites par BOUCHER (1972, 1977).

	<b>Espèce épigée</b>	<b>Espèce anécique</b>	<b>Espèce endogée</b>
Alimentation	Litière décomposée à la surface du sol, peu ou pas d'ingestion de sol.	M.O décomposée à La surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec Préférence pour Matériau riche en M.O.
Pigmentation	Sombre, souvent ventrale et dorsale.	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale.	Peu ou pas pigmenté
Taille adultes	Petites à moyenne (10-30 cm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm)
Galeries	Pas ; quelques galeries dans 1ere cm de sol par espèces intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans Horizon minéral.	Galeries continues, extensives, subhorizontales, souvent dans les 15premiers cm de sol.
Mobilité	Mouvements rapides en réponse à Perturbation.	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents.
Longévité	Relativement courte.	Relativement longue	Intermédiaire
Temps de génération	Court	Long	Court
Survie à sécheresse	Sous forme de	Quiexence	Diapause

	Cocons		
Prédation	Très importante, surtout par oiseaux, mammifères et arthropodes prédateur	Importante, surtout quand ils sont en surface, un peu protégés dans leur galerie.	Faible ; un peu par Oiseaux qui creusant le sol et arthropodes Prédateurs.

## **8.4 Facteurs édaphiques**

### **8.4.1. Température**

Les lombrics peuvent vivre à des degrés de température variable. Les températures situées entre 15 °C et 25 °C sont idéales pour rendre les vers efficaces dans leur travail. En dessous de 10 °C, le processus est ralenti ; en dessous de 5 °C l'activité des vers est fortement compromise et des températures au-dessus de 30 °C causent la mort certaine des vers (HYGEEA, 2013).

### **8.4.2 Texture du sol**

Les rejets des vers de terre sont habituellement d'une texture plus fine que celle des sols, et donc plus limoneux et plus argileux, ils varient fortement selon les espèces et leur taille (BACHELIER, 1978). Aussi, plusieurs auteurs étudient l'action des vers de terre sur la texture de rejets où ils constataient que la texture des rejets était plus fine que le sol environnant (NYE, 1955 in BACHELIER, 1978).

### **8.4.3 Structure du sol**

La distribution des vers de terre s'appuie en partie sur la texture du sol, tandis que leurs activités modifient leurs environnements, notamment la structure du sol. Des expériences ont montré que l'introduction des lombriciens dans les sols dégradés (isolément ou en combinaison avec les plantes), augmente la porosité et la stabilité structurale (CLEMENTS et al. 1991 in BAZRI, 2015).

### **8.4.4 .PH du sol**

Les vers de terre sont généralement absents dans les sols très acides (pH < 3,5) et sont peu nombreux dans les sols à pH < 4,5 (CURRY, 1998 in PELOSI, 2008). Selon BACHELIER (1978) et HERGER (2003), les vers de terre ont une large gamme de pH. Il y a des espèces acidophiles, des espèces basophiles et des espèces ubiquistes ou indifférentes. D'une manière générale, les vers de terre sont peu sensibles au pH, et il existe un pH optimal pour chaque espèce (EDWARDS et BOHLEN, 1996 in PELOSI, 2008).

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

### **1. Historique**

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

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

### **2. Définition des produits phytosanitaires**

Pesticide : est un terme générique dérivé des termes latins « caedere » (tuer) et « pestis » (fléau), intégré à la langue anglaise dès les années 1940, puis à la langue française à la fin des années 1950 (BALDI, 2013). Utilisé pour désigner toute substance naturelle ou de synthèse capable de contrôler, de repousser ou de détruire des organismes vivants (micro-organisme, animaux, ou végétaux) ou de s'opposer à leur développement. Le terme pesticide est progressivement remplacé par le terme : produit antiparasitaire, produit phytosanitaire, produit phytopharmaceutique (PULAMI, 2018).

Selon LOUCHAHI (2015), le terme pesticides dérivé du mot anglais « pest » qui désigne tout plante ou animale (ver, mollusque, insecte, rongeurs, oiseaux et mammifères), virus, bactérie, champignon susceptible d'être nuisible pour l'homme et à son environnement et de « cide » de latin caedere signifiant frapper, abattre, tuer.

Un pesticide est une préparation contenant une ou plusieurs substances actives, et destinées à protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou prévenir leur action (LOUCHAHI, 2015).



Dans le texte relatif à la réglementation européenne les pesticides sont aussi appelés « produit phytosanitaire, produits phytopharmaceutiques, ou produit antiparasite à usage agricole ». Mais sur le plan international, le terme anglais « pesticides » et d'usage courants (LOUCHAHI, 2015).

Les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à :

√ Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leurs actions.

√ Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives. Assurer la conservation des végétaux, pour autant que ces substances ou ces produits ne fassent pas l'objet de disposition particulière de conseil de la commission concernant les agents conservateurs.

√ Détruire les végétaux indésirables.

√ Détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (CALVET et al, 2005).

### 3. Classification des produits phytosanitaires

Dans le but de classer les produits phytosanitaires, deux modes sont utilisés (ANONYME, 2013) :

√ La nature chimique de la principale substance active.

√ La nature de l'espèce à combattre.

√ Selon les risques

#### 3.1. La nature chimique de la principale substance active

Ce type de classement se fait en fonction de la nature chimique de la substance active ; on distingue (OUCHEBBOUK et ZIBANI, 2015) :

√ **Les pesticides organiques** : Citant les organochlorés, les organophosphorés, les Carbamates...etc.

√ **Les pesticides inorganiques** : sont les éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leur utilisation entraîne souvent de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans le sol.

√ **Les bios pesticides** : toutes substances dérivées de plantes ou d'animaux, elles peuvent être constituées d'organisme tel que les : moisissures, bactéries, virus...etc.

**Tableau 02** : Quelques familles chimiques de pesticides et leurs cibles principales (INSERM, 2013)

<b>Familles chimiques</b>	<b>Exemples de substances actives</b>	<b>Classement selon cible</b>
Organochlorés	DDT, Lindane, Dieldrine	Insecticides
Organophosphorés	Malathion, Chlorpyriphos-ethyl Chlorpyriphos, Diazine	Insecticides
Pyréthrinoïdes	Perméthrine, Deltaméthrine	Insecticides
Carbamates	_Aldicarbe, Cabaryl, Carbofurane _Asulame, Diallate, Terbucarbe _Benthiavalicarbe	_Insecticides _Herbicides _Fongicides
Dithiocarbamates	Mancozèbe, Manèbe, Zinèbe	Fongicides
Phtalimides	Flopel, Captane, Captafol	Fongicides
Triazines	Altrazine Simazine, Terbutilazine	Herbicides
Phénoxyherbicides	MCPA, 2,4-D, 2,4,5-T	Herbicides
Chloroacétamides	Alachlore, Métolachlore	Herbicides
Pyridines- bipyridilimus	Paraquat, Diquat	Herbicides
Aminophosphonates glycine	Glyphosate	Herbicides

### **3.2. La nature de l'espèce à combattre**

Elle repose sur le type de parasites à contrôler, il existe trois grandes familles (EL MRABET, 2006) :

**3.2.1 Herbicides** : se sont toutes substances destinées à éliminer les mauvaises herbes adventices des cultures. Ils ont un mode d'action diversifiés car ils agissent sur une ou plusieurs étapes de la photosynthèse.

**Tableau 03 :** Présentation des quelques herbicides (ACTA, 2015)

Herbicides		
Nom commercial	Matière active	Doses d'utilisation
<b>APYROS</b>	SULFOSULFURON 75%	26,5 g/Ha dans 200 - 400 L/Ha
<b>CALLIFOP</b>	DICLOFOPMETHYL 360 g/l	2,5-3 L/HA
<b>PARAXONE</b>	PARAQUAT S/F DICHLORURE 100 g/l	8 L/HA
<b>DESORMONE LOURD</b>	2,4 -D-ESTER S/F DE BUTYLGLYCOL 872 g/l soit 600 g/l acide	0,7-1 L/Ha
<b>ETALON 50 WP</b>	LINURON 50%	2,5-3 kg/ha
<b>GLITAN</b>	GLYPHOSATE 360 g/l	4 - 6 L/Ha

**3.2.2 Insecticides :** Ils sont des substances actives destinées à protéger les cultures et le bétail contre les insectes. On distingue les insecticides de contact, d'ingestion ou d'inhalation.

C'est le groupe de pesticides qui représente le plus de risques pour l'homme. Ils se répartissent en trois grands groupes selon leur nature chimique : substances minérales, molécules organiques d'origine naturelle ou produits organiques des synthèses qui sont de loin les plus utilisés actuellement. Autres que les organochlorés qui sont bannis actuellement dans la plupart des pays du nord, les insecticides appartiennent à trois grandes familles chimiques : les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoïdes de synthèse.

**Tableau 04** : Présentation des quelques insecticides (ACTA, 2015).

Insecticides		
Produit	Matières actives	Doses d'utilisation
ADRESS	LUFENURON 30g/l	24 pièges / Ha
ADVATHION	METIDATHION 400g/l	50-125 ml/hl
BIOAZA 32	AZADIRECHTINE 32g/l	25-150 ml/hl
BISECT	BIFENTHRINE 011 g/l	0,3 L/Ha
CITROLE	HUILE DE PETROLE 790g/l	1-2 L/hl
DELTA	DELTAMETHRINE 0,05%	150-200 g/ql
DIAL 10%	DIAZINON 18%	45 g/Ha

**3.2.3 Fongicides** : ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dommages aux végétaux cultivés, ils combattent la prolifération des champignons pathogènes

**Tableau 05** : Présentation des quelque fongicides (ACTA, 2015).

Produit	Matière active	Doses d'utilisation
ACIL 060 FS	TEBUCONAZOLE 60g/l	50 ml/hl
BANKO 500	CHLOROTHALONIL 500g/l	300 ml/hl
CYMODIN	PROCYMIDONE 50%	50-100 g/hl
EL WAKI	DIFENOCONAZOLE+PROPICONAZOLE 150 g/l	0,5 l/ha
FUNGORO 50	CAPTAN 50%	200-350 g/hl
MOBINEB 80 WP	MANEBE 80%	2-3 kg/ha

### **-Approches d'évaluation de la toxicité des mélanges de pesticides**

Deux grands types d'approche ont été développés pour évaluer la toxicité des mélanges de produits chimiques.

La première, appelée approche ascendante « ditebottom-up », s'intéresse à la toxicité des mélanges simples (Groten et *al.* 2001). Cette approche est la plus utilisée pour évaluer la toxicité et le risque associés à l'exposition aux mélanges de produits chimiques. Les données de toxicité sont recueillies, dans un premier temps pour tous les composants du mélange, puis la toxicité du mélange est estimée selon le principe d'additivité :

Elle est considérée comme la résultante de la toxicité de chaque substance du mélange. La seconde approche appelée descendante « dite top-down » consiste quant à elle à évaluer directement la toxicité d'un mélange dans son ensemble afin de générer des données très appliquées pour l'évaluation du risque (Feron et *al.* 1998). Cette approche considère donc des mélanges complexes dont tous les composants ne sont pas forcément identifiés ou quantifiés. Donc, le mélange complexe n'est plus considéré comme une somme de substances mais comme une seule entité. Ces deux approches sont assez différentes, la première étant plus théorique et la seconde plus appliquée. L'approche théorique concernant les mélanges simples est très souvent loin de la réalité des écosystèmes terrestres et aquatiques où les organismes sont soumis à de multiples stress

#### **4. Classification des pesticides selon les risques**

Une nouvelle classification pour les produits phytosanitaires commercialisés est basée sur les risques de ces derniers (Tableau 06).

**Tableau 06** : Produits commerciaux classer selon les risques (GASTINEL et KERLORCHG, 2010).

	<b>Symptômes</b>
Classes à danger pour la santé	Toxicité aigüe _ Corrosion cutanée/irritation cutanée _ Lésion oculaires graves/irritation oculaire _ Sensibilisation respiratoire ou cutanée _Cancérogénicité _ Toxicité pour la reproduction _ Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique et répétée _ Danger par aspiration
Classes à danger pour l'environnement	Danger pour le milieu aquatique _ Danger pour le sol _Danger pour l'air _Dangereux pour la couche d'ozone
Classes à danger pour les caractéristiques physiques	Explosibles - Gaz inflammables, gaz comburants, gaz sous pression - Aérosols inflammables - Liquides pyrophoriques - Matières solides pyrophorique - Liquides inflammables ...

## **5. Dégradation des pesticides**

La dégradation est le processus de décomposition des pesticides après leurs applications, par les microorganismes, les réactions chimiques et la lumière (photo dégradation).

Ce processus peut durer de quelques heures à plusieurs années, en fonction des conditions environnementales et des caractéristiques chimiques du pesticide. Les pesticides qui se décomposent rapidement ne persistent généralement pas dans l'environnement ou sur la culture. Cependant, ils ne peuvent que fournir un contrôle efficace qu'à court terme. La dégradation microbienne tend à augmenter lorsque les températures sont élevées, le pH du sol favorable, l'humidité du sol et l'oxygène sont adéquats et la fertilité du sol est bonne. La dégradation chimique s'effectue par les réactions des liaisons chimiques des pesticides avec le sol, en relation avec les températures du sol et le pH. Beaucoup de pesticides, en particulier les insecticides organophosphorés, se décomposent plus rapidement dans les sols alcalins. La photodégradation par la lumière du soleil est dans une certaine mesure due à l'intensité de la lumière, la durée d'exposition et les propriétés du pesticide. Les pesticides appliqués au feuillage sont plus exposés à la lumière solaire que ceux incorporés dans le sol. Ils peuvent se dégrader plus rapidement dans les serres recouvertes de plastique que dans les serres de verre, car le verre filtre une grande partie de la lumière ultraviolette (Rathore et Nollet, 2012).

