



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Larbi Tébessi -Tébessa-  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : des Sciences de la Nature et de la Vie



## MEMOIRE DE MASTER

**Domaine:** Science de la Nature et de la Vie

**Filière:** Biologie animale

**Option:** Santé et Environnement

**Thème:**

N° :

REF/BIBLIO :

**Évaluation la toxicité d'un insecticide "Karaté Zeon" à l'égard de vers de terre *Aporrectodea caliginosa***

**Présenté par:**

**Amel DJEDDAI**

**Devant le jury**

<b>Souad NEFFAR</b>	MCA	Université de Tébessa-Tébessa-	Président
<b>Karim BOUAZDIA</b>	MAA	Université de Tébessa-Tébessa-	Rapporteur
<b>Hayette BOUABIDA</b>	MCB	Université de Tébessa -Tébessa-	Examinatrice

*Date de soutenance: 01.06.2016*

*Note : 16      Mention : Très bien*

سلام افلا

## ملخص

يهتم هذا العمل بدراسة تأثير المبيدات التي تستخدم عادة في الجزائر **Karaté Zeon** على كائنات

مؤشرة للتلوث ، وديدان الأرض **Aporrectodea caliginosa**.

، وركزنا في عملنا هذا على آثار **Karaté zeon** على ديدان الأرض باستخدام اختبارات السمية

حيث معايير التقييم التالية: معدل الوفيات، النمو الشكل العام للحيوان.

مبيدات الحشرات **Karaté zeon** واضحة العلاقة بين الجرعة والاستجابة في الاسبوع الاربعة. يتم

تخفيض عدد الوفيات على طول فترة الدراسة، مما أدى إلى قيم **DL90=181817,62**

**mg /kg** و **DL50=68,16mg /kg** في اليوم **14** وأعلى بكثير بالمقارنة مع الجرعات

المستخدمة.

من ناحية أخرى، ونحن مهتمون في بطارية من المؤشرات الحيوية مثل النشاط أستيلكولينستراز، و

**GST** و **catalase** عند **A. caliginosa**. نتائجا تظهر سمية أكدت عن طريق إحداث نظام إزالة

السموم (**GST**) وتحفيز نشاط إنزيم مضاد للأكسدة: الكاتالاز وتنشيط النشاط الألم.

كلمات البحث : **Karaté zeon**، **A. caliginosa**، المؤشرات الحيوية، السمية والشكل ، والنمو.

## Abstract

---

This work consists in studying the impact of a weedkiller used usually in Algeria Karaté Zeon on an organism bioindicator of pollution, the earthworms *Aporrectodea Caliginosa*.

In our work, we concentrated on the effects of Sekator on the earthworms using the toxicological tests where following criteria of evaluation: mortality, growth and the rate of morphology.

The insecticide Karate Zeon proclaim a Dose-effect relation after four weeks. The number of mortality is tiny room along the period of study, which led to values of  $DI_{50} = 68,16 \text{ mg /kg}$  and  $DI_{90} = 181817,62 \text{ mg /kg}$  definitely higher compared to the amounts used.

On another side, we were interested in a battery of biomarquers such as: GST Activity, CAT Activity, and AChE Activity, and their evolution in the presence of xenobiotic. Our results highlight a toxicity confirmed by the release of a system of detoxification (GST) and the stimulation of the antioxydant enzymatic activity: the Catalase as well as an inhibition of the AChE activity.

**Key words:** Karaté Zeon, *A. Caliginosa*, Biomarquers, Toxicity, Morphology, Growth.

## Résumé

---

Ce travail consiste à étudier l'impact d'un insecticide utilisé couramment en Algérie le Karaté Zeon sur un organisme bioindicateur de pollution, le vers de terre *Aporrectodea Caliginosa*.

Dans notre travail, nous nous sommes concentrés sur les effets du Karaté Zeon sur les vers de terre à l'aide des tests toxicologiques où les critères d'évaluation suivants : la mortalité, la croissance et la morphologie.

L'insecticide de Karaté Zeon manifeste une relation dose-effet lors des quatre semaines. Le nombre de mortalité est réduit le long de la période d'étude, ce qui a conduit à des valeurs de  $DI_{50}=68,16\text{mg/kg}$  et  $DI_{90}=181817,62\text{mg/kg}$  nettement supérieures par rapport aux doses utilisées.

D'un autre côté, nous nous sommes intéressés à une batterie de biomarqueurs tels que : Activité GST, Activité CAT, Activité AChE, et leur évolution en présence du xénobiotique chez *A. Caliginosa*. Nos résultats mettent en évidence une toxicité confirmée par le déclenchement d'un système de détoxification (GST) et la stimulation de l'activité enzymatique anti-oxydante : la Catalase ainsi qu'une inhibition de l'activité AChE.

**Mots clés :** Karaté Zeon, *A. Caliginosa*, Biomarqueurs, Toxicité, Morphologie et Croissance.

# *Dédicace*

*Avant toute chose, je remercie ALLAH, le tout puissant, pour m'avoir donnée la force, la volonté, et la patience durant toutes mes années d'étude.*

*Ma mère : qui je ne peux pas oublier les regards qui reflètent l'espoir et optimisme son sourire qui me couvre de jour en jour d'un amour dont les mots ne suffisent pas à exprimer.*

*A mon père pour sa gentillesse, je suis très reconnaissante pour tout ce qu'il fait pour moi, sa confiance, ses précieux conseils et son amour. Merci mon père, que Dieu te bénisse.*

*A mes sœurs et frères : pour l'affection qui je lie, pour l'intérêt que vous portez à ma vie, pour votre soutien, votre compréhension et vos encouragements.*

*A toute ma famille.*

*A toutes mes amies surtout : Warda G, Leïla K, Asma M, Wafa D, Hadjira D Salwa H, Malika A, Mounia D, Samira K, Houa B, Karima D.*

*A tous mes collègues de promotion 2016.*

*Amel*



## REMERCIEMENTS



*Je témoigne que c'est par la grâce de Dieu  
le tout puissant et miséricordieux, d'aide  
incessante, qu'il m'a porté et d'orientation imminente qu'il m'a  
accordé pour achever ce travail.*

*Mes sincères remerciements s'adressent :*

*L'encadreur **Mr BOUAZDIA Karim**, Maître de conférences à  
l'Université de Tébessa, pour son attention, générosité  
scientifique et compréhension. Qu'elle trouve ici le témoignage de  
ma haute considération et de mon profond respect.*

*Nous remercions aussi chaleureusement les membres du  
jury : M<sup>me</sup>. Neffar. S et M<sup>me</sup>. bouabida. H pour l'intérêt et le  
temps qu'ils ont consacré à juger  
ce mémoire.*



*Merci aussi à l'ensemble des  
personnes et les laborantins de la  
biologie, géologie et l'hôpital*



*Les remerciements s'adressent également à l'ensemble des  
enseignants qui ont contribué à nos formations au cours de  
nos années universitaires, sans oublier tous les personnels de  
département de biologie, et l'équipe de la bibliothèque.*

*Surtout Mme Djellab S, Mr TINE S , Mmt yahia.*



## *Table des matières*

ملخص	I
Abstract	II
Résumés	III
Dédicace	IV
Remerciement	V
Table de matière	VI
Liste des tableaux	VII
Listes des figures	VIII
Introduction	1