## **6. Stockage des produits phytosanitaire**

Selon FAO en 1995, Il faut placer les stocks de manière à utiliser le produit le plus ancien en premier et à empêcher l'accumulation de stocks périmés. Il placera les conteneurs de façon à réduire au minimum les manipulations et éviter ainsi les dommages mécaniques qui peuvent provoquer des fuites. Les étagères de stockage ne doivent pas dépasser une hauteur de 2 m pour éviter l'emploi d'échelles. Et les conteneurs ne doivent pas dépasser une hauteur de 107 cm sur chaque palette.

## **7. Les réglementations de l'utilisation des pesticides en Algérie**

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

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

phytosanitaire ne peut être commercialisé, importé ou fabriqué s'il n'a pas fait l'objet d'une homologation (journal officiel, 2010). L'homologation des produits phytosanitaires a été instituée en Algérie par les décrets exécutifs qui fixent les mesures applicables lors de l'importation et l'exportation des produits phytosanitaires à usage agricole :

- n° 95-405 du 02 décembre 1995.
- n° 10-69 du 31 janvier 2010.

### 8. pollution des pesticides dans l'environnement

En 1962, aux Etats-Unis, la biologiste Rachel Carson dénonça pour la première fois, dans un ouvrage nommé « Le Printemps Silencieux », la toxicité liée aux organochlorés.

Selon Queyrel (2017), l'entrée des pesticides dans l'environnement se fait généralement lors de l'application en plein champ, des pertes peuvent se produire. En effet au cours d'une pulvérisation, une partie du traitement est détournée de sa cible par le vent ou l'évaporation et constitue les pertes appelées « dérives ». Les pesticides peuvent se volatiliser dans l'air,

Le ruissellement ou la lixiviation dans les eaux de surface et les eaux souterraines, être pris par des plantes ou des organismes du sol ou rester dans le sol (Van Der Werf, 1996).

Les pesticides peuvent être soumis à différents processus qui vont conditionner sa dissipation dans les différents compartiments de l'environnement (Merhi, 2008).

- la photo-dégradation ; est un processus abiotique dans la dissipation des pesticides où l'excitation moléculaire par absorption de l'énergie lumineuse (Katagi, 2004).
- la dégradation par le phénomène d'hydrolyse aqueuse ou de biodégradation grâce aux micro-organismes présents dans le sol ;
- la rétention dans le sol jusqu'à la formation de résidus liés (adsorption) ;
- le transport vers d'autres compartiments environnementaux par des processus physicochimiques (volatilisation) ou via un vecteur, l'eau par lixiviation ou ruissellement ou les particules de sol (désorption).

#### 8.1. Dans le sol

Le sol reçoit la plus forte proportion des pesticides, des millions d'hectares sont traités à travers le monde et les produits se retrouvent éventuellement dans la couche d'humus, la nappe phréatique et l'aquifère. Il peut paraître surprenant qu'il est fallu attendre jusqu'à 1987 pour que les scientifiques reconnaissent que les produits chimiques agricoles ne pouvaient se dégrader rapidement dans le sol, ni s'en évaporer facilement (Regnault-Roger et al. 2005).

Les risques pour l'environnement sont d'autant plus grands que ces produits sont toxiques et persistants dans les sols (Batsch, 2011). Sachant que ces derniers sont une ressource difficilement renouvelable (Barriuso, 1996).

Il est connu que les insecticides organochlorés sont assez persistants dans l'environnement et certains, bien qu'interdits d'usage peuvent rester présents dans le sol pendant plusieurs années (Chaignon et *al.* 2003).

Un exemple de pollution durable des sols par la chlordécone, un insecticide utilisé de 1971 à 1993 aux Antilles françaises pour lutter contre le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*). La chlordécone est peu mobile et se dégrade à une vitesse très lente, voire nulle dans les sols aérés. Cette molécule organochlorée est classée comme polluant organique persistant depuis 2007 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (Jannoyer Magalie et *al.* 2012 ; Cabidoche et Lesueur Jannoyer, 2011).

Le sol joue un rôle majeur dans le devenir des produits phytosanitaires. En effet, par ses propriétés physicochimiques, il va intervenir sur la rétention des produits, tandis que ce processus sera contrarié par ses propriétés biologiques et hydrodynamiques. Les micro-organismes du sol interviendront sur la dégradation et l'élimination du produit (minéralisation), alors que la circulation de l'eau libre du sol contribuera à sa dissipation par son entraînement vers des compartiments non-cibles (Pflieger et *al.* 2009)

### **8.2. Dans L'air**

Très peu d'étude qui ont cerné la qualité de l'air vis à vis des pesticides, à cause des difficultés expérimentales rencontrées (le coût élevé des analyses et du nombre important de molécules utilisées) (Duyser et Vonk, 2003; Bouvier et *al.*, 2006 ; Bouvier, 2009). Le transfert des pesticides vers l'atmosphère peut se faire sous plusieurs formes, par volatilisation au moment de l'application, par érosion éolienne des particules du sol ou par revolatilisation après application à partir du sol et des feuilles des végétaux et les phénomènes de dérive (Briand et *al.*, 2002).

De manière générale, les concentrations en pesticides dans l'atmosphère dépendent des propriétés physico-chimiques du pesticide appliqué, du lieu et du temps. Par conséquent, elles sont plus importantes pour des pesticides ayant des fortes propriétés volatiles, en zones agricoles et durant les périodes de traitement (Gil et Sinfort, 2005).



### **8.3. Dans l'eau**

Les pesticides sont des agents causals de la pollution des eaux. Les espèces aquatiques ainsi que les sources d'eau potable sont exposées à la pollution par divers pesticides polluants transportés par les eaux de pluie qui rejoignent les ruisseaux, les rivières et les lacs. En effet, les principaux mécanismes qui conduisent à la propagation de ces produits dans le sol vers les eaux souterraines sont l'érosion, le ruissellement et le lessivage (Agoussar, 2017). La solubilité de ces produits au niveau des eaux souterraines menace la qualité de l'eau et augmente sa pollution (Gagné, 2007). Cette pollution est liée à la fois à des facteurs naturels comme le climat, la topographie et la nature du sol et des facteurs anthropiques tels que les pratiques agricoles qui entraînent une contamination diffuse très difficile à contrôler. En revanche, la contamination ponctuelle par les pesticides détermine un danger réel pour le milieu environnemental dont elle s'exprime d'environ 50 à 90% de pollution des eaux. C'est la conséquence de rejet de ces produits dans un point unique et identifiable (Agoussar, 2017)

### **8.4. Sur la santé humaine**

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

L'importance des dangers dépend de deux facteurs : la toxicité du pesticide et le degré d'exposition au produit (RAMADE, 2005). La toxicité d'un pesticide indique dans quelle mesure le produit est dangereux. On distingue deux niveaux de toxicité :

#### **8.1. A. Toxicité aiguë (à court terme)**

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

#### **8.1. B. Toxicité chronique (à long terme)**

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

## **9. Sources d'exposition aux pesticides**

L'exposition aux pesticides peut se produire d'une façon directe lors de leur fabrication ou de leurs utilisations professionnelles ou domestiques, et elle peut se produire aussi indirectement par l'air, le contact de surfaces contaminées ou la consommation d'aliment et d'eaux

## *Chapitre I : synthèse bibliographique*

contenant des résidus de pesticides. Selon les circonstances, ce sont soit des populations professionnellement exposées (agriculteurs), soit la population générale qui sera concernées.

L'exposition aux pesticides peut se produire dès l'achat du produit, durant son transport et son stockage. La phase de préparation de la bouillie est considérée comme une phase critique d'exposition. Le risque de contamination lors de l'épandage des pesticides est quant à lui très dépendant du type de matériel utilisé et des caractéristiques du produit (liquide, poudre...).

Le nettoyage du matériel après utilisation est aussi une phase où les contaminations peuvent être relativement fortes.

L'usage au domicile (traitement des jardins, des plantes d'intérieur, des logements, du bois, antiparasitaires, anti-poux ou traitements vétérinaires) ainsi que l'ingestion de résidus de pesticides présents dans les aliments et les boissons sont des éventuelles sources d'exposition (Inserm, 2013)

Les substances pénètrent dans l'organisme selon trois voies : la voie cutanée, la voie digestive (ou orale) et la voie respiratoire.

✓**La voie orale** : Elle est due à l'ingestion d'aliments ou de boissons contenant des résidus de pesticides

✓**L'exposition cutanée** : est démontrée comme la voie majeure de pénétration des pesticides. Cette voie de contamination varie selon les caractéristiques du produit utilisé (poudre, liquide, hydro solubilité et liposolubilité ... etc.)

✓**La voie respiratoire** : L'exposition prend lieu généralement à proximité des zones d'épandage des pesticides dans l'air extérieur. (Inserm, 2013)

L'exposition des professionnels et les agriculteurs se fait essentiellement par voie cutanée et par inhalation, tandis que la voie d'exposition orale concernerait davantage la population générale par ingestion accidentelle ou intentionnelle de pesticides (Isabelle et *al.* 2001).

***Chapitre II :***  
***Matériels et méthodes***

## 1. Présentation de la région de Tébessa :

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême est de l'Algérie, elle est délimitée : au nord, par la wilaya de Souk Ahras ; à 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.

La wilaya est constituée de plusieurs zones géographiques :

Au Nord : les monts de Tébessa qui font partie de l'Atlas, les Hauts plateaux et les Hauts plaines.

Au Sud : le domaine saharien constitué par un plateau saharien.

Nous avons prélevé des échantillons de vers de terre dans les espaces verts de la faculté de des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie (à côté de bloc A).

### 1.1. Le climat :

Le climat de Tébessa est méditerranéen de transition, avec quelques caractéristiques continentales, et semi-aride. L'hiver est assez froid, tandis que l'été est très chaud (bien que pas comme les villes des Hautes Plaines du nord). À Tébessa, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de 7,0 °C, celle du mois le plus chaud (juillet) est de 27,1 °C. Voici les températures moyennes.

### 1.2. Présentation de site de collecte :



Figure 08 : carte géographique de Tébessa, avec le site de collection des vers de terre (la faculté).

## **2. Prélèvement des échantillons :**

- La collecte s'est déroulée pendant la saison d'activité des vers de terre de janvier 2023 au cours de plusieurs sorties sur plusieurs terrains, particulièrement durant les jours pour choisir l'espèce la plus abondante. Pour extraire les vers de terre, nous avons utilisé une méthode physique de Bouché (1972) qui consiste à :
- Marquer un carré de 30cm sur 30cm avec de la poudre de craie.
- Remonter le sol, jusqu'à obtention d'une cavité d'une profondeur de 30 cm.
- Les vers de terre collectés sur le terrain sont placés dans des bacs contenant de la terre et déchets végétaux et transport vers le laboratoire, où nous les trions et les identifions

## **3. Choix de l'espèce :**

Parmi les espèces que nous avons trouvées dans la zone du prélèvement ; Nous avons choisi *A. caliginosa* « adultes ».

\_Un échantillon est prélevé sur son sol naturel où il vit, puis il est conservé dans des caisses au laboratoire, et il est nourri avec des feuilles sèches d'arbres et de l'orge moulue.



**Figure 09 :** *Aporrectodea caliginosa* (photo personnelle)

### **3.1. *Aporrectodea Caliginosa* :**

*A. Caliginosa* est une espèce de vers de la famille des Lumbricidae. C'est un ver de terre qui fait partie des endogés (Savigny 1826). L'espèce présente une aire de distribution vaste, elle se trouve dans les régions humides, ainsi que dans les régions arides (Boukria, 2012). Le complexe d'espèces *Aporrectodea caliginosa* comprend les vers de terre les plus abondants dans les prairies et les écosystèmes agricoles de la région paléartique. (Pérez Losada et *al.* 2009). C'est l'espèce la plus commune et dominante dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017).

### 3.2. Systématique d'*A. Caliginosa*

La position systématique d'*A. Caliginosa* selon la dernière classification d'après la source d'inventaire national du patrimoine naturel de France (MNHN, 2006) est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Phylum** : Annelida
- **Classe** : Clitellata
- **Sous-classe** : Oligochaeta
- **Superordre** : Megadrili
- **Ordre** : Opisthopora
- **Sous-ordre** : Lumbricina
- **Superfamille** : Lumbricoidea
- **Famille** : Lumbricidae Claus, 1876
- **Genre** : Aporrectodea Orley, 1885
- **Espèce** : *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)

### 4. Matériel utilisé :

Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude l'équipement suivant :

#### 4.1. Sur le terrain :



**Figure 10** : matériel utilisé sur le terrain (photo personnelle 2023) A) Une pioche, B) une truelle, C) une porte mangée

#### 4.2. Dans le laboratoire :



**Figure 11** : le matériel utilisé dans laboratoire A) centrifugeuse B) spectrophotomètre C) le tamis D) blanche de dissection E) agitateur F) l'homogénéiseur G) balance digital H) balance électronique

#### 5. La procédure de sélection et le rinçage de vert de terre :

Récupérer les vers de terre et les placer sur sac plastique ; A l'aide d'une pince tous les vers de terre collectés sont triés et comptés selon leur stade de maturité :

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

Puis placer les vers dans un récipient contenant de l'eau pour les rincer.

#### 6. 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 4 heures (**Fig 12**). L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des adultes.





**Figure 12** : les étapes du test A) rinçage dû vers de terre avec l'eau de robinet B) essuyage du vers de terre C) mettre les vers de terre dans une boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs D) mettre 5 individus dans une boîte contient le sol imbibé par l'insecticide et herbicides et la mixture des deux puis couverts avec un couvercle.

## **7. Les pesticides utilisés :**

### **7.1. L'insecticide phœnix 5EC :**

Le Phoenix (la Lambda-cyhalothrine) de la classe des Pyréthroïde, est un insecticide non systémique utilisé pour la lutte contre une large gamme d'insectes ravageurs des plantes. Ce produit résiste à l'hydrolyse en milieu acide et neutre et se dégrade rapidement par photolyse dans l'eau. (Benhasna, Boudmagh 2016 Actinomycètes biodégradation Phoenix sols désertiques. La cyhalothrine est une substance active insecticide de la famille des pyrétrinoïdes. C'est un dérivé fluoré de la pyréthrine (trifluorométhyl-pyréthrine) ; un mélange d'isomères hautement actifs de la cyhalothrine.

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



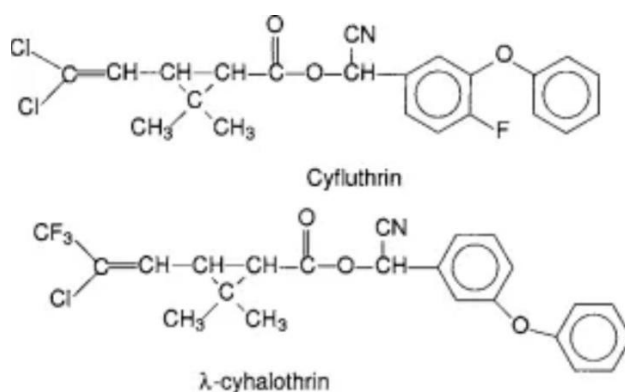


Figure 13 : : structure chimique de la cyhalothrin



Figure 14 : l'insecticide Phoenix 5EC (photo personnelle 2023)

## 7.2. L'herbicide Oscar :

Oscar est un Herbicide systémique hautement actif contre les mauvaises herbes et graminées annuelles et vivaces en arboriculture et en viticulture. Herbicide à base de triazinone qui inhibe la photosynthèse des plantes sensibles en se liant à une protéine du complexe du photosystème II. (Robert, David .2012)

La métribuzine est un composé organique synthétique et un herbicide largement utilisé et appliqué en prélevée et en post levée sur les cultures maraîchères intensives. Il est connu pour son efficacité et sa toxicité relativement faible. (R. Armendáriz, González, in Encyclopedia of Toxicology, 2014)

La métribuzine est légèrement soluble dans l'eau et légèrement soluble dans plusieurs solvants organiques. La métribuzine est un solide cristallin incolore. Utilisé comme désherbant. (NIOSH, 2022)

Substance chimique de formule brute C<sub>8</sub>H<sub>14</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub> de la famille des triazinon



Figure 15 : Herbicide oscar (photo personnelle 2023)

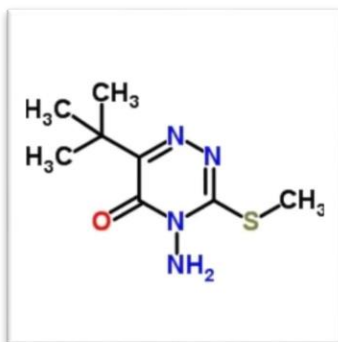


Figure 16 : structure chimique de la métribuzine

### 7.3. La mixture (Oscar et Phoenix)

#### 7.3.1. Actions combinées des composants d'un mélange de pesticides :

Lorsque la réponse observée d'un mélange est significativement différente d'une réponse additive (c'est-à-dire de la réponse théorique calculée à partir des modèles d'additivité), il y a alors interaction entre les différents composés du mélange (tableau04).

Les interactions entre les Produit phytosanitaire peuvent se produire au niveau des cibles propres à leur classe chimique. En effet chaque classe chimique possède un mécanisme de toxicité préférentiel. Deux composés appartenant à des familles chimiques différentes peuvent interagir en synergie par différents mécanismes conduisant au même effet. (Laurence 2017)

Lorsque l'effet observé d'un mélange est plus important que celui prédit par les modèles d'additivité (Addition des concentrations et indépendance d'action), l'effet est dit synergique ; un effet plus faible que celui prédit et appelé effet antagoniste (Greco et al., 1995).

Les animaux ont été sacrifiés immédiatement après exposition aux concentration CL10 et25 des pesticides. Des tissus provenant de régions clitilienne et postérieure ont été traités pour une étude biochimique et une estimation des protéines et l'activité de GST.

Tableau 07 : Synthèse des actions conjointes des substances d'un mélange (Zeman, 2008)

Types d'interactions	Effets		Actions conjointes
Interactions	Supra additivité = effet supérieur à l'effet additif	<b>Synergie</b>	L'effet combiné des composants est plus important que l'effet prédit par les modèles d'additivité
		<b>Potentialisation</b>	L'effet d'un composant est accru par un autre composant qui, seul, n'a pas d'effet.
		<b>Coalition</b>	La toxicité des substances en mélange est supérieure à l'additivité, les substances seules sont non toxiques.
Pas d'interactions	Additivité	<b>Additivité stricte</b>	La toxicité observée d'un mélange correspond à la toxicité attendue en se basant sur les concepts d'addition des concentrations ou d'action indépendante.
Interactions	Sub additivité = effet inférieur à l'effet additif	<b>Antagonisme</b>	L'effet des deux composants est moins important que l'effet prédit par les modèles d'additivité.
		<b>Inhibition</b>	L'effet d'un composant est réduit par un composé qui, seul, n'a pas d'effet.
		<b>Sans influence Apparente</b>	Les composants sont sans effet, seuls et en mélange.

## 8. Traitement

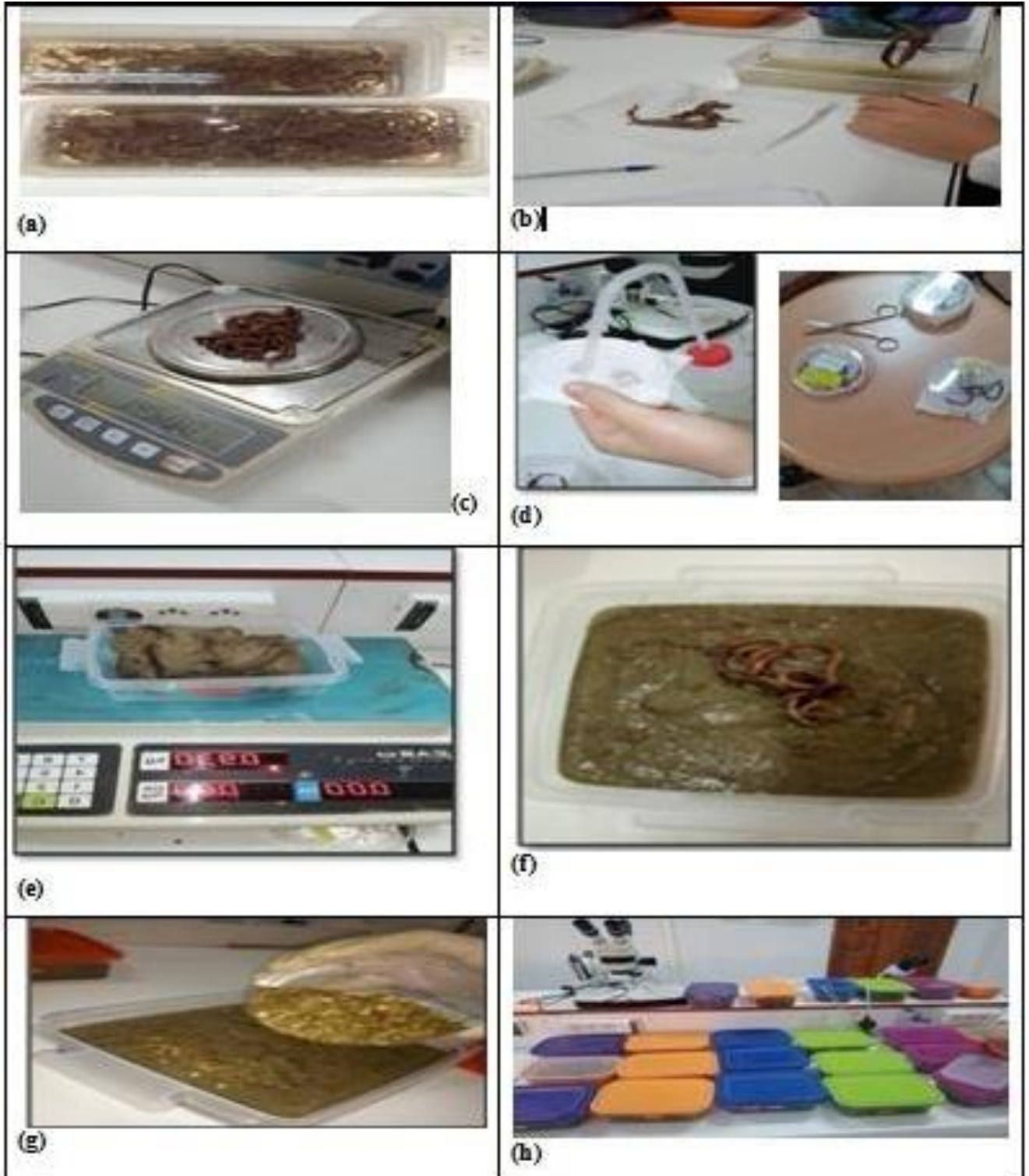
Pour assurer une exposition maximale des organismes au mélange, le pesticide a été incorporé au sol naturel à des concentrations sub-létales. Tous les vers de terre ont été pré-nettoyés à l'eau, séchés et pesés. Ensuite, ils ont été mis sur papier filtre dans des boîtes de Petri pendant 4 heures. Le but est de vider l'intestin du sol.

## *Chapitre II : Matériels et Méthodes*

On commence par tamiser la terre à l'aide d'un tamis de 1 mm de diamètre pour se débarrasser des impuretés et des résidus végétaux.

Après 4 heures, on a pesé les vers de terre et on a déposé chaque 5 individus matures en bonne santé avec un clitellum bien développé et de taille et poids proches dans chaque boîte. Pour une meilleure exploitation des résultats nous avons fait cinq répétitions pour chaque concentration. Possède une série de concentrations (CL10 ; CL25) des pesticides utilisés. Sont pulvérisées à la surface du sol après nous être assurés que les vers de terre ont pénétrés dans le sol. Les boîtes sont recouvertes d'un couvert de plastique perforé pour permettre l'aération (Fig 17)

La durée de l'essai est de 14 jours ; Tous les symptômes comportementaux ou pathologiques observés doivent être consignés. Pour vérifier l'humidité du sol, on pèse les boîtes au début de l'essai puis trois fois par semaine ; la perte de poids est compensée par l'ajout d'une quantité équivalente d'eau distillée.



**Figure 17** : les étapes du test A) rinçages des vers, B) séchage des vers, C) pesé des vers, D) incubations des vers sur papier filtre, E) pesée des boites contenant, F) dépôt de 5 vers dans chaque boite) d'épode la nourriture a la surface du sol H) fermeture des boites avec un couvercle aérée (photo personnelle).

## **9. Le dosage enzymatique**

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

Les GST sont des enzymes cytosoliques présentes dans de nombreux tissus (muscle, intestin, foie, rein), dont l'expression varie en fonction de la localisation, du sexe, de l'âge et de facteurs génétiques et physiopathologiques (Clémentine Poisson, 2013), Elles catalysent la réaction de conjugaison du GSH réduit avec des xénobiotiques électrophiles afin de les rendre plus hydrosolubles (Desmotset *al.* 2001).

La mesure de l'activité glutathion S-transférase (GST) est déterminée selon la méthode de Habig *et al.* (1974). Qui consiste à faire agir les GSTs contenus dans l'échantillon sur un mélange de GSH + CDNB à une température ambiante. Le protocole utilisé pour le dosage de l'activité spécifique de la GST est le suivant : Une fraction aliquote de 0,2 ml est ajoutée à 1,2 ml du mélange CDNB (1 mM) – GSH (mM) ; (4,052 mg CDNB ; 30,73 mg GSH ; 0,8 ml d'éthanol ; 20 ml tampon phosphate 0,1 M pH 7). La lecture se fait contre un blanc préparé dans les mêmes conditions avec 0,2 ml d'eau distillée remplaçant le surnageant. La variation de la densité optique due à l'apparition du complexe CDNB-GSH est mesurée toutes les minutes pendant 5 minutes à 340 nm dans un spectrophotomètre. L'activité spécifique de la GST est déterminée par la formule :

$$X = [(\Delta D_o / m) / 9,6] X (V_t / V_s) / \text{mg de protéines}$$

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

$\Delta D_o$  : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

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

**V<sub>t</sub>** : volume total dans la cuve : 1,4 ml [0,2 ml surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH].

**V<sub>s</sub>** : volume du surnageant dans la cuve : 0,2 ml.

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

### **9.2. Dosage des Protéines totales :**

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Bradford (1976), qui consiste à additionner à une fraction aliquote de 100  $\mu\text{l}$  du avec le bleu brillant de coomassie (BBC) (G250, Merck). La solution de BBC se prépare comme suit : dissoudre 50 mg de BBC dans 25 ml d'éthanol. Après une agitation de 2 heures, on ajoute 50 ml d'acide ortho phosphorique

et on complète à 500 ml avec de l'eau distillée et d'albumine de sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme standard. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine 1 mg/ml selon le tableau.