## Chapitres I. Etat des connaissances

---

1. Présentation des annélides	3
2. Répartition écologique	3
2.1. Epigés	4
2.2. Anéciques	4
2.3. Endogés	5
3. Biologie des vers de terre	7
3.1. Anatomie	7
3.1.1. Le prostomium	8
3.1.2. Le metastomium (soma)	8
a. La zone antérieure (anté-clitélienne)	8
b. Le clitellum	8
c. La zone post-clitélienne	8
3.1.3. Le pygidium	8
3.2. Système circulatoire	9

3.3. Système digestif	10
3.4. Système respiratoire	10
3.5. Système locomoteur	11
3.6. Système de reproduction	11
3.6.1. Durée de vie et temps de génération	12
3.6.2. Période d'activité	12
3.6.3. Régénération	13
4. Le rôle des lombriciens dans le sol	13
5. Rappel sur les pesticides	13
5.1. Définition	14
5.2. Classification	14
5.2.1. Les insecticides	14
5.2.1.1. Les classes d'insecticides	15
5.2.1.1.1. Les organochlorés	15
5.2.1.1.2. Les organophosphorés	15
5.2.1.1.3. Les carbamates	15
5.2.1.1.4. Les pyréthriinoïdes de synthèse	15

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

---

1. Présentation de la région de l'étude	17
1.2. Présentation de site d'étude	17
2. Le modèle biologique	18
2.1. Présentation d' <i>Aporrectodea caliginosa</i>	19
3. Condition de l'expérience	19
4. Matériel inerte	20

4.1. Présentation du produit chimique et traitement	20
5.1.4. La molécule modèle	20
5.1.2. Mode d'action	21
5.1.3. Propriétés physiques et chimiques	21
5.1.4. Classement CMR	22
5.1.5 Les avantages	22
5.1.6 Traitement	2 2
6. Préparation de sol artificiel	22
7. Protocole expérimentale	22
8. Essai de toxicité aigue	23
8.1. Teste de toxicité	23
8.1.1. Mortalité observée	23
8.1.2. Mortalité corrigée	23
8.1.3. Transformation angulaire	24
8.1.4. Analyse de probite	24
8.1.5. Intervalle de confiance	24
9. Inhibition de croissances	25
10. Essai de toxicité enzymatique	25
10.1. Dosages de biomarqueurs	25
10.2. Mise au point du protocole d'extraction protéique	25
10.3. Dosages de l'AchI	26
10.4. Dosage GST	26
10.5. Dosage de CAT	27

10.6. Dosages de protéines totales	27
------------------------------------	----

## Chapitrer III. Résultat

---

1. Toxicité du Karaté Zeon à l'égard d' <i>Aporrectodea caliginosa</i>	29
1.1. Effet du Karaté Zeon sur le taux de mortalité après 14 jours d'exposition	29
1.2. Evaluation du taux de croissance	32
1.3. Effet sur la morphologie des vers	33
1.4. Effets de Karaté Zeon sur les biomarqueurs	33
1.4.1. Effet du karaté Zeon sur l'activité GST	34
1.4.2. Effet du Karaté Zeon sur l'activité Catalase	35
1.4.3. Effet du Karaté Zeon sur l'activité (AChE)	36

## Chapitrer IV. Discussion

---

1. Toxicité de Karate Zeon	38
2. Effet de Karaté Zeon sur la croissance	38
3. Effet sur la morphologie	39
4. Effets sur les biomarqueurs	39
4.1. Effet sur l'acétylcholinestérase	39
4.2. Effet sur la GST	40
4.3. Effets sur la catalase	41
<b>Conclusion</b>	<b>42</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>43</b>
<b>Listes des annexes</b>	<b>IX</b>

# Liste des tableaux

<i>Tableaux N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre (Bouché, 1972 -1977).	6
02	Tableau 02. Propriétés Physiques, chimiques et environnementales de $\lambda$ -cyhalothrine (CDPR, 2007)	21
03	Classement du lambda cyhalothrine selon CMR	22
04	Dosage de la catalase.	27
05	Réalisation de la gamme étalon de BSA en vue du dosage des protéines	28
06	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g} / \text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 14 jours d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).	29
07	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A.caliginosa</i> après 14 jours d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm s$ ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).	
08	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 14 jours d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$ ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).	
09	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 14 jours d'exposition : analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm \text{SD}$ ; n=4répétitions comportant chacune 10 individus).	
10	Toxicité du Karaté Zeon administré à différentes doses à l'égard de d' <i>A. caliginosa</i> après 14 jours d'exposition: classement des doses ( $m \pm \text{SD}$ ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).	
11	Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) après une exposition de 28 jours d' <i>A. caliginosa</i> : détermination de la DL50 et la DL90.	
12	Dosage des protéines; Réalisation de la gamme d'étalonnage ( $m \pm \text{SD}$ : n=2).	

13	Activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du corps entier d' <i>A. caliginosa</i> durant la période d'exposition au karaté Zeon (dose subletale) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 2$ ).
14	Activité spécifique de la CAT ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du corps entier d' <i>A. caliginosa</i> durant la période d'exposition au karaté Zeon (dose subletale) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n=2$ ).
15	Activité spécifique de l'AChE ( $\text{nM}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du corps entier des vers <i>A. Caliginosa</i> durant la période d'exposition au cadmium ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ ).
16	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 jour d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
17	Toxicité du Karaté Zéon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 jour d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
18	Toxicité du Karaté ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 jour d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
19	Toxicité du Karaté Zéon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 <sup>ème</sup> jour d'exposition: analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm \text{SD}$ ; $n=4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
20	Toxicité du karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 <sup>ème</sup> jour d'exposition: classement des concentrations ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
21	Toxicité du Karaté Zeon( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 07 <sup>ème</sup> jour d'exposition: transformation en probits des mortalités corrigées ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).

22	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après une exposition de 07 <sup>ème</sup> jour d' <i>A. caliginosa</i> : détermination des DL50 et DL90 ( $\mu/\text{kg}$ ) et leurs intervalles de confiance
23	Toxicité du Karate Zéon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes dose à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 21 <sup>ème</sup> jour d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
24	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 21 <sup>ème</sup> jour d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
25	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes concentrations à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 21 jour d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
26	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 21 <sup>ème</sup> jour d'exposition: classement des doses ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
27	Toxicité du sekator ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A.caliginosa</i> après 21 <sup>ème</sup> jour d'exposition: transformation en probits des mortalités corrigées ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
28	Toxicité du Karate Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après une exposition de 21 <sup>ème</sup> jour d' <i>A. caliginosa</i> : détermination des CL50 et CL90 ( $\mu/\text{kg}$ ) et leurs intervalles de confiance.
29	Toxicité du karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A. caliginosa</i> après 28 <sup>ème</sup> jour d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
30	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de <i>A.caliginosa</i> après 28 <sup>ème</sup> jour d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm \text{SD}$ ; $n= 4$ répétitions comportant chacune 10 individus).
31	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes concentrations à l'égard de <i>A.Caliginosa</i> après 28 jour d'exposition: transformation angulaire

	(m ± SD ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).
32	Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) administré à différentes doses à l'égard d' <i>A. caliginosa</i> après 28 <sup>ème</sup> jour d'exposition: analyse de la variance à un critère de classification (m ± SD ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).
33	Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) administré à différentes concentrations à l'égard de <i>A. Caliginosa</i> après 28 <sup>ème</sup> jour d'exposition: classement des concentrations (m ± SD ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).
34	Toxicité du Karaté zeon (µg/kg) administré à différentes doses à l'égard de <i>A.caliginosa</i> après 28 <sup>ème</sup> jour d'exposition: transformation en probits des mortalités corrigées (m ± SD ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).
35	Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) après une exposition de 28 <sup>ème</sup> jour d' <i>A. caliginosa</i> : détermination des DL50 et DL90 (µ/kg) et leurs intervalles de confiance.

# Liste des figures

<i>Figures</i> N°	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	Représentation schématique des relations fonctionnelles entre les vers de terre et leur environnement externe (Doube & Brown, 1998).	03
02	Ver épigé <i>Eisenia foetida</i> ( <a href="http://www.kingstonwormfarm.com">http://www.kingstonwormfarm.com</a> ).	04
03	Ver anécique <i>Allolobophora</i> ( <a href="http://www.earthwormsoc.org.uk">http://www.earthwormsoc.org.uk</a> ).	04
04	(Vers endogés (Vigot. & Cluzeau, 2014).	05
05	Evolution des caractères sexuels somatique chez un ver de terre adulte ( <i>Allolobophora terrestris</i> ) (Beaumont & Cassier, 1981).	07
06	Morphologie d'un ver de terre (d'après Sims et Gerard, 1999).	09
07	Coupe transversale d'un ver de terre (Gauer, 2007).	09
08	Déplacement du vers de terre. <b>A</b> : allongement, <b>R</b> : raccourcissement (Tavernier, sd).	11
09	L'accouplement du vers de terre et la formation du cocon (Pelosi, 2008).	12
10	Ver de terre anécique enroulé pour survivre aux périodes de sécheresse ( <a href="http://www.fibl.org">www.fibl.org</a> ).	13
11	La situation géographique de la zone d'étude( la région de l'étude) ( <a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes_de_la_wilaya_de_T%C3%A9bes">https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes_de_la_wilaya_de_T%C3%A9bes</a> sa).	17

12	La situation géographique de la zone de l'étude (□ la région de l'étude, = le site de l'étude) (google earth).	18
13	Ver de terre l'espèce <i>Aporrectodea caliginosa</i> (photo personnel).	19
14	Le produit utilisé (photo personnel).	20
15	Formule développée de la $\lambda$ -cyhalothrin ( <a href="http://kangmei.com/Cyhalothrin.html?">http://kangmei.com/Cyhalothrin.html?</a> ).	20
16	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 14 jours d'exposition d' <i>A. caliginosa</i> . Analyse des probits ( $R^2$ = Coefficient de détermination).	31
17	Effet de l'insecticide karaté Zeon à différentes doses sur le taux de croissance des vers de terre <i>A. caliginosa</i> en fonction du temps.	32
18	(A, B et C), les anomalies morphologiques des vers exposés à l'insecticide Karaté dans le sol artificiel.	33
19	Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).	34
20	Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) chez les vers de terre en fonction du temps.	35
21	Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Catalase (CAT) chez les vers de terre en fonction du temps.	36
22	Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Acétylcholinestérase (AChE) chez les vers de terre en fonction du temps.	37
23	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) après 21 <sup>ème</sup> d'exposition d' <i>A. caliginosa</i> . Analyse des probits ( $R^2$ = Coefficient de détermination).	54
24	Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) après 21 <sup>ème</sup> d'exposition d' <i>A. caliginosa</i> . Analyse des probits ( $R^2$ = Coefficient de détermination).	58
25	Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{L}$ ) après 28 jours d'exposition d' <i>A. caliginosa</i> . Analyse des probits ( $R^2$ = Coefficient de détermination).	62

# Introduction

---

C'est dans les années 40 que les premiers pesticides de synthèse sont apparus sur le marché, avec des résultats très positifs quant à l'augmentation des rendements agricoles. Vingt ans plus tard, les premières accusations d'atteinte à la santé des gens et à l'environnement se firent entendre (Carson, 1962). Le débat sur les risques encourus et les bénéfices recueillis de la lutte chimique s'est prolongé depuis et l'on a consacré de très nombreux travaux de recherche à mieux connaître l'impact des pesticides sur l'environnement (Hayo & van der Werf, 1997).

On estime que 2,5 millions de tonnes de pesticides sont appliqués chaque année sur les cultures de la planète. (Pimentel, 1995). L'Algérie est classée parmi les pays qui utilisent de grandes quantités de pesticides, dont l'Association Algérienne pour la protection de l'environnement tire la sonnette d'alarme «L'Algérie est un grand consommateur de pesticides: 30000 tonnes sont épandues chaque année » (Chiali et *al*, 2013).

Ils sont en effet fréquemment mis en cause dans la dégradation de la qualité des eaux douces souterraines et des eaux côtières, de l'air et du sol, dans la réduction de la biodiversité terrestre constatée dans les zones agricoles et dans les milieux naturels contaminés (Inra-Cemagref, 2005).

L'exposition aux pesticides est l'un des facteurs de risque qui favorise l'augmentation du stress oxydatif en produisant des radicaux libres oxygénés. Ce risque du stress oxydatif est largement accepté comme étant un composant critique de la plupart des voies pathologiques (Bonfont-Rousselot et *al.*, 1997).

Au cours des deux dernières décennies, les problématiques de sols contaminés et de déchets solides ont connu une hausse dans l'ensemble des pays industrialisés, entraînant un besoin d'élaboration de méthodes de caractérisation toxicologique plus performantes. Les invertébrés du sol sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité du sol (Lokke & Van Gestel, 1998) et certains d'entre eux, particulièrement les vers de terre, présentent un intérêt particulier, car ils peuvent être exposés aux contaminants par différentes voies (phase aqueuse, phase vapeur et ingestion de la phase solide). Certaines espèces sont ubiquistes et représentatives de la faune indigène tout en étant faciles à élever en laboratoire.

Les lombriciens sont présents dans la plupart des écosystèmes terrestres, excepté dans les déserts chauds ou glacés. L'abondance et la biomasse de vers rencontrés dépendent des systèmes considérés et de la pression anthropique exercée. Compte tenu de leur rôle au

# Introduction

---

sein des écosystèmes, de leur sensibilité aux contraintes environnementales et de leur grande abondance dans la majorité des sols tempérés, les lombriciens sont proposés comme bioindicateurs de la biodiversité et de la qualité du sol (Mayeux et Savanne, 1996 ; Fragoso et *al*, 1997 ; Decaëns et *al.*, 1999) ainsi que de l'impact environnemental des systèmes de culture (Chabert, 1999 ; Paoletti, 1999).

Les densités de vers de terre se situent généralement entre 50 et 400 vers m<sup>-2</sup>, excédant parfois les 1 000 vers m<sup>-2</sup> (Lee, 1985) ; la biomasse vivante de vers de terre se situe entre 30 et 100 g m<sup>-2</sup> (Lavelle & Spain, 2001) mais peut dépasser 300 g m<sup>-2</sup> (Lee, 1985). En milieu cultivé, la densité et la biomasse de vers de terre sont généralement très variables et la taille des populations est intermédiaire entre celle trouvée dans les habitats les plus stériles (trop acides, trop secs ou trop froids) et celle des prairies naturelles, qui abritent en général un très grand nombre de vers de terre (Edwards & Bohlen, 1996).