**Tableau 08** : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.

<b>Tubes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Quantité de BSA(L)</b>	0	20	40	60	80	100
<b>Eau distillée (L)</b>	100	80	60	40	20	0
<b>Réactif BBC (ML)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Quantité de BSA(g)</b>	0	20	40	60	80	100

### **10.Analyse statistique :**

Pour déterminer les différences entre les moyennes des traitements, l'analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel Graphpad prism. En cas de différences significatives, le test de Tukey (HSD) et le test de Student ont été utilisé pour séparer les moyennes des différents traitements. Tous ces paramètres ont été analysés au seuil de signification de 5%.

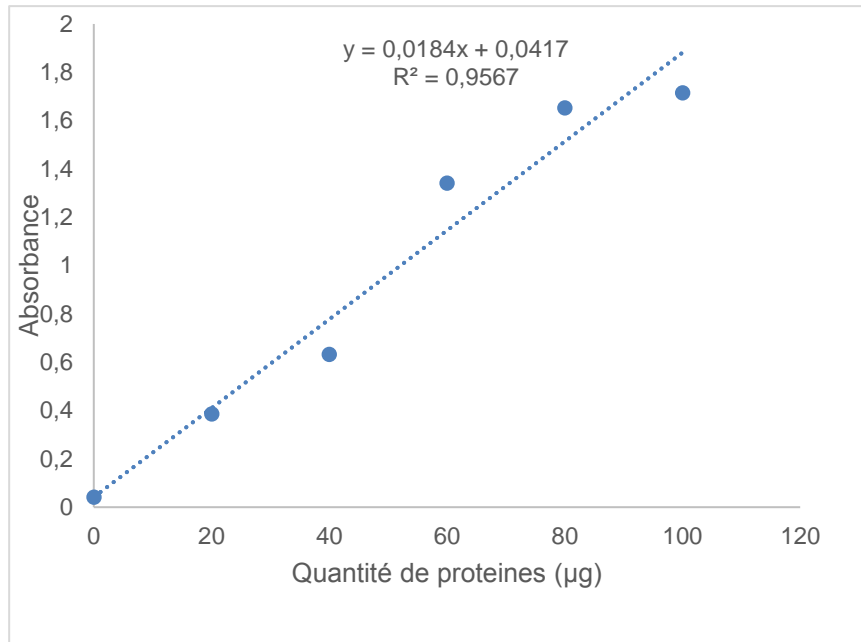
Pour le calcul de l'activité enzymatique et le taux de protéines total, les données obtenues sont traitées par le logiciel Excel. Les données sont présentées par la moyenne  $\pm$  écart type.

## ***Chapitre III : Résultat***



### 1. Effet de l'herbicide Oscar sur la quantité totale de protéines :

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

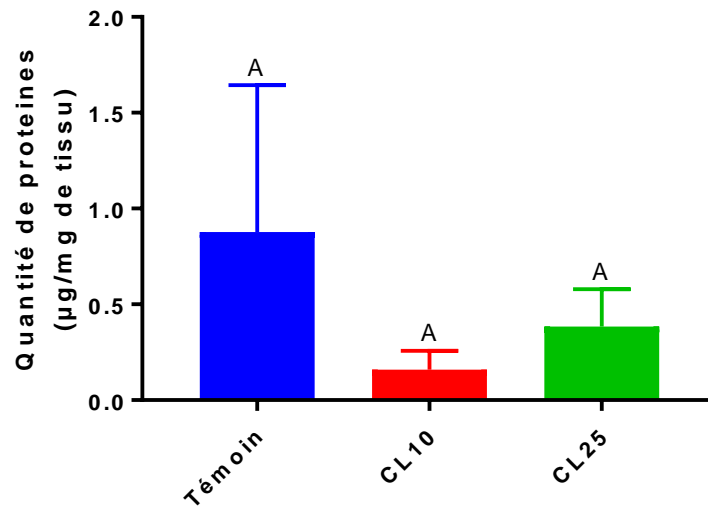


**Figure 18** : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (µg) ( $R^2$  : coefficient de détermination).

#### 1.1. Après 1 semaine :

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

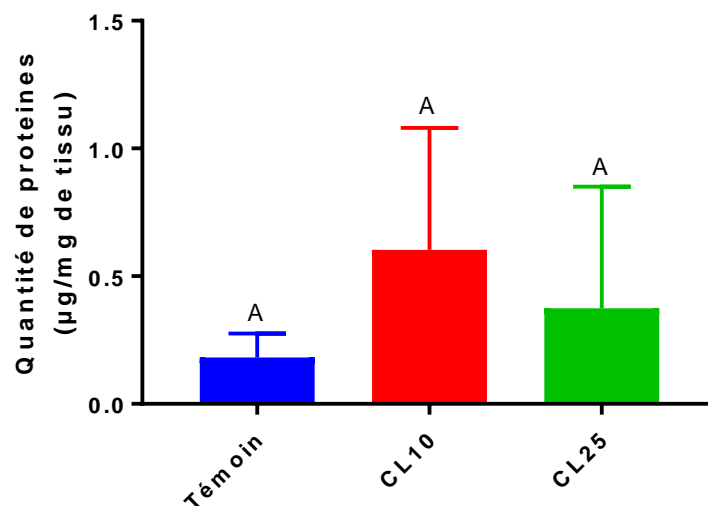
La figure (19) représente les effets de l'herbicide Oscar à deux différentes concentrations sub-létales (CL10 et CL25) après 1 semaine sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. On constate que la quantité de protéine chez les séries traitées ne présente pas de différence significative ( $p=0.228$ ) entre CL10 et CL25 par rapport aux séries témoin.



**Figure 19** : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 1 semaine d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de Tu key HSD).

### 1.2. Après 2 semaines :

La figure 20 représente les effets du Oscar à 2 différentes concentrations CL10 et CL25 sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre, où la quantité de protéines chez les séries traitées ne présente pas de différence significative pendant 2 semaines ( $p=0.469$ ) par rapport au témoin.

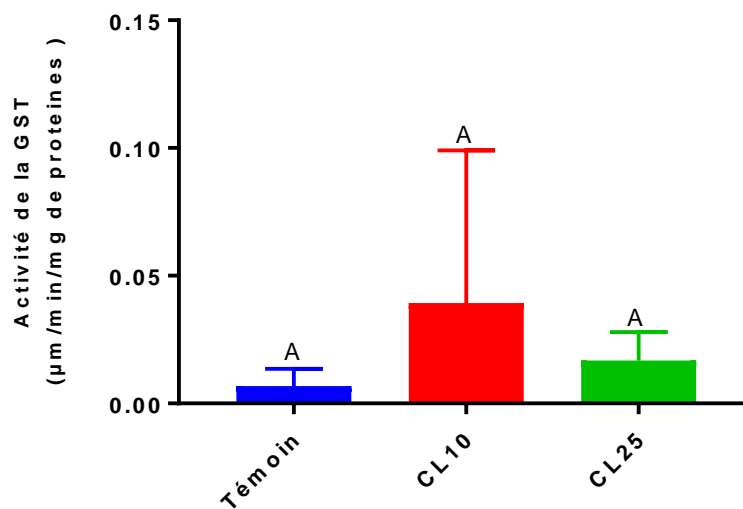


**Figure 20** : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 2 semaines d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de Tukey HSD).

## 2. Effet de l'herbicide Oscar sur l'activité Glutathion-S-Transférase

### 2.1. Après 1 semaine d'exposition :

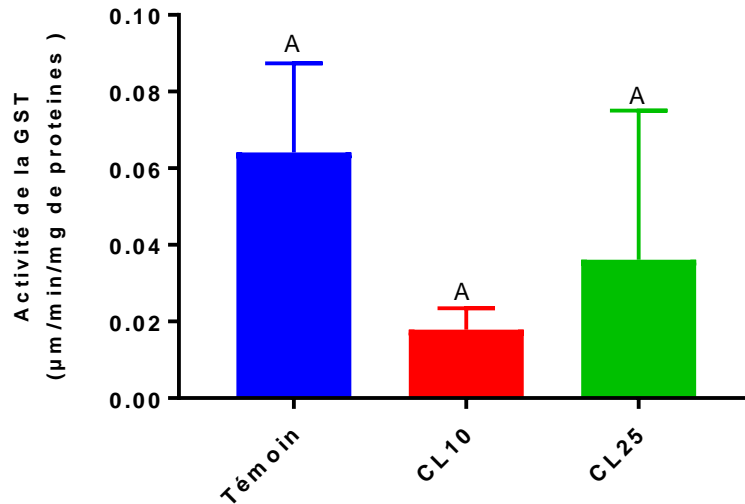
La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et al. (1974). L'effet du Oscar sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre traités et témoin et exprimé dans la figure 21. L'activité de GST chez les séries traitées (CL10, CL25) ne présente pas de différence significative après 1 semaine d'exposition ( $p=0.546$ ) par rapport aux témoins.



**Figure 21** : effet des concentration sub-létales de l'herbicide Oscar sur l'activité Glutathion S-transférase (GST) au niveau des parties clitelienne des adultes des vers *A. Caliginosa* après 1 semaine d'interaction (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de Tukey HSD).

### 2.2. Après 2 semaines d'exposition :

La mesure de l'activité glutathion S-transférase (GST) et déterminée selon la méthode de Habig et al. 1974. L'effet du Oscar sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre de série traités CL10 CL 25 est exprimée dans la figure (22). L'activité de GST chez les séries traitées ne présente pas de différence significative après 2 semaines de l'exposition ( $p=0,113$ ) par rapport aux témoins.



**Figure 22** : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur l’activité GST au niveau des parties cliteliennes des vers adultes après 2 semaines (les moyennes suivies d’une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de Tukey HSD)

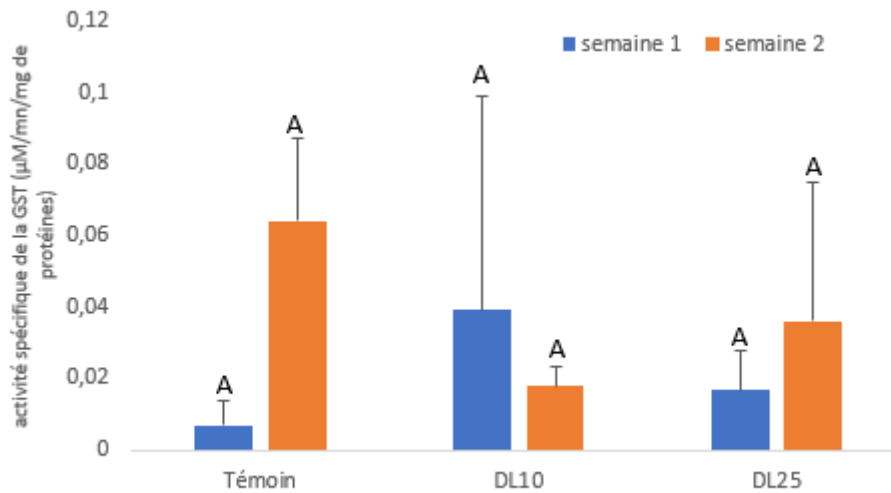
### 3. Effet du temps d’exposition

#### 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 ( $p=0.233$ ) entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 1 semaine et 2 semaines. De la même façon, le temps d’exposition à l’herbicides n’a pas d’effet significatif ( $p=0.133$ ) sur l’activité de la GST chez les séries exposées à la CL10 CL 25. (Tab 09 ; fig 23)

**Tableau 09** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments cliteliennes des adultes d’*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL10 et CL25) au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d’une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Concentration \ Temps (semaine)	Témoin	CL10	CL25
1	$0.007 \pm 0.007$ a	$0,039 \pm 0,060$ a	$0,018 \pm 0,011$ a
2	$0,064 \pm 0,023$ a	$0,0.018 \pm 0,006$ a	$0,036 \pm 0,039$ a



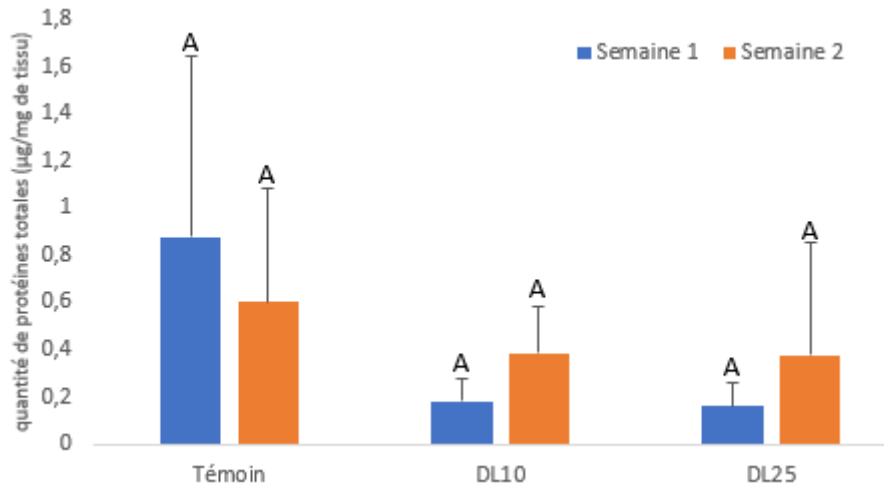
**Figure 23** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments - clitéliennes des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL10 et CL25) après 1 semaine et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n=3$  les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes) test de student .

### 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 ( $p=0.817$ ) entre la quantité de protéines des séries témoin après 1 et 2 semaines. De la même façon le temps d'exposition à l'herbicides n'a pas d'effet significatif ( $p=0.546$ ) sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL10 Cl 25. (Tab 10 ; fig 24).

**Tableau 11** : la quantité de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL10 et CL25) au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n=3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes).