Dans ce contexte, ce travail s'intéresse à évaluer les réponses des populations lombriciennes chez l'espèce de vers de terre la plus répandue dans la région de Tébessa *Apporoctodea caliginosa* choisie comme modèle d'étude en raison de leur bénéfique rôle dans le sol à l'impacte d'insecticide de Karaté Zeon la plus utilisables en Algérie .

L'objectif de ce travail est l'évaluation de toxicité globale, létalité (la dose létale 50 et la dose létale 90, croissance, reproduction et la morphologie ; et celle de biomarqueurs reconnus comme La biomarqueurs de neurotoxicité par l'acétylcholinestérase, la biomarqueure détoxification Glutathion-S-transférase (GST), la catalase ou la fragilité des membranes lysosomiales, à l'égard de vers de terre *Apporoctodea caliginosa*. A cette fin, on étudiant tout d'abord la Karate Zeon choisis comme modèle des insecticides.

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

## 1. Présentation des annélides

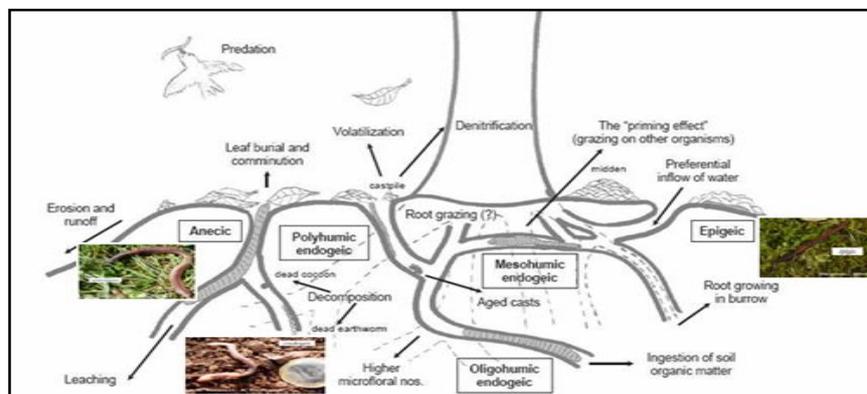
Les annèles ou vers annelés sont des métazoaires triploblastiques, coelomates. Leur corps doté de symétrie bilatérale comprend trois régions, la tête qui porte les organes sensoriels et la bouche (Beaumont & Cassier, 1981), le tronc constitué par une série linéaire de métamère homologues pourvus en principe d'appendices locomoteur, le pygidium ou telson ou aboutit l'anus (Cassier et *al.*, 1997).

Beaucoup d'espèces ne font que quelques centimètres de long mais certains vers peuvent atteindre un mètre dans le sud de la France ou encore dans les Vosges (megascolodes), voire trois mètres en Australie ou en Colombie. On en trouve un peu partout en Europe, alors qu'ils avaient disparu de certaines régions comme l'Amérique du Nord lors des périodes de glaciation (Cluzeu & Peres, 2011).

Les lombriciens représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse. En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces chaque année (Pelosi, 2008).

## 2. Répartition écologique

Sous la dénomination de vers de terre ou de lombriciens cohabitent plusieurs espèces qui vivent dans des niches écologiques différentes et, d'une certaine manière, se complètent en possédant des rôles et des impacts fonctionnels différents. Trois grandes catégories (catégories écologiques) qui se basent sur des critères morphologiques, physiologiques et comportementaux sont définies (Bouché, 1972 ; Lavelle, 1997) :



**Figure 01.** Représentation schématisée des relations fonctionnelles entre les vers de terre et leur environnement externe (Doubt & Brown, 1998).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

## 2.1. Épigé

Les épigés sont des vers de petite taille (< 5 cm) de couleur rouge sombre. Ils vivent à la surface du sol dans les amas organiques (litière de feuilles, écorces, bouses, compost, ...). Ils sont saprophages et participent de fait au recyclage de la matière organique. Leur musculature, peu développée, ne leur permet pas de creuser des galeries dans le sol (DGAI, 2013).



**Figure 2.** Ver épigé *Eisenia foetida* (<http://www.kingstonwormfarm.com>).

## 2.2. Anécique

Les anéciques sont, au contraire, les grandes espèces qui labourent le sol en creusant des galeries permanentes verticales à sub-verticales, ouvertes à la surface, favorisant par exemple l'infiltration de l'eau. Les adultes mesurent plus de 10 cm et certains individus peuvent atteindre plus de 1 m de long. Le dépôt de déjections en surface (ou turricules) entretient une rugosité à la surface du sol, limitant la vitesse de ruissellement et donc le risque d'érosion. Ils contribuent par ailleurs à la fragmentation de la matière organique morte présente en surface, à son enfouissement au sein du profil de sol et au brassage (DGAI, 2013).



**Figure 03.** Ver anécique *Allolobophora* (<http://www.earthwormsoc.org.uk>).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

## 2.3. Endogés

Les endogés, de taille variable (1-20 cm) se reconnaissent par leur couleur très pâle, rose, gris-claire ou verdâtre. Comme les anéciques, ces vers de terre sont armés d'une musculature de fouille bien développée, mais creusent des galeries temporaires horizontales à subhorizontales. Géophages, ils se nourrissent de matière minérale plus ou moins enrichie en matière organique. Leurs déjections (mélange intime de matières organiques et minérales), déposées dans le sol, contribuent à la formation d'une « structure grumeleuse » favorisant notamment la rétention de l'eau dans le sol. Les vers de terre endogés dominent généralement les communautés lombriciennes des parcelles en grandes cultures gérées de manière conventionnelle. Cette classification a été précisée en fonction de la richesse en microorganisme du milieu où le ver évolue : les oligohumiques vivent dans des milieux pauvres en microorganisme, les polyhumiques dans des milieux riches en microorganisme, et les mésohumiques dans des milieux intermédiaires. De plus, les endogés passent le plus de temps dans le sol et seraient donc susceptibles d'être le plus impactés par la contamination des sols (Lavelle, 1981).



Figure 04. Vers endogés (Vigot M. & Cluzeau D., 2014).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

**Tableau 01** : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre (Bouché, 1972 -1977).

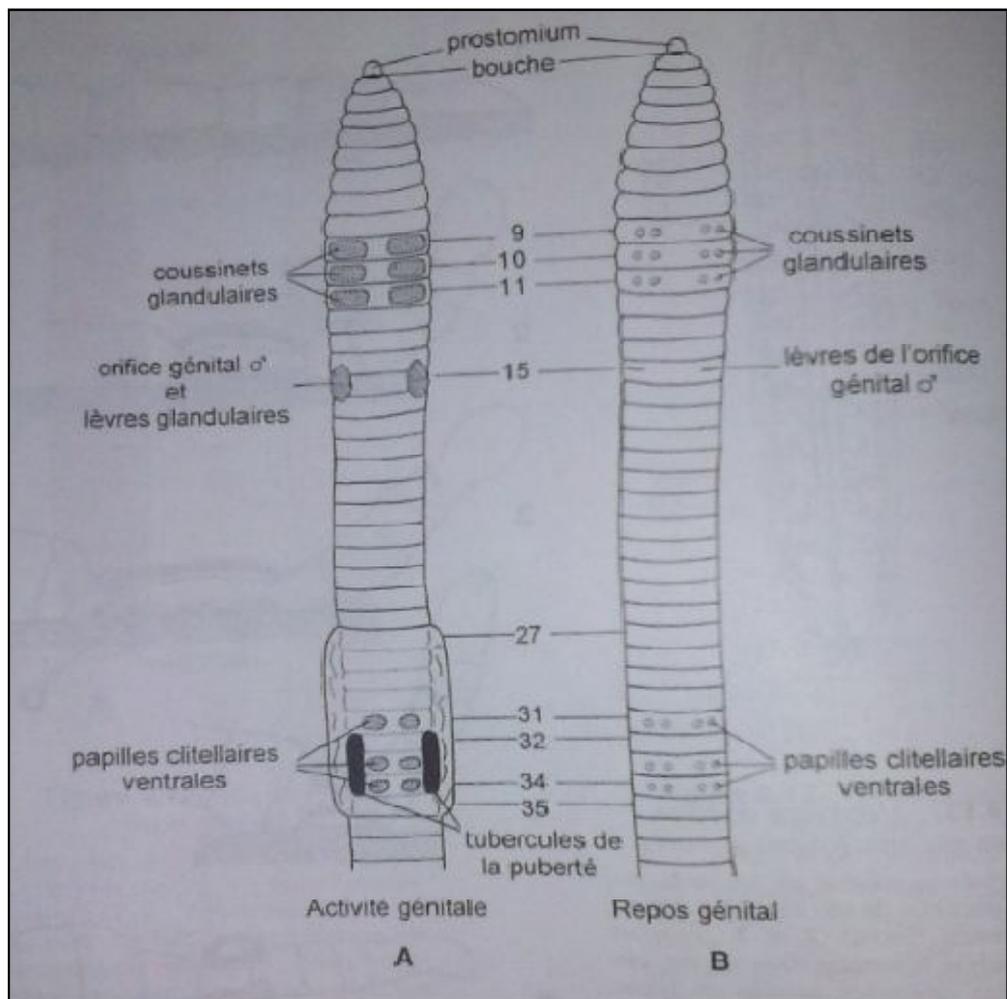
Les catégories	Espèce épigée	Espèce anécique	Espèce endogée
<b>Alimentation</b>	Litière décomposée à la surface du sol ; peu ou pas d'ingestion de sol	microorganisme décomposée à la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries.	préférence pour matériau riche en microorganisme
<b>Pigmentation</b>	Sombre, souvent ventrale et dorsale	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale	Peu ou pas pigmenté
<b>Taille adultes mm</b>	Petite à moyenne (10-30)	Grande (10-110)	Moyenne (1-20)
<b>Galeries</b>	Pas, quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèces intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives, subhorizontales
<b>Mobilité</b>	Mouvements rapides en réponse à perturbation	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents
<b>Longévité</b>	Relativement courte	Relativement longue	Intermédiaire
<b>Temps de Génération</b>	Court	Long	Court
<b>Survie à Sécheresse</b>	Sous forme de cocons	Quiescence	Diapause
<b>Prédation</b>	Très importante, Surtout par oiseaux, mammifère et arthropodes prédateurs	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

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

## 3. Biologie des vers de terre

### 3.1. Anatomie

Les vers de terre ont un corps mou, composé par une série de nombreux anneaux successifs appelés les métamères de 60 à 200 (Morin, 1999). Chaque anneau possède 8 petits poils (soies) qui permettent au ver de se déplacer sur et dans le sol (Vigot et Cluzeau, 2014). Les vers de terre qui ont atteint leur maturité sexuelle se reconnaissent à un bourrelet, un épaissement situé au tiers antérieur du corps appelé clitellum (Pfiner et *al.*, 2013).



**Figure 05.** Evolution des caractères sexuels somatique chez un ver de terre adulte (*Allolobophora terrestris*) (Beaumont & Cassier, 1981).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

D'une manière générale, le corps est composé des parties suivantes :

## 3.1.1. Le 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 coelomique, il est plus ou moins fusionné avec le péristomium (Sims & Gerard, 1999).

## 3.1.2. Le metastomium (soma)

Il constitue l'essentiel du corps du ver de terre. La première partie qui délimite l'orifice buccal se nomme « péristomium ». Chez l'adulte le soma peut être divisé par rapport au clitellum en trois zones (Sims & Gerard, 1999).

### a. La zone antérieure (anté-clitélienne)

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

### b. 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).

### c. La zone post-clitélienne

Elle se présente comme une succession de segments similaires. Sa fonction est essentiellement mécanique et digestive, elle permet aux vers de terre de s'accrocher à l'orifice du terrier lorsqu'ils explorent la surface du sol (Sims & Gerard, 1999).

## 3.1.3. Le pygidium

Il ne comporte pas de cavité coelomique, donc n'est pas considéré comme un métamère. Il entoure l'anus (Sims & Gerard, 1999).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

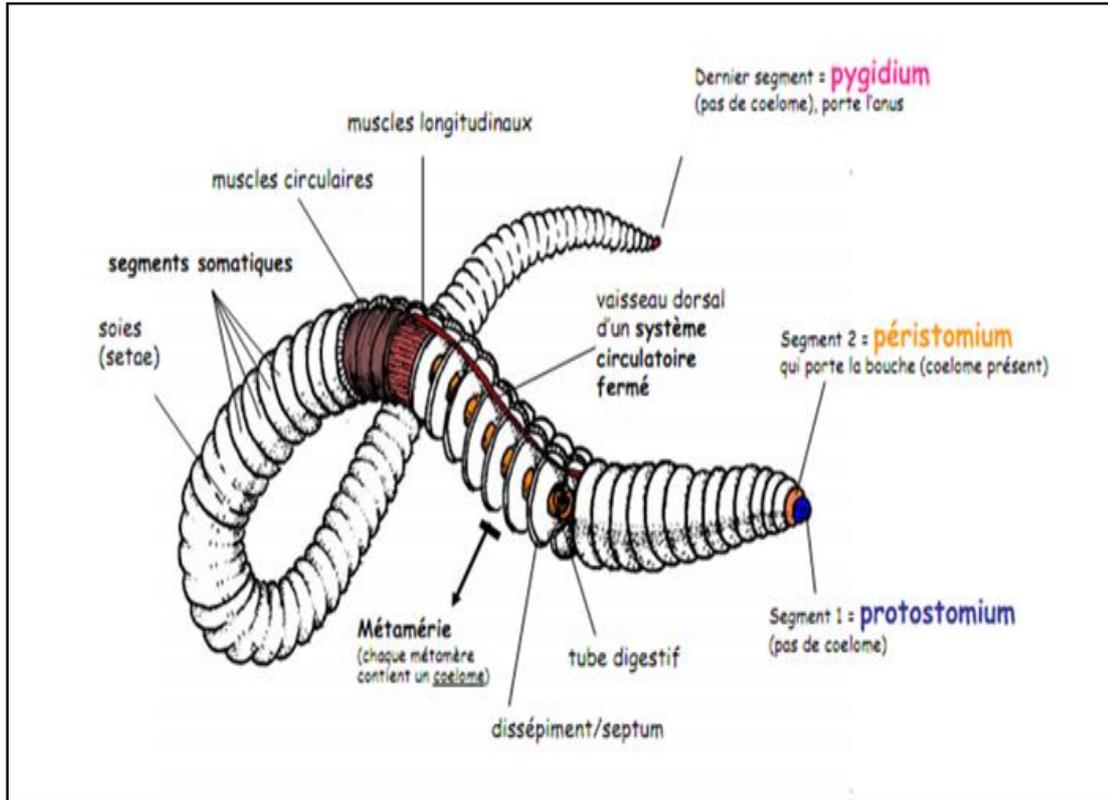


Figure 06. Morphologie d'un ver de terre (d'après Sims et Gerard, 1999).