Concentration \ Temps (semaine)	Témoin	CL10	CL25
1	$0.007 \pm 0.0007a$	$0.0.039 \pm 0.060 a$	$0.017 \pm 0,011a$
2	$0.064 \pm 0,0.023a$	$0,0.018 \pm 0,006a$	$0,036 \pm 0.0.039a$



**Figure 24** : la quantité de protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales (CL10 et CL25) après 1 et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, test t de Student)

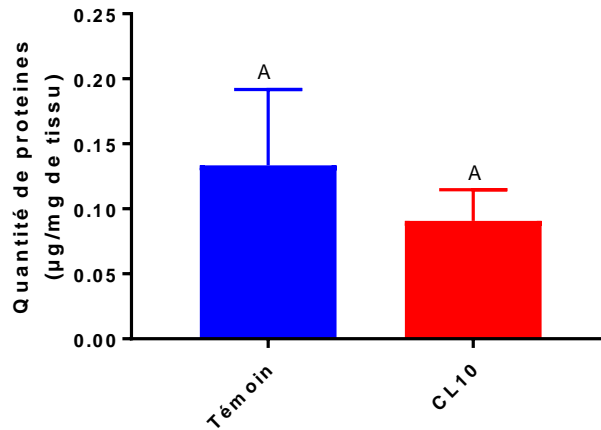
#### 4. Effet de l'insecticide Phoenix :

##### 4.1. Effet sur la quantité totale de protéines :

###### 4.1.1 Après 1 semaine :

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

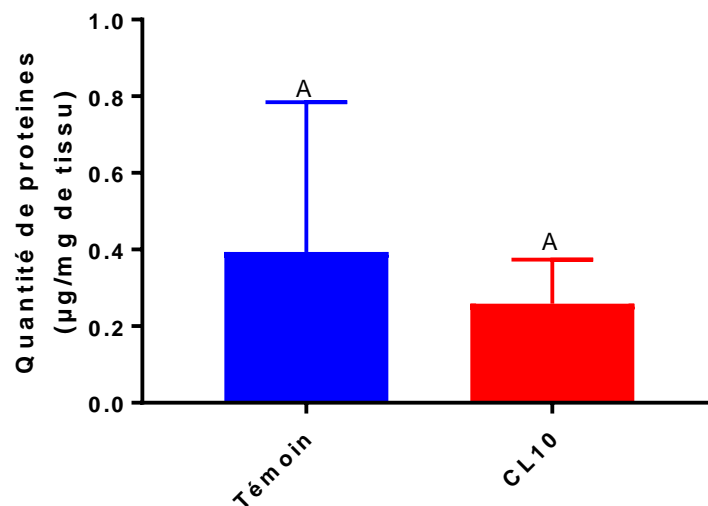
La figure (21) représente les effets de l'insecticide Phoenix à la concentration CL10 après 1 semaine sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. On constate que la quantité de protéine chez les séries traitées à la concentration sub-létale ne présente pas de différence significative ( $p=0.307$ ) par rapport au série témoin.



**Figure 25 :** effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 1 semaine d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de student)

#### 4.1.2 Après 2 semaines :

La figure (26) illustre les effets de Phoenix à la concentration sub-létale CL10 sur le taux des protéines totales dans la partie postérieure des vers de terre. On remarque que la quantité de protéines chez les séries traitées par la CL10 manifeste une diminution non statistiquement significative ( $p = 0.596$ ) par rapport au série témoin .

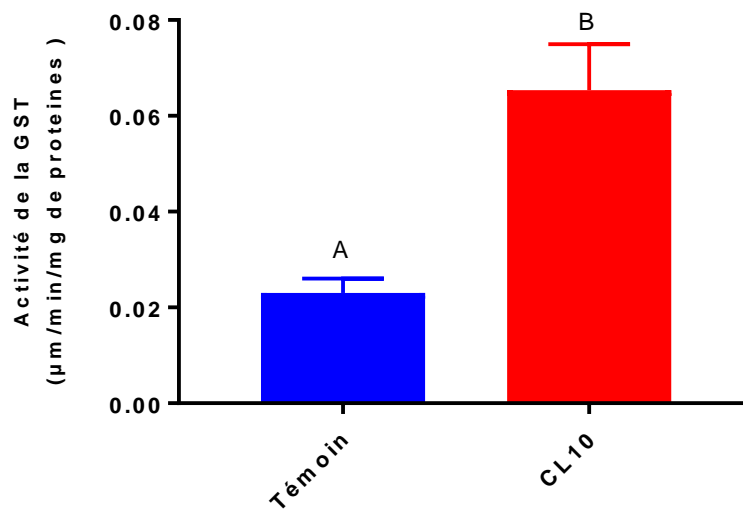


**Figure 26 :** effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur la quantité de protéines totales après 2 semaines d'exposition. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. (Test de student).

## 4.2. Effet de Phoenix sur l'activité Glutathion-S-Transférase

### 4.2.1. Après 1 semaine d'exposition :

La détermination de l'activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et al. (1974). L'effet de Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitéliennes des vers de terre. L'activité de GST augmenté chez les séries traitées par la concentration sub-létale CL10 par rapport au séries témoin après 1 semaine ( $p=0.001$ ) d'exposition à l'insecticide.

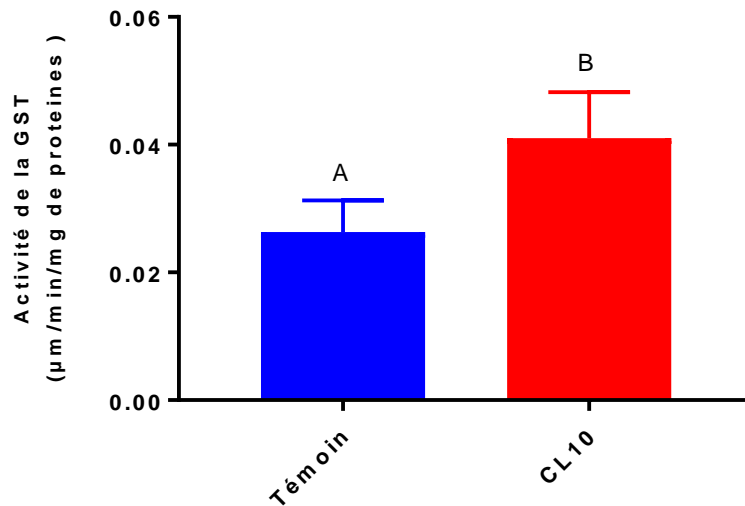


**Figure 27 :** effet des concentration sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST au niveau des parties clitélienne des vers de terre après 1 semaine

### 4.2.2. Après 2 semaines 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 (28) illustre l'effet du Phoenix sur l'activité de GST au niveau de la partie clitellienne des vers de terre. Causé une augmentation significative ( $p=0.043$ ) de l'activité de GST a augmenté chez les séries traitées par la concentration sub-létale CL10 par rapport au séries témoin après 2 semaines d'exposition à l'insecticide.





**Figure 28** : effet des concentrations sub-létales de l'insecticide Phoenix sur l'activité GST au niveau des parties cliteliennes des adultes des vers *A. caliginosa* après 2 semaines d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de student).

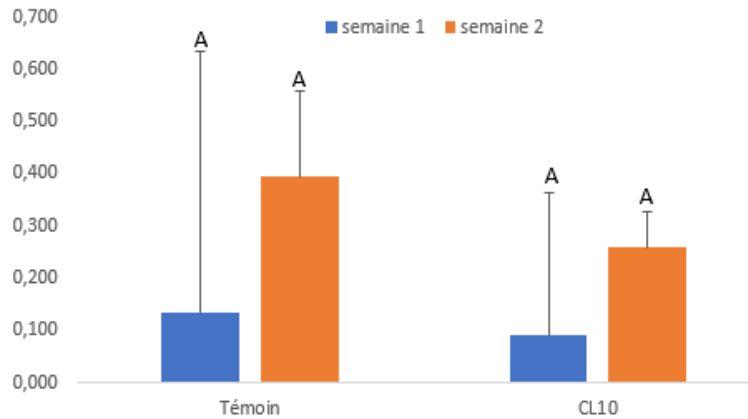
## 5. Effet du temps d'exposition :

### 5.1. Effet sur l'activité enzymatique de la GST :

Le test t de Student indique qu'il n'y a pas de différence significative ( $p=0.370$ ) entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 1 et 2 semaines. De la même façon, le temps d'exposition à l'insecticide a aucun effet significatif ( $p=0.366$ ) sur l'activité de GST des séries exposées à la CL10 (tab 12 ; fig 29)

**Tableau 12** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments cliteliennes des adultes d'*A. caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ )

Temps (semaine)	Concentration	
	Témoin	CL10
1	0.017±0.012 a	0,016±0,015 b
2	0,075±0,104 a	0,016±0,006 b



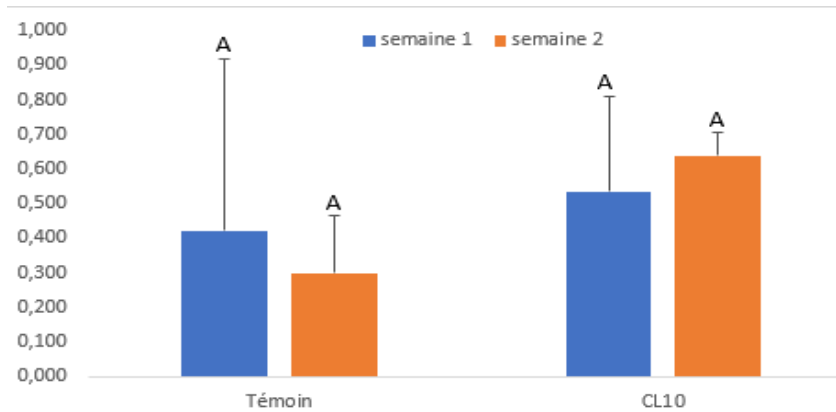
**Figure 29** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments clitéliennes des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL 10 après 1 semaine et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions les moyennes de la même concentration suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes test de student)

### 5.2. 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 ( $p=0.960$ ) entre la quantité de protéines des séries témoin après 1 semaine et 2 semaines. Par contre, le temps d'exposition à l'insecticide a un effet significatif ( $p=0.430$ ) sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL10. (Tab 13 ; fig.30).

**Tableau 13** : la quantité de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ ) test de student

Temps (semaine)	Concentration	
	Témoin	CL10
1	0,421±0,499 a	0,535±0,273 a
2	0,299±0,164 a	0,639±0,067 b



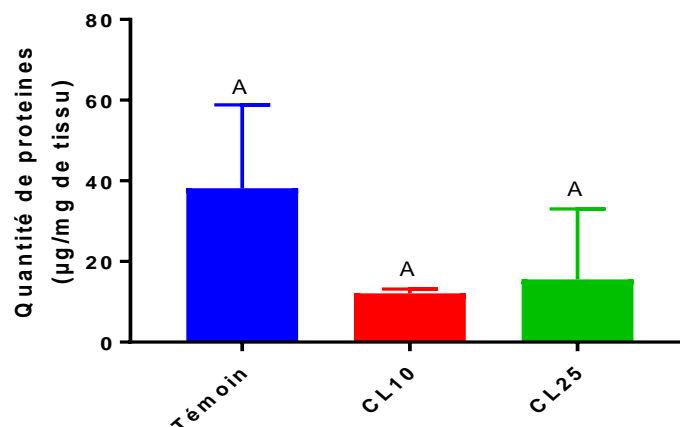
**Figure 30** : la quantité de protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 après 1 et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes de la même concentration suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ , test t de Student).

## 6. Effet de la mixture :

### 6.1. Effet de la mixture sur la quantité totale de protéines :

#### 6.1.1. Après 1 semaine :

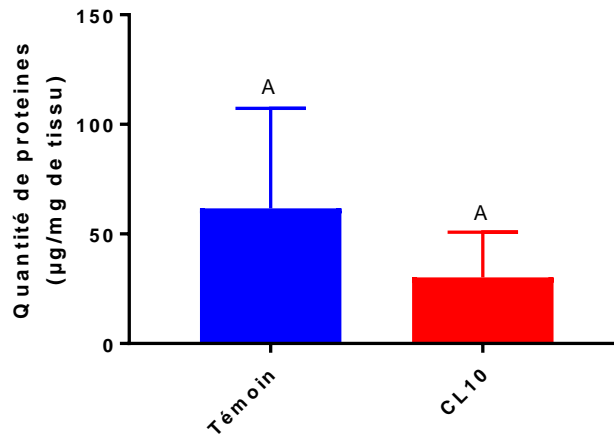
La méthode réalisée pour quantifier les protéines est celle de Bradford (1976). La figure (31) représente les effets de la mixture de (Phoenix et Oscar) à 2 différentes concentrations sub-létales (CL10 et CL25) après 1 semaine sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. On constate que la quantité de protéine chez les séries traitées ne présente pas de différence significative ( $p=0.166$ ) entre CL10 et CL25 par rapport aux séries témoin.



**Figure 31** : effet des concentrations sub-létales de la mixture sur la quantité de protéines totales après 1 semaine d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. (Test de Tukey HSD).

### 6.1.2 Après 2 semaines :

La figure (32) illustre les effets de la mixture de l'insecticide Phoenix et l'herbicide oscar à la concentration sub-létale CL10 après 2 semaines sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. On constate que la quantité de protéine chez les séries traitées par la concentration CL10 ne présente pas de différence significative ( $p=0.366$ ) par rapport au série témoin.