## 3.2. Système circulatoire

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

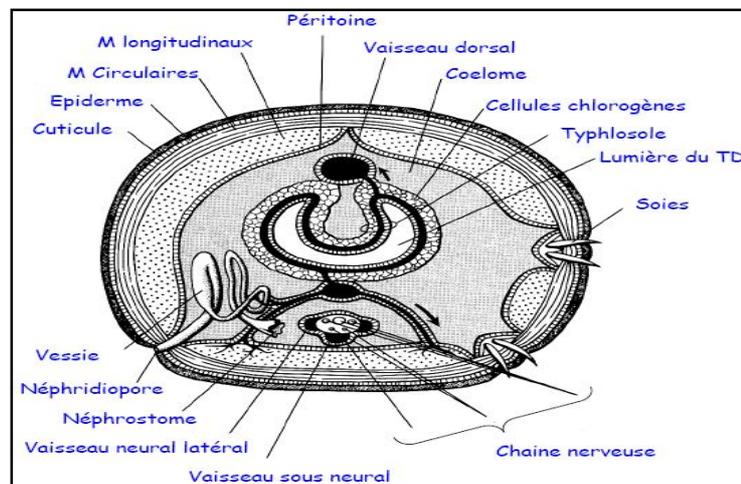


Figure 07. Coupe transversale d'un ver de terre (Gauer, 2007).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

## 3.3. Système digestif

Le tube digestif est complet, avec une bouche et un anus. Chaque segment possède des muscles circulaires qui sont complétés par un muscle longitudinal qui fait la longueur du corps. Pour avancer, le ver contracte les premiers et s'allonge en s'arc-boutant sur ses soies, puis il contracte alors le muscle long pour s'étirer. Il prélève son alimentation (mélange de terre et de matières organiques prédécomposées) grâce à sa bouche. Elle passe ensuite par une forme de "gésier" où elle est broyée avant d'être partiellement digérée dans le tube digestif. Au bout du circuit, les déjections sont soit déposées à la surface du sol (principalement pour les épigés et les anéciques), soit dans les galeries ou autres cavités du sol (principalement pour les endogés et dans une moindre mesure pour les anéciques). Le ver de terre possède également "cinq cœurs" ou plutôt une forme d'artère aorte qui pompe le sang du devant vers l'arrière sur le dos avec un retour par le ventre (Cluzeau & Peres, 2011).

Les vers se nourrissent surtout de matière végétale en décomposition. Grâce à des mouvements d'aspiration et de déglutition de la bouche, le vers assimile les hydrates de carbone et les protéines contenues dans les plantes (Pfiner et *al.*, 2013). Les micro-organismes sont un constituant inévitable du régime naturel de vers de terre (Edwards & Bohlen, 1996). Certains microbes sont préférentiellement ingérés par les vers de terre tandis que d'autres sont rejetés. Des études antérieures ont mis en évidence des stratégies d'alimentation sélective dans diverses espèces de lombrics pour certaines espèces fongiques et bactériennes (Satchell, 1967; Doube et *al.*, 1997; Doube & Brown, 1998; Neilson et & Boag, 2003).

## 3.4. Système respiratoire

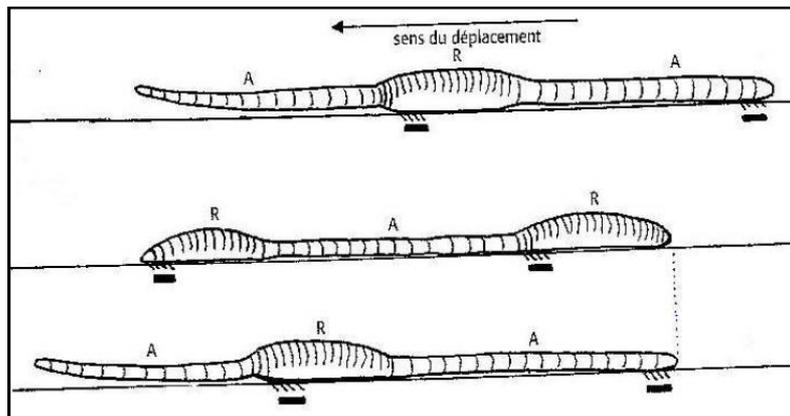
Les vers de terre n'ont ni poumons ni branchies pour respirer. La prise d'oxygène se fait par toute la surface du corps grâce à la peau qui assimile directement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est pour cette raison que les vers de terre doivent toujours maintenir leur peau humide. Ils se protègent du rayonnement solaire en se dissimulant dans la végétation et dans le sol et vont émerger à la surface seulement à la nuit venue comme le lombric. Si un ver est sorti de terre et exposé à la lumière solaire, il essaiera de se protéger du dessèchement qui entraîne la mort par des sécrétions d'un mucus protecteur (Morin, 1999).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

## 3.5. Système locomoteur

Elle est très simple, elle se fait à l'aide des soies qui sont des points d'ancrage qui permettent le déplacement par péristaltisme (Gauer, 2007).

Les deux couches musculaires qui enrobent le ver permettent une locomotion efficace. La musculature circulaire externe est responsable des contractions segmentaires et la musculature longitudinale, plus interne, permet l'allongement des segments. Les soies permettent l'accrochage à la paroi des terriers et le pore dorsal l'éventuelle évacuation rapide du liquide coelomique. Cet ensemble constitue un outil pneumatique remarquable, permettant la reptation par mouvement péristaltique. Le travail musculaire est réglé segment par segment grâce à un chapelet de cavités étanches susceptibles de communiquer entre elles par des sphincters (Bouché, 1984).



**Figure 08.** Déplacement du vers de terre. **A** : allongement, **R** : raccourcissement (Tavernier, sd).

## 3.6. Système de reproduction

La majorité des espèces se reproduisent sexuellement en étant hermaphrodites protandres (les vers sont mâle avant de devenir femelle). Lors de l'accouplement, les vers de terre échangent des spermatozoïdes (fécondation croisée) (Vigot et Cluzeau, 2014). Les vers de terre produisent des cocons qui contiennent 1 à 7 embryons selon les espèces. Les épigés produisent une 100<sup>aine</sup> de cocons et 300 descendants par an, tandis que les anéciques ne produisent qu'une 12aine de cocons et une 15<sup>aine</sup> de descendants par an (Vigot & Cluzeau, 2014).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

## 3.6.1. Le cycle de vie

Le cycle de vie dépend des espèces et des conditions climatiques. La durée de vie varie de 3 mois pour les épigés à 5-8 ans pour les anéciques et endogés. Ainsi, le temps de génération est plus rapide pour les épigés (vitesse de recolonisation la plus rapide : 1 à 2 ans) que pour les anéciques et endogés (5 à 7 ans) (Vigot & Cluzeau, 2014).

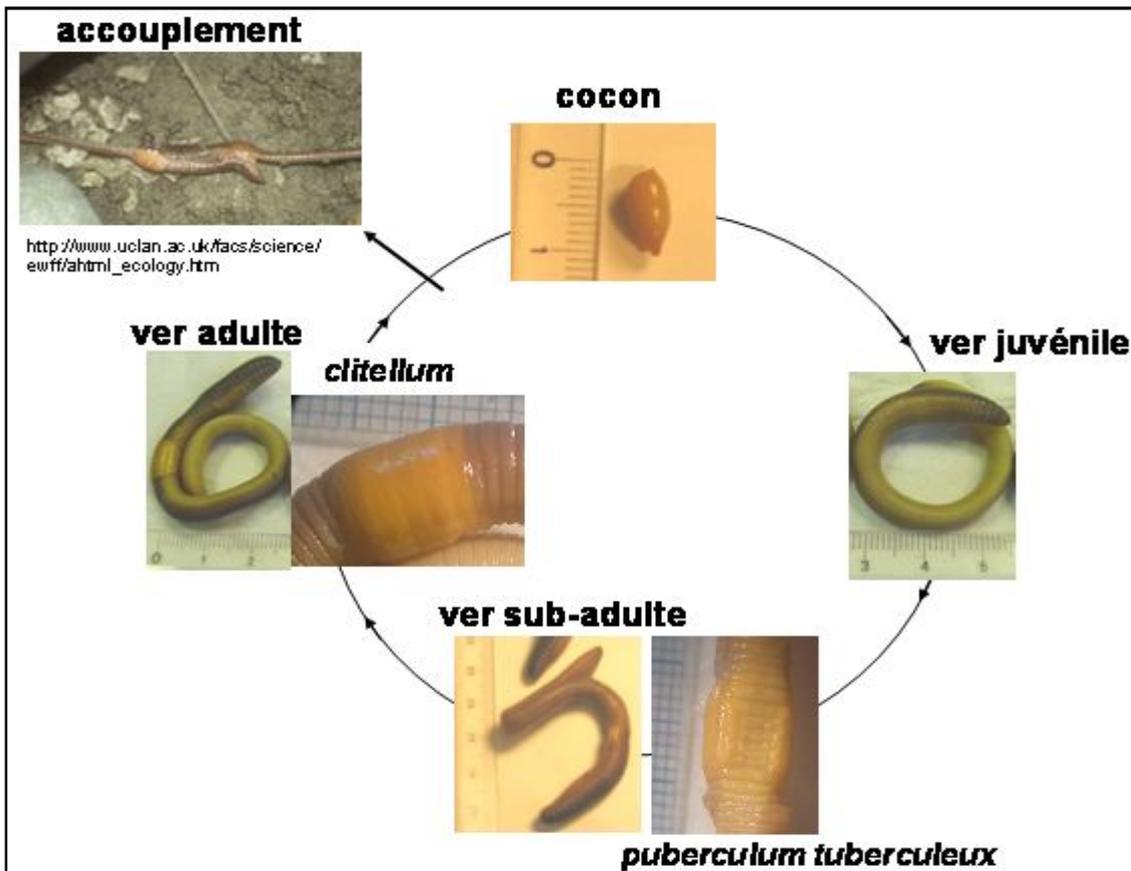


Figure 09. L'accouplement du ver de terre et la formation du cocon (Pelosi, 2008).

## 3.6.2. Période de l'activité

Les vers de terre sont principalement actifs en sortie d'hiver/début de printemps et en automne. Le sol doit être suffisamment humide et à une température d'environ 10°C (Optimum de 12°C). Lorsque les conditions ne sont pas favorables (sol trop sec en été ou trop froid en hiver), les vers de terre Anéciques et Endogés deviennent inactifs : ils s'enroulent dans une boule de mucus en mettant leur métabolisme au ralenti. Pour certaines espèces (tête noire), cette période d'inactivité est gérée par des hormones : ils sont inactifs de juin à septembre. Pour d'autres espèces, l'inactivité est déclenchée par des contraintes

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

du milieu (sécheresse estivale par exemple). Leur activité reprend dès que les conditions se sont améliorées. Les épigés quant à eux, meurent à chaque période défavorable et leurs populations survivent sous forme d'embryons dans les cocons (Vigot et Cluzeau, 2014).



**Figure 10.** Ver de terre anécique enroulé pour survivre aux périodes de sécheresse (www.fibl.org).

## 4. Le rôle des lombriciens dans le sol

Les vers de terre creusent des galeries et ingèrent de la matière organique c'est-à-dire principalement des résidus de végétaux. Leur activité entraîne donc des modifications de la structure du sol car les galeries font partie de la porosité du milieu, qui joue sur les transferts d'eaux et d'air, ainsi que sur la capacité d'enracinement des plantes. Lorsqu'ils ingèrent, digèrent et excrètent de la matière organique, les vers de terre participent également à la transformation physique et chimique des résidus végétaux qui présentent alors une forme plus décomposée. De même, ils prennent part à l'incorporation dans le sol de la matière organique présente en surface, comme les résidus de culture dans le cas des champs cultivés (Huber & Schaub, 2011).

## 4. Rappel sur les pesticides

Les pesticides sont utilisés, non seulement dans l'agriculture, mais aussi par divers autres acteurs (industries, collectivités territoriales) ainsi qu'en usage domestique et vétérinaire. Des problèmes de résidus dans les légumes, les fruits, etc., sont aussi mis en évidence (Merhi, 2008). Mais ces utilisations présentent des risques pour l'environnement et la santé humaine. Ils ont de multiples propriétés toxicologiques, physiques, chimiques et biochimiques (Samuel et al, 2012).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

## 4.1. Définition

Le terme « pesticide » est une appellation générique pour toutes les substances (molécules) ou produits (formulations) éliminant les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou pour d'autres applications (INRA, 2006).

Le code international , de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides , définit ainsi les pesticides comme toute substance ou association de substances qui est destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits ligneux, ou des aliments pour animaux, ou qui peut être administrée aux animaux pour combattre les insectes, les arachnides. (FAO, 2003).

## 4.2. Classification

Le premier système de classification repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles de produits phytosanitaires selon la nature des cibles visées: les herbicides, les fongicides et les insecticides. À celles-ci s'ajoutent des produits divers tels que les acaricides (contre les acariens), les nématicides (contre les nématodes), les rodenticides (contre les rongeurs), les taupicides (contre les taupes), les molluscicides (contre les limaces et les escargots essentiellement), les corvicides et les corvifuges (contre les oiseaux ravageurs de culture et surtout les corbeaux) et enfin les répulsifs (ACTA, 2005).

Le deuxième système de classification tient compte de la nature chimique de la substance active majoritaire qui compose les produits phytosanitaires. Les principaux groupes chimiques comprennent les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes, les triazines et les urées substituées (ACTA, 2005).

### 4.2.1. Les insecticides

Des produits utilisés pour tuer les insectes et les animaux par la perturbation des processus vitaux par action chimique. Les insecticides peuvent être des produits chimiques, organiques ou inorganiques. La source principale est la fabrication de produits chimiques. Bien que quelques-uns être issus de plantes (Francois, 2007).

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

## 4.2.1.1. Les classes d'insecticides

Les insecticides actuellement utilisés appartiennent à quatre grandes classes :

### 4.2.1.1.1. Les organochlorés

Les organochlorés sont des insecticides qui contiennent du carbone, de l'hydrogène et des atomes de chlore. Ces sont les insecticides les plus anciens même s'il persiste actuellement peu de substances actives encore autorisées (Periquet et *al.*, 2004).