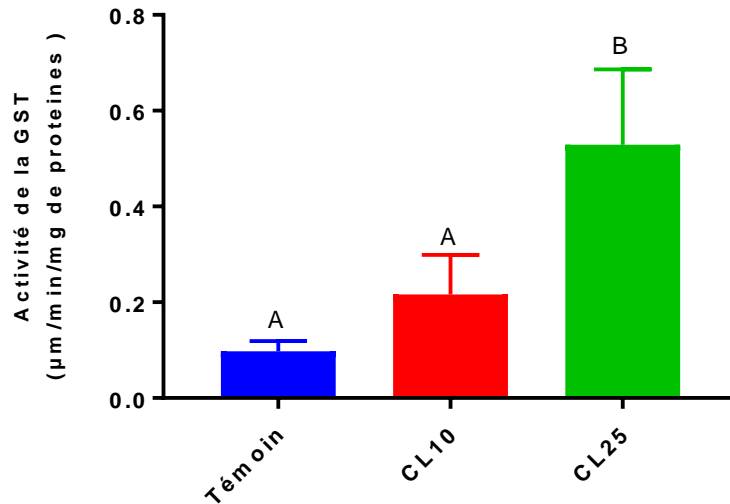


**Figure 32 :** effet des concentrations sub-létales de la mixture (Phoenix et Oscar) sur la quantité des protéines totales après 2 semaines d'exposition. (Les moyennes de la même concentration suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Tests de student)

## 6.2. Effet sur l'activité Glutathion-S-Transférase

### 6.2.1. Après 1 semaine d'exposition :

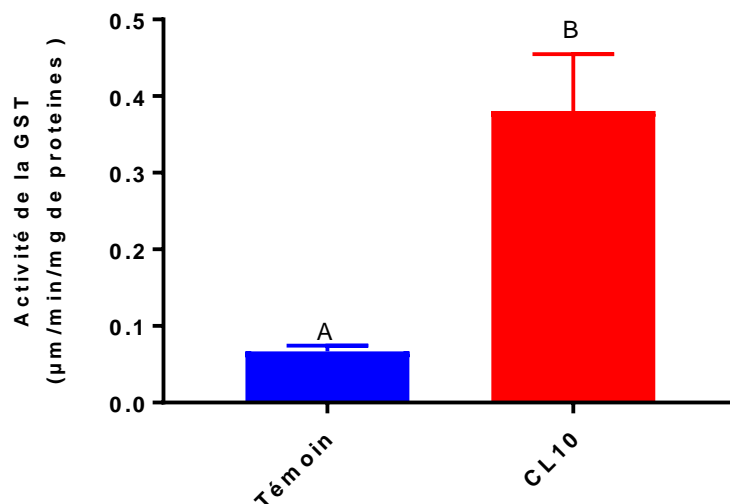
La mesure de l'activité glutathion S-transférase (GST) est déterminée selon la méthode de Habig et al. (1974). La figure (33) illustré l'effet de la mixture (Phoenix et Oscar) aux concentrations sub-létale (CL10 CL25) sur l'activité de GST au niveau de la partie clitelienne des vers de terre après 1 semaine. L'activité de GST a augmenté chez la série traitée en CL25 par rapport au séries traitées à la concentration CL10 et témoin ( $p=0.005$ ) d'exposition à la mixture.



**Figure 33** : effet des concentration sub-létales de la mixture (Phoenix et Oscar) sur l'activité **GST** après 1 semaines d'exposition. (Les moyennes de la même concentration suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de tukey HSD)

### 6.2.2. Après 2 semaines d'exposition :

La figure (34) représente l'effet de la mixture sur l'activité de GST au niveau de la partie clitellienne des vers de terre. la concentration sub-létale CL 10 provoque un effet hautement significatif ( $p=0.001$ ) sur l'activité GST par rapport aux témoins.



**Figure 34** : effet des concentrations sub-létales de la mixture (Phoenix et Oscar) sur l'activité **GST** après 2 semaines d'exposition (les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test de student).

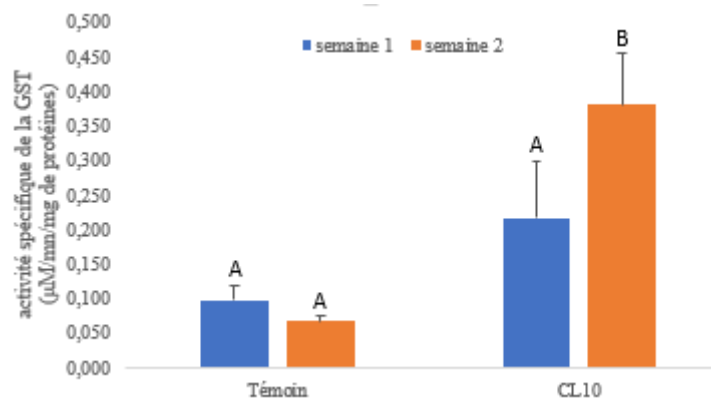
## 7. Effet du temps d'exposition

### 7.1. 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 1 et 2 semaines. Par contre, le temps d'exposition de la mixture a un effet hautement significatif ( $p=0.003$ ) sur l'activité de la GST chez les séries traitées par la CL10 (tab 14 ; fig 35).

**Tableau 14** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments cliteliennes des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes,  $p < 0,05$ )

Concentration \ Temps (semaine)	Témoin	CL10
1	0,098 $\pm$ 0,021 a	0,216 $\pm$ 0,082 a
2	0,067 $\pm$ 0,008 a	0,380 $\pm$ 0,074 b



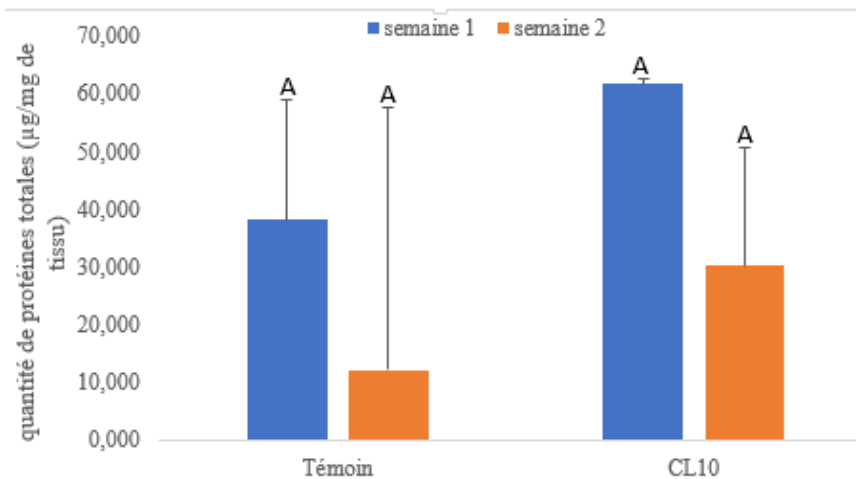
**Figure 35** : activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau des segments cliteliennes des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 après 1 semaine et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 3$ . Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test t de Student).

**7.2. 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 ( $p=0.906$ ) entre la quantité de protéines des séries témoin après 1 et 2 semaines. De la même façon le temps d'exposition à la mixture n'a pas d'effet significatif ( $p=0.976$ ) sur la quantité de protéines des séries exposés à la CL10 et Cl 25 (tab 15 fig 36).

**Tableau 15** : la quantité de protéines ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités aux concentrations sub-létales CL10 au cours du temps ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes)

Concentration \ Temps (semaine)	Témoin	CL10
1	38.168±20.680a	12.118±1,060 a
2	61.719±45.607 a	30.161±20.670 a



**Figure 36** : la quantité de protéines totales ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  de tissu) au niveau des segments postérieurs des adultes d'*A.caliginosa* traités à concentration sub-létale CL10 après 1 semaine et 2 semaines d'exposition ( $m \pm s$  ;  $n= 3$  répétitions. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Test t de Student)

## ***Chapitre IV : Discussion***



Le sol constitue l'un des plus grands réservoirs de biodiversité et de ressources génétiques de notre planète, mais malgré la richesse de la biodiversité du sol, les oligochètes manquent des études jusqu'à présent. Pour cela il est indispensable d'utiliser des espèces bioindicatrices qui reflètent la qualité des sols en utilisant les invertébrés terrestres, qui font l'objet de plusieurs recherches; ces derniers ont une forte sensibilité aux variations physicochimiques de leur milieu (Markert, 2007), c'est le cas des vers de terre utilisés souvent pour mesurer les effets des substances polluantes par l'étude de leur survie, de leur croissance, de leur reproduction et de leur comportement en contact de ces produits (Godet, 2010).

La connaissance des Oligochètes apportera une meilleure contribution à la conservation des sols en les utilisant comme des bioindicateurs de pollution (Cox et al., 2004). Le choix d'*A. Caliginosa* est justifié d'une part pour sa dominance dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017) et d'autre part pour leur abondance et sa facilité d'échantillonnage. Ces critères permettent son utilisation comme modèle biologique dans la bioindication (Godet, 2010).

L'objectif essentiel de notre étude consiste à évaluer les effets d'oscar et phoenix chez les vers de terre *A. caliginosa*. Ceci est basé sur des paramètres manipulés au laboratoire afin de déterminer l'effet des deux pesticides sur des biomarqueurs physiologiques des vers.

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

Le complexe d'espèces *Aporrectodea caliginosa* comprend les vers de terre les plus abondants dans les prairies et les écosystèmes agricoles de la région paléartique. (Pérez Losada et al., 2009). C'est l'espèce la plus commune et dominante dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017). Stephenson (1930) et Omodeo (1948) l'ont caractérisé comme l'espèce de vers de terre la plus communément trouvée

### **2. Les effets sur les biomarqueurs :**

L'utilisation des vers de terre a été principalement concentrée sur les effets des métaux lourds (Lukkari et al., 2004 ; Burgos et al., 2005 ; Schleifler et al., 2006 ; Bundy et al., 2007)

De ce fait l'utilisation des espèces bioindicatrices en basant sur le principe de biosurveillance écotoxicologique s'impose grâce à des biomarqueurs qui rendent compte des niveaux de pollution auxquels sont soumis ces organismes. Très peu d'études ont été consacrées à l'impact des polluants organiques tels que les pesticides sur le ver de terre (Gupta et Sundararaman, 1991 ; Venkateswara Rao et al., 2003 ; Gambi et al.2007).

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

### 2.1.1. Effet d'herbicide Oscar sur l'activité GST :

Les glutathions S-transférases (GST : E.C.2.5.1.18) sont des enzymes qui catalysent la conjugaison du glutathion (possède un groupement nucléophile-SH) à une grande variété de composés (porteurs de groupements électrophiles) et également impliquée dans le transport et l'élimination de composés réactifs qui effectuent d'autres fonctions anti oxydantes (Sies, 1993 ; Livingstone, 2003).

Nos résultats montrent que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition à l'herbicide Oscar après 1 et 2 semaines. Même Habab et Jouini (2020) montrent que l'activité de GST reste inchangée pendant la période d'exposition au Glyphon. Nos résultats sont en accord avec Booth et O'Halloran, (2001) qui ont constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez

*A. caliginosa* exposé au diazinon et au chlorpyrifos. Par contre, d'autres études 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 *Eisenia fetida* exposé à l'herbicide acétochlore (Xiao et al. 2006). Similairement, Wang et al (2020) ont révélé une induction de l'activité de la GST due à l'effet nocif de l'alachlore chez *E. fetida*, qui le transforme en une forme non toxique. Aussi Pereira et al., (2019) ont signalé une augmentation des niveaux de GST chez *E. fetida* traité avec l'herbicide QYR301. Également, Zhang et al (2015) ont noté une diminution des activités de la GST peut être due à l'intervention dans la biosynthèse des lipides, puisque l'apparition de l'enzyme a été trouvée dans les corps gras des invertébrés. 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).

### 2.1.2. Effet sur la quantité totale de protéines :

La structure des protéines ainsi que leur fonction peuvent être altérée par les ROS produites soit par le métabolisme cellulaire ou par des oxydants exogènes (Djekoun, 2012).

Les vers de terre déploient une batterie de réponses à travers l'activation de leurs mécanismes de détoxification afin de lutter, de survivre et de s'acclimater à ce nouveau paramètre (Nzengue, 2008). Nous sommes intéressés encore à l'effet de notre Herbicide Oscar sur la

quantité de protéine totale en fonction du temps ; Nos résultats montrent qu'il y a aucun changement significatif de la quantité pendant la période d'exposition des séries traitées avec les concentrations (CL10 et CL25).

Nos résultats montrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'exposition des séries traitées avec la concentration CL10 et CL25. Similairement, Bouazdia (2019) n'a signalé, chez les séries témoins et traitées par l'insecticide Karaté Zeon, aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'étude. Par contre, la teneur de protéines de séries traitées par l'herbicide Sekator OD a diminué après 4 et 14 jours d'exposition. De la même façon le temps d'exposition à l'herbicides n'a pas d'effet significatif sur la quantité de protéines des séries exposées à la CL10 et CL 25.

Par contre travaux de Masaya et *al* (2002) et Grara et *al.* (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés 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.

### 2.2.1. L'effet de l'insecticide phœnix sur la GST (Insecticide) :

Le processus de métabolisation des xénobiotiques implique une activation des systèmes enzymatiques de la phase I ainsi que les enzymes de la phase II tels que les glutathion-S transférases (GST). Pendant cette phase II (phase de conjugaison), les métabolites des xénobiotiques, déjà rendus moins hydrophobes par les réactions d'oxydation ou d'hydroxylation de la phase I, sont transformés en substances encore plus hydrosolubles. Les GST ont été mises en évidence dans la plupart des êtres vivants tels que les mollusques (Fitzpatrick & Sheehan, 1993; Fitzpatrick et *al.*, 1995; Blanchette & Singh, 1999), les vers de terre (Stenersen et *al.*, 1979, Borgeraas et *al.*, 1996), les crustacés (Keeran & Lee, 1987; Leblanc&Cochrane,1987), les insectes (Stenersen et *al.*, 1987; Prapanthadara et *al.*,1996), L'activité de la GST a également été largement utilisé comme un bio marqueur de stress (Fitzpatrick et *al.*, 1997 ; Shailaja & D'Silva, 2003 ;Cunha et *al.*, 2007). L'analyse des résultats de l'activité de GST mesurée au niveau des parties clitellienne des adultes des vers *A. caliginosa* traitée avec Phoenix 5E a montré un effet significatif chez les séries exposées à la concentration C110 après la première et la deuxième semaine.

Nos résultats sont en accord avec Gao et *al.* (2007) qui ont trouvé que l'herbicide albendazole inhibe l'activité GST dans le corps entier, la région antérieure, la région moyenne et la région

postérieure du vers *E. fetida*. DJEDDAI. A (2016) a noté une augmentation de l'activité de la GST chez les vers *A. caliginosa* traités avec la dose sub létale de karaté Zeon après 4 jours d'exposition. Par contre (Booth et O'Halloran, 2001) ont constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* exposé au diazinon et au chlorpyrifos. HABAB et JOUINI (2021) ont trouvé que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* traité par glyphon. Ainsi, MENACEUR et ARAR (2021) ont montré qu'il n'y pas d'effet significatif sur l'activité de GST après 48 heures des vers *A. caliginosa* exposés à l'insecticide Décis. Notre résultat met en évidence l'effet de notre insecticide sur la GST par rapport au temps, indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 1 et 2 semaines. Par contre, GOUDRIA et GUEBELI (2016) montrent qu'il y'a une augmentation de l'activité de la GST chez les séries traitées avec la dose sub-létale de Sekator au 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>s et 7<sup>èmes</sup> jours et ensuite une diminution significative est enregistrée au 14<sup>ème</sup>jour. Aussi Leida et al (2017) ont constaté que l'activité de la GST montre également une augmentation significative pendant l'exposition aigue et chronique d'*Eisenia sp* au Glyhosan SL. LATRECHE et KOUIDER 2022 ont mis en évidence l'effet de notre insecticide sur la GST par rapport au temps, il y a un effet significatif de l'activité de la GST chez les séries exposées à la CL10 par rapport au témoin, par contre chez les séries traite par la CL5 restent inchangé.

### 2.2.2. Effet sur la quantité totale de protéines :

Les vers de terre déploient une batterie de réponses à travers l'activation de leurs mécanismes de détoxification afin de lutter, de survivre et de s'acclimater à ce nouveau paramètre (Nzengue, 2008). Les travaux de Masaya et al. (2002) et Grara et al. (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés.

Nos résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative de la quantité de protéines pendant la période d'exposition des séries traités par les concentrations CL10. Par contre, Bouazdia (2019) a constaté que le teneur de protéines de séries traitées par l'herbicide Sekator OD a diminué après 4 et 14 jours d'exposition. Cependant Zeriri (2014) a constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par le Méthomyl. Mnaceur et Arar (2021) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par décis. Similairement, Habeb Et Jouini (2021) montrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la quantité de protéines

pendant la période d'exposition des séries CL5 traités 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. HARKATI et SAIDI (2021) montrent qu'aucun changement significatif de la quantité de protéines n'a été enregistré pendant la période d'exposition des séries traités avec les concentrations CL5 et CL10.

D'autre part, nos résultats indiquent qu'il y a un effet significatif du temps sur le taux des protéines chez les séries exposées à la Cl 10 de l'insecticide Phoenix. De la même façon, 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. Aussi LATRECHE et KOUIDER (2022) indiquent que la quantité de protéines reste inchangée chez les séries traitées par la CL10. Au contraire, il y a un effet significatif du temps sur l'activité des protéines chez les séries exposées à la CL5.

### 2.3.1. Effet de la mixture sur la Gst :

La GST est un mécanisme de désintoxication important chez les vers de terre (Stenersen et al.,1979). Il neutralise une large gamme de xénobiotiques et endogènes sous-produits métaboliques via la conjugaison enzymatique du glutathion (Hayes et al., 2015).

Les GSTs sont des enzymes multifonctionnelles impliquées dans l'étape de conjugaison du (glutathion réduit) à un grand nombre de xénobiotiques (Boyer, 2006). L'activité de la GST a également été largement utilisé comme un bio marqueur de stress (Fitzpatrick et al., 1997 ; Shailaja& D'Silva, 2003 ; Cunha et al., 2007). Le rôle majeur du glutathion est de convertir des composés lipophiles en molécules hydrophiles facilement excrétables (Habig et al.,1974).

Les GSTs permettent le développement de la résistance envers les agents chimiothérapeutiques, les insecticides, les herbicides et les antibiotiques microbiens. Elles jouent un rôle important dans la physiologie du stress, le transport intracellulaire et dans les différentes voies de biosynthèse (George, 1994). L'analyse des résultats de l'activité de GST mesurée au niveau du partie clitellienne d'*A.caliginosa* traitée avec Oskar et phoenix. L'effet de la mixture à la concentrations sub-létale (Cl10, CL 25) sur l'activité de GST a augmenté chez les séries traitées en CL25 par rapport au séries témoin d'exposition à la 1<sup>ère</sup> semaine. A l'opposé, la concentration sub-létale CL10 provoque un effet hautement significatif sur l'activité GST au 2<sup>ème</sup> semaine. Similaires à ceux de Chen et al., (2018) où la mixture d'herbicide méthylique avec le fongicide tobuconazole avait un effet antagoniste sur la mortalité des vers *Eisenia fetida*.

Leida et al (2017) ont constaté que L'activité de la GST a également montré une augmentation significative pendant exposition aiguë et chronique d'*Eisenia sp* au Glyphosan SL, Des études similaires ont révélé une induction de la GST chez les vers de terre tels que *L. terrestris* suite à une exposition à l'herbicide Sekator et l'engrais triphosphate (Mekahlia et al. 2015). Santos et al. (2011) ont constaté que la majorité des mixtures du Glyphosate et Diméthoate ont un effet inférieur à l'effet prévu basé sur les réponses individuelles chez *Eisenia andrei*. Wang et al., 2020 révèle une induction de l'activité de la GST peut être due à l'effet nocif de l'alachlore sur *E. fetida*, qui le transforme en une forme non toxique. Cependant, une réduction importante des activités GST a été remarquée chez *E. andrei* traitée à l'imazalil (Pereira et al., 2019). L'herbicide oxyfluorfen a également un effet sur l'activité GST comme en témoigne les investigations de Peixoto et al. 2006 sur les poissons, *Oreochromis niloticus* et *Heteropneustes fossilis* (Bloch) exposés au glyphosate (Samanta et al., 2014). D'autres études ont montré de même une inhibition de la réponse des GST chez *E. fetida* exposé à imidaclopride et thiaclopride (Zhang et al.,2017) et aussi ;(GOUDRIA et GUEBELI ,2016) montrent qu'il y'a une augmentation de l'activité de la GST chez les séries traitées avec la dose sub-létale de Sekator au 1er, 2eme, 4eme et 7eme jours et ensuite une diminution significative est enregistrée au 14<sup>ème</sup> jours. Ainsi que Glyphosate et Décis en mélange ont montré une toxicité antagoniste chez les vers de terre traités pendant 14 jours (ADJAL et RECHACH, 2020). Par contre, Booth et O'Halloran (2001) ont constaté que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* exposé au diazinon et au chlorpyrifos. HABAB et JOUINI (2021) ont trouvé que l'activité de la GST n'a pas changé chez *A. caliginosa* traité par glyphon. Ainsi, MENACEUR et ARAR (2021) ont montré qu'il n'y pas d'effet significatif sur l'activité de GST après 48 heures des vers *A. caliginosa* exposés à l'insecticide Décis. (Leida et al,2017) ont constaté que l'activité de la GST montre également une augmentation significative pendant l'exposition aiguë et chronique d'*Eisenia sp* au Glyphosan SL. D'autres études ont montré de même une inhibition de la réponse des GST chez *E. fetida* exposé à imidaclopride et thiaclopride (Zhang et al.,2017) ; (Feng et al.,2015). Aussi, une réduction importante des activités GST a été remarquée chez *E. andrei* traitée à l'imazalil (Pereira et al., 2019). Notre résultat met en évidence l'effet de notre insecticide sur la GST par rapport au temps, qu'il n'y a pas de différence significative entre les activités enzymatiques GST des séries témoin après 1et 2 semaines. Par contre, le temps d'exposition de la mixture a un effet hautement significatif sur l'activité de la GST chez les séries traitées par la CL10.

La diminution des activités de la GST peut être due à l'intervention dans la biosynthèse des lipides, puisque l'apparition d'enzyme a été trouvée dans les corps gras des invertébrés (Zhang et al., 2015). DJEDDAI. A (2016) montre qu'il y'a une augmentation de l'activité de la GST chez les vers traités avec la dose sub létale de karaté Zeon au 4<sup>ème</sup> jour.

Aussi LATRECHE et Kouider 2022 L'analyse des résultats de l'activité de GST mesurée au niveau des parties postéro médianes des juvéniles des vers *A. caliginosa* traitée avec Phoenix 5E a montré qu'il n'y pas d'effet significatif entre les séries exposées aux concentrations CL5 et CL10

### 2.3.2. Effet sur la quantité totale de protéines :

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

Les vers de terre déploient une batterie de réponses à travers l'activation de leurs mécanismes de détoxification afin de lutter, de survivre et de s'acclimater à ce nouveau paramètre (Nzengue, 2008). Les protéines jouent un rôle fondamental dans l'organisme de toutes les espèces biologiques vivantes connues (Mahler et al., 1968). Ils sont principalement impliqués dans l'architecture de la cellule, et pendant les périodes de stress chronique, ils constituent aussi une autre source d'énergie (Padmaja & Rao, 1994). La source d'énergie alternative pour répondre à la demande accrue d'énergie est les protéines (Moussard, 1999).

Nos résultats montrent qu'il y a aucun changement significatif de la quantité de protéines a été enregistré pendant la période d'exposition des séries traités par la concentration CL10 dans les deux semaines et CL25 dans la 1<sup>ère</sup> semaine. Notre résultat similaire au 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. Ainsi que Jouini et Habab (2021), montrent qu'il y a aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'exposition des séries traités avec la concentration CL5. D'autre coté, chez les séries traitées avec la concentration CL10 une diminution de la teneur en protéines est enregistrée après 48h d'exposition. HARKATI et SAIDI (2022) ont montré qu'il y a aucun changement significatif de la quantité pendant la période d'exposition des séries traités avec les concentrations (CL5 et

CL10). Aussi LATRECHE et KOUIDER (2022) montrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la quantité de protéines pendant la période d'exposition des séries traitées par les concentrations CL5 et CL10. Par contre Zeriri (2014) a constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par le Méthomyl. Aussi Jouini et Habab les séries traitées avec la concentration CL10 une diminution de la teneur en protéines est enregistrée après 48h d'exposition. Nous sommes intéressés encore à l'effet de notre insecticide Phoenix 5Ec sur la quantité de protéine en fonction de temps. Ainsi, nos résultats indiquent que la quantité de protéines reste inchangée chez les séries traitées par la CL10 et CL25. Aussi, Masaya et al (2002) et Grara et al. (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés.



# *Conclusion*

## Conclusion

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

Ce travail s'est intéressé à l'évaluation de l'effet de deux pesticides utilisés dans le milieu agricole sur les organismes du sol non ciblés « les vers de terre », puisque l'utilisation des pesticides est devenue un geste facile pour tout agriculteur apercevant une diminution du rendement sans savoir les inconvénients de ces pesticides

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

Le premier objectif était de déterminer les espèces de vers de terre existant dans le site d'étude, focalisant notre étude sur la période pluvieuse. Une seule espèce a été identifiée. Parmi les individus collectés, appartenant à la famille Lumbricidae, comprenant *A. Caliginosa*.

Le second objectif était l'étude toxicologique de l'herbicide Oscar et l'insecticide Phoenix 5E puis la mélange des deux chez les vers *A. caliginosa*. Cette étude nous a permis d'évaluer l'effet de l'insecticide sur l'activité spécifique du biomarqueur la Glutathion S-Transférase (GST) et les protéines totales.

Nos résultats Quand on utilise l'herbicide Oscar montrent que l'activité des biomarqueurs reste inchangée durant période d'exposition aux concentrations sub-létales (CL10 et CL25). Similairement, avec l'utilisation de l'insecticide Phoenix aucun changement dans la série CL10. Par contre, on a constaté dans le temps d'exposition de la mixture il y a un effet significatif sur l'activité GST entre les séries traitées par CL10.

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

- L'évaluation écotoxicologique des risques liés au pesticide devraient impliquer de multiples méthodes d'essai avec des animaux d'essai juvéniles et adultes.
- Déterminer l'impact des deux pesticides sur la reproduction, la survie et la croissance des vers de terre exactement juvénile.
- Effectuer une étude approfondie sur les mécanismes de défense anti-radicalaire par le dosage d'autres marqueurs du stress oxydatif (GPX, LDH, SOD).

*Références  
bibliographiques*

**A**

\_ACTA (2005). Index Phytosanitaire. 41ème éd. Paris. France. 820p

\_Agoussar, A. (2017). Effet des pesticides sur la diversité bactérienne des champs agricoles et la capacité des bactéries à les dégrader. Thèse pour l'obtention du grade de maîtrise : Microbiologie. Département de Microbiologie Immunologie et Infectiologie. Faculté de médecine : Université de Montréal ,92p.

\_Amel DJEDDAI : Évaluation la toxicité d'un insecticide "Karaté Zeon" à l'égard de vers de terre *Aporrectodea caliginosa* 2016.

**B**

\_Barriuso E, Calvet R, Schiavon M, Soulas G (1996). Les pesticides et les polluants organiques des sols. Etude et gestion des sols. 3 : 279-296

\_Batsch D (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Henri Poincare - Nancy 1, France, 165p.

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

\_Benhasna et Boudmagh actionomycètes biodégradable phoenix sols désertiques 2016

\_Biomarkerresponses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zincexposure: différences between populations with and without earlier metalexposure. Environmental Pollution,129, p 377–386.

\_Booth, L. H ; O'Halloran, K. (2001). A comparaison biomarker réponse in the earthworm

\_Borgeraas, J ; Nilsen, K ; Stenersen, J. (1996). Methods for purification of glutathion transférase in the earthworm Genus *eisenia*, and their characterization. Comp Biochem. Physiol. C. Pharmacol. Toxicol. Endocrinol., 114 (2) : p 129-40

\_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 Ecosystèmes. Ecological Bulletin, vol. 25, pp. 122–132. [Stockholm, Sweden]. Ciliés. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba. 87p.

## *Références bibliographiques*

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

**\_ Boué, H ; Chanton, R., 1974.zoologie** invertébrés- « DOIN, éditeurs » 94p

**\_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).

**\_Boukria, A. (2012).** DEM écologie des peuplements Lombriciens dans la zone aride de l'est Algérien- Biskra- mémoire de Magister- Université de Biskra -.

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

**\_Bundy, J.G; Keun, H.C; Sidhu, J.K; Spurgeon, D.J; Svendsen, C ; Kille, P ; Morgan, A.J. (2007).** Metabolic profile biomarkers of métal contamination in a sentinel terrestrial species are applicable accros multiple sites. *Environmental Science & Technology*, 41, p 4458–4464.

**\_Blanchette, B.N ; Singh, B.R. (1999).** Induction of Glutathione-s-Transférase in the Northern Quahog *Mercenaria Mercenaria* After Exposure the Polychlorinated Biphenyl (PCB) Misture aroclor 1248. *J. Prot. Chem.*, (21)8 : p 489-494.

**\_Brown, GG ; Callaham, MA ; Carla Niva, C ; Feijoo, A ; Sautter KD ; WoosterJames, S ; Fragoso, C ; Pasini, A ; Schmelz, R., 2013.** Terrestrial oligochaete research in Latin America : the importance of the Latin American meetings on oligochaete ecology and taxonomy. *Appl. Soil Ecol.*, 69, 2-12.

**\_Briand O, Millet M, Bertrand F, Clement M, Seux R (2002)** - "Assessing the transfer of pesticides to the atmosphère during and after application. Développement of a multiresidue méthode using adsorption on tenax and thermal desorption-GC/MS. « *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 374(5): 848-857.

## *Références bibliographiques*

**\_Blanchette, B.N ; Singh, B.R. (1999).** Induction of Glutathione-s-Transférase in the Northern Quahog *Mercenaria mercenaria* After Exposure the Polychlorinated Biphenyl (PCB) Mixture aroclor 1248. *J. Prot. Chem.*, (21)8: p 489-494.

### *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. 637p

**\_CARION, 2012 :** Un peu de bio, vers la terre.5p.

**\_Chen, J., Saleem, M., Wang, C., Liang, W., & Zhang, Q. (2018).** Individual and combined affects of herbicide tribénuron-méthyle and fongicide tébuconazole on soil earthworm *Eisenia fetida*. *Scientific reports*, 8(1), 1-9.

**\_Chaignon V, Sanchez-NEIRA I, Herrmann P, Jaillard B, AND Hinsinger P (2003).** Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area. *Environ Pollut.* 123 : 229-238.

**\_ Curry, J (1998) - Factors affecting earthworm abundance in soils, In MARIE VAUTHIER 2012.** Evaluation des effets des modes d'exploitation et de la fertilisation sur les quatre catégories de lombrics au sein d'un système polyculture-élevage. 7p

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

### *D*

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

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

**\_Duyser JH, Vonk AW (2003) - « Atmospheric deposition of pesticides, PAHs and PCBs in the Netherlands » R 2003/255.** TNO Environment, energy and process innovation.

**E**

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

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

**\_Eisenia andrei**at different conditions of carbaryl exposure. comparative Biochemistry and Physiology, Part C,145(4), p 678-685

**F**

**\_Feng, L ; Zhang, L ; Zhang, Y ; Zhang, P ; Jiang, H. (2015).** Inhibition and recovery of biomarkers of earthworm *Eisenia fetida* after exposure to thiachlopid. Environmental Science and Pollution Research.

**\_ Feron, V.J., Cassee, F.R., Groten, J.P., 1998.** Toxicology of chemical mixtures: International perspective. Environmental Health Perspectives, 106, 1281-1289

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

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

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

**G**

**\_Gambi, N; Pasteris, A; Fabbri, E. (2007).** Acetylcholinesterase activity in the earthworm

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

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

## *Références bibliographiques*

**\_George, G.S; Young, P. (1994).** Purification and properties of plaice liver cytosolic glutathione Stransferase. *Mar. Environ. Res.*, 24 : p 93-96

**\_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 ; amp, Matthey ; W. (2003).** The living soil: basic pedology – soil biology. Chapman and Hall, p 569.

**\_Godet, JP., 2010.** Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par les éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. Thèse de doctorat : Université de Lille 1, p. 1-14

**\_Gupta, S.K; Sundararaman, V. (1991).** Correlation between burrowing capability and AChE activity in the earthworm, *Pheretima posthuma*, on exposure to carbaryl. *Bulletin of Environmental contamination and toxicology*,46, p 859-65.

**\_Groten JP, Feron VJ, Suhnel J. 2001.** Toxicology of simple and complex mixtures. *Trends Pharmacol Sci* 22:316-322

**\_Greco WR, Bravo G (1995)** The search for synergy: a critical review from a response surface perspective.

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

## *H*

**\_Habig, W.H ; Pabst, M.J ; Jakoby, W.B. (1974).** Glutathion-S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*,249, p 71307139.

**\_HABAB M et JOUINI R (2021) :** Effet d'un herbicide chez les lombriciens

**\_ Hayes, J.D., Flanagan, J.U., Jowsey, I.R., 2015.** Glutathione transferases. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 45, 51–88



## *Références bibliographiques*

\_ **Herger P., 2003.** Regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Natur-Museum Luzern, 49 p.

### **I**

\_ **INRSERM, (2013)** : Utilisation des produits phytopharmaceutiques en agriculture tropicale.

\_ **Isabelle T, Odile P, Sandra C (2001)** - Effets chroniques des pesticides sur la santé : état actuel des connaissances. Revue d'épidémiologie et de santé publique.

### **J**

\_ **Jannoyer Magalie L, Philippe C, Dominique M, Carine S, Marc V, Thierry W, YvesMarie C (2012).** Chlordécone aux Antilles : évolution des systèmes de culture et leur incidence sur la dispersion de la pollution. *Agronomie, Environnement & Sociétés*. 2:45-58.

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

\_ **Jong, Y ; Verbeek, M ; Michelsen, V ; De Place Björn, P ; Los, W; Steeman, F; ...Penev, L. (2014).** Fauna Europaea - all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal*, 2, [e4034]. DOI :10.3897/BDJ.2. E4034

### **K**

\_ **Keeran W.S., & Lee R. 1987.** The purification and characterization of glutathione S-transferase from the hepatopancreas of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Arch. Biochem. Biophys.*, 255 :233-243

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

### **L**

## *Références bibliographiques*

**\_Lakhani, K. H., & Satchell, J. E. (1970).** Production by *Lumbricus terrestris* (L.). *The Journal of Animal Ecology*, 473-492.

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

**\_ LAVELLE P, PASHANASI B, CHARPENTIER F, GILOT C, ROSSI J, DEROUARD L, ANDRE J, PONGE J, BERNIER N.** Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics, in: Edwards C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*, St. Lucie Press, Boca Raton, USA, 1998 , p.103–122.

**\_LATRECHE et KOUIDER** impact d'un insecticide chez les juvéniles des vers apporetodae caliginosa : aspect physiologique 2022

**\_Laurence Salomé.** *Les contaminants chimiques seuls ou en mélange* 2017

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

**\_Livingstone, D. R., 2003** : Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates. *Advcomp environ. Physiol*,7, 46-185

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

**\_Lukkari, T ; Taavitsainen, M ; Soimasuo, M ; Oikari, A ; Haimi, J. (2004).**

## **M**

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

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

## *Références bibliographiques*

\_Mahler H & Cordes E., 1968. Biological chemistry, Harper and row.

\_Markert, B., 2007. Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 21, 77-82.

\_Mekahlia, M. N., Tine, S., Menasria, T, Amieur, H., & Salhi, H. (2015). In vitro biomarker

\_MEHRI M. 2008. Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faible doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique marin. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, pp140.

\_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.

\_Moussard C., 1999. La biochimie, Biochimie structurale et métabolique, Médecine, Pharmacie, Sciences. De Boek&Larciers.a., Bruxelles. 294 p.

\_Mnaceur Et Arar 2021 d'un insecticide chez les vers Aporetodea Caliginosa

\_MNHN., 2006. Inventaire du patrimoine naturel. Muséum d'histoire naturel de France.

[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/199912/tab/taxo](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/199912/tab/taxo)

### *N*

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

### *O*

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

\_Oruç, E.Ö ; Üner, N. (2000). Combined effects of 2, 4-D and azinphosmethyl on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in liver of Oreochromis Nilotic us. Comp. Biochem. Physiol. C., 127: p 291–296.

**\_OUCHEBBOUK D., ZIBANI A. 2015.** Contribution à l'étude de l'utilisation des pesticides dans quelques vergers des régions de Tizi-Ouzou, Boumerdes, Bouira. Diplôme en master en agronomie, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p44.

**P**

**\_Padmaja J.R., 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, *Bellammyadissimillis* (Müller). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 53: 142-148.

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

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

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

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

**\_Pflieger M (2009).** Etude de la dégradation photochimique des pesticides adsorbés à la surface de particules atmosphériques. Thèse de doctorat en Biosciences de l'environnement, chimie, santé, université de Provence, France, 261 p.

**\_Pffner, L. (2013).** Regenwürmer baumeister fruchtbarer böden. FiB. Schweiz.p 6.

**\_Pharmacol. Rev. 47 :331-385**

## *Références bibliographiques*

**\_Prapantadara L.A. Koottathep S. Promtet .N. Hemingway J. & Ketterman A. J. 1996.** Purification and characterization of a major Glutathione S-Transferase from the mosquito Anopheles virus (species B). *Insect. Bio. Mol. Biol.*, 26:277-285.

### **Q**

**\_Queyrel W (2017).** Modélisation du devenir des pesticides dans les sols à partir d'un modèle agronomique : évaluation sur le long terme. Thèse de doctorat en Agronomie, Hydrologie et Environnement, Université Pierre et Marie Curie, France, 236 p.

### **R**

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

**\_Razafindrakoto, M., 2012.** Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar : Taxonomie, Distribution et Ecologie. Thèse de doctorat. Université d'Antananarivo. 174

**\_Razafindrakoto, M., 2013.** Etude des annélides oligochètes de Madagascar : taxonomie, distribution et écologie. th.Doc.Univ D'ANTANNRIVO. 174 p

**\_Regnault-Roger, C. (2005).** New insecticides of plant origin for the third millennium. *Biopesticides of plant origin*, 17-35.

**\_responses of earthworm Lumbricus terrestris exposed to herbicide sekator and phosphate fertilizer.** *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(1), 15.

**\_Robert, david trianozine qui inhibe la photosynthèse des plantes 2012**

### **S**

**\_Satchell J E (1967).** Lumbricidae. In *Soil Biology*. Academic Press: London. 259-322.

**\_Savigny, J.C :** Analyse d'un Mémoire sur les Lombrics par Cuvier. Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France.

**\_Schleifler, R; Coeurdassier, M; Morilhat, C; Bernard, N; Faivre, B; Flicoteaux, P. (2006).** Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (*Turdusmerula*) and

## *Références bibliographiques*

in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas. *The Science of Total Environment*, 371, p 197–205.

\_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.

\_Sies, H. (1993). Strategies of antioxidant defenses. *Eur J Bio-chem.*, 215: p 213–219.  
Shailaja, M.S; D'Silva, C. (2003). Evaluation of impact of PAH on a tropical fish, *Oreochromis mossambicus* using multiple biomarkers. *Chemosphere*, 53: p 835–841

\_Stephenson, J. (1930). *The Oligochaeta*. Clarendon press, Oxford University.

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

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

\_Svendsen T. S., Hansen P. E., Sommer C., Martinussen T., Grønvold J. & 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.

## V

\_van der Werf H M G (1996). Assessing the impact of pesticides on the environment.

*Agriculture, Ecosystems and Environment*. 60 :81-96.

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

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

\_Villeneuve et Désire 1965 : *Zoologie Bordas* p40

## W

## *Références bibliographiques*

**Wang, Y., Wu, S., Chen, L., Wu, C., Yu, R., Wang, Q., & Zhao, X. (2012).** Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 88(4), 484–491. doi : 10.1016/j.chemosphere.2012.02.086.

### **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.

### **Z**

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

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

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

**Zirbes, L; C Mescher, M; Vrancken, V; Wathélet, JP; Thonart, PH; Haubruge, E., 2011.** Earthworms use odor cues to locate and feed on microorganisms in soil. *PLoS One*, 6, 219-227.