Cette famille regroupe des composés très rémanents dans l'environnement et cumulatifs chez l'homme au niveau des organes riches en lipides. Ils génèrent des effets neurotoxiques, hépato et néphrologiques et sont fortement soupçonnés de participer à des processus de cancérogenèse. (Botta et Bellon, 2004).

### 4.2.1.1.2. Les organophosphorés

Les organophosphorés sont des pesticides utilisés en milieu agricole comme insecticides. Ils appartiennent à la famille chimique des anticholinestérasiques. Ce sont des esters de l'acide phosphorique dont les noms de substances actives sont le plus souvent identifiables par leur terminaison en "phos" ou en "thion". Les organophosphorés pénètrent dans la plante et ont soit une action de surface et ne sont pas véhiculés dans la plante, soit un effet systémique et diffusent dans la plante. Au niveau de l'insecte, la pénétration des organophosphorés peut se faire par contact, digestion ou inhalation (Periquet et *al.*, 2004).

### 4.2.1.1.3. Les carbamates

Ce sont des insecticides dérivés de l'acide carbamique, qui agissent en inhibant l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase, inhibition qui peut être réversible dans certains cas. Le carbaryl est le carbamate le plus utilisé en raison de son spectre d'action très étendu pour les contrôles des insectes et en raison de sa faible toxicité chez les mammifères. Le carbofuran, l'aldicarbe, le carbosulfan ou encore le fénoxycarbe sont également des carbamates largement utilisés (Periquet et *al.*, 2004).

### 6.2.1.1.4. Les pyréthrinoïdes

Insecticides dits de troisième génération, cette famille de pesticide dérive de l'acide chrysanthémique (Francois, 2007). Ils ont été extraits à partir des fleurs du chrysanthème (Hénault-Ethier, 2016). Ils ont plusieurs caractéristiques communes : une partie acide, un ester central, et une partie alcool (Testud et Grillet., 2007 ; Grandjean et *al.*, 2008), les

# Chapitre 1 : Etat des connaissances

---

pyréthrinoïdes sont les insecticides actuellement les plus souvent employés dans les formulations à usage domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, vétérinaires et médicales. Ils sont employés pour combattre les insectes ravageurs en agriculture (ex. pucerons et charançons), les insectes rampants ou volants dans les maisons (blattes, guêpes, fourmis et araignées), les parasites s'attaquant aux animaux (puces et tiques) et aux humains (poux), de même que les vecteurs de maladies infectieuses contrôlés par les services de santé publique (moustiques). L'usage des pyréthrinoïdes a augmenté au cours des dernières années, car ceux-ci sont massivement employés pour remplacer les organophosphorés plus toxiques.

Ils agissent sur les canaux sodiques situés le long de la membrane cellulaire de la queue des neurones (axones). En maintenant ces canaux ouverts, les pyréthrinoïdes déclenchent une série d'influx électriques chez les neurones qui cause leur dépolarisation, ce qui engendre différents symptômes comme des tremblements, des mouvements involontaires et la salivation (Hénault-Ethier, 2016). Comme l'insecticide commercialisé sous le nom de Karaté Zeon objet de cette étude.

# Chapitre II. Matériel et Méthodes

## 1. Présentation de la région de l'étude

Le terrain d'étude se situe au Nord -Est de l'Algérie dans la région de Tébessa

La Wilaya de Tébessa est limitée par :

- Au Nord par la wilaya de Souk Ahras ;
- A l'Ouest par les wilayas de Khenchela et Oum El Bouaghi ;
- A l'Est par la Tunisie ;
- Au Sud par la wilaya d'El Oued.

La wilaya s'étend sur une superficie de 13.878 km<sup>2</sup>.

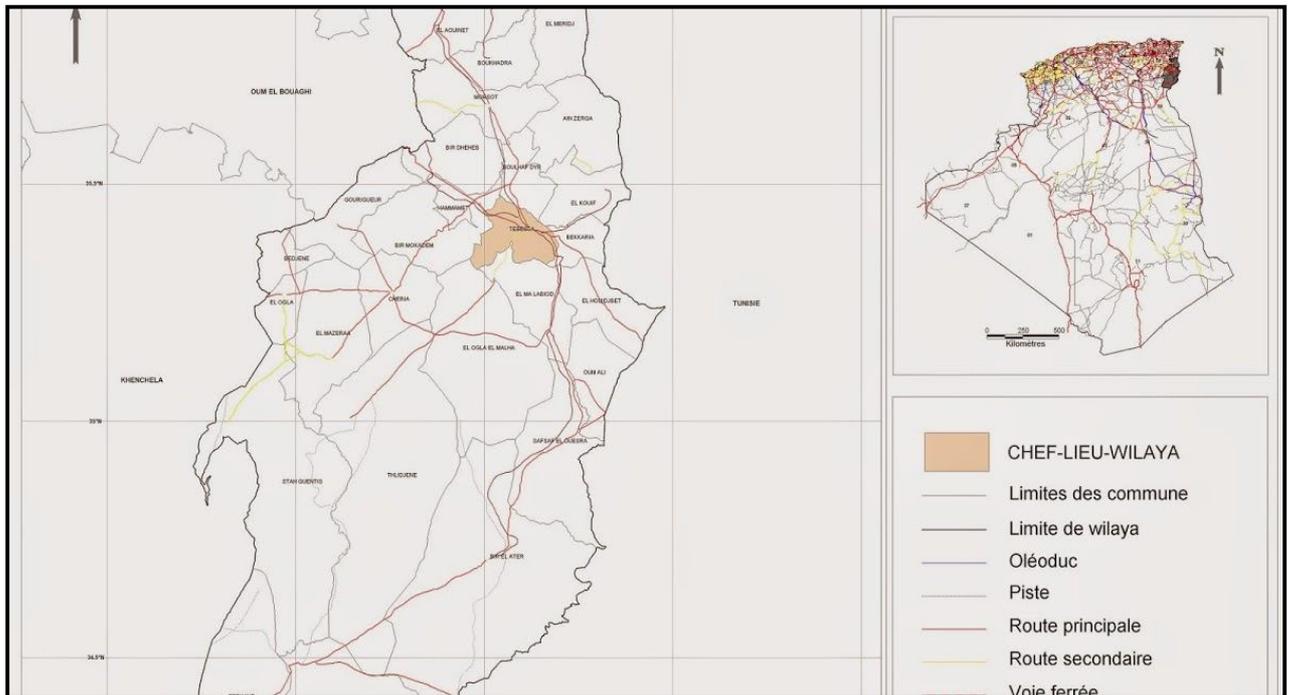


Figure 11. La situation géographique de la zone d'étude.

## 2. Présentation du site d'étude

Le site d'El Merdja est situé au Nord Est de la commune de Tébessa, elle est limitée à l'Est par la route nationale n° 16 qui mène à El Kouif, à l'Ouest par l'aéroport de Tébessa et au Nord par Djebel Dyr, elle appartient au domaine des hautes plaines. Les coordonnées Lambert d'El Merdja sont : 35° 29' N et 8° 8' E 830 m. Ce dernier riche en l'espèce de l'étude, et aussi site sain selon l'étude réalisée par (Zoghلامي & Litim, 2015).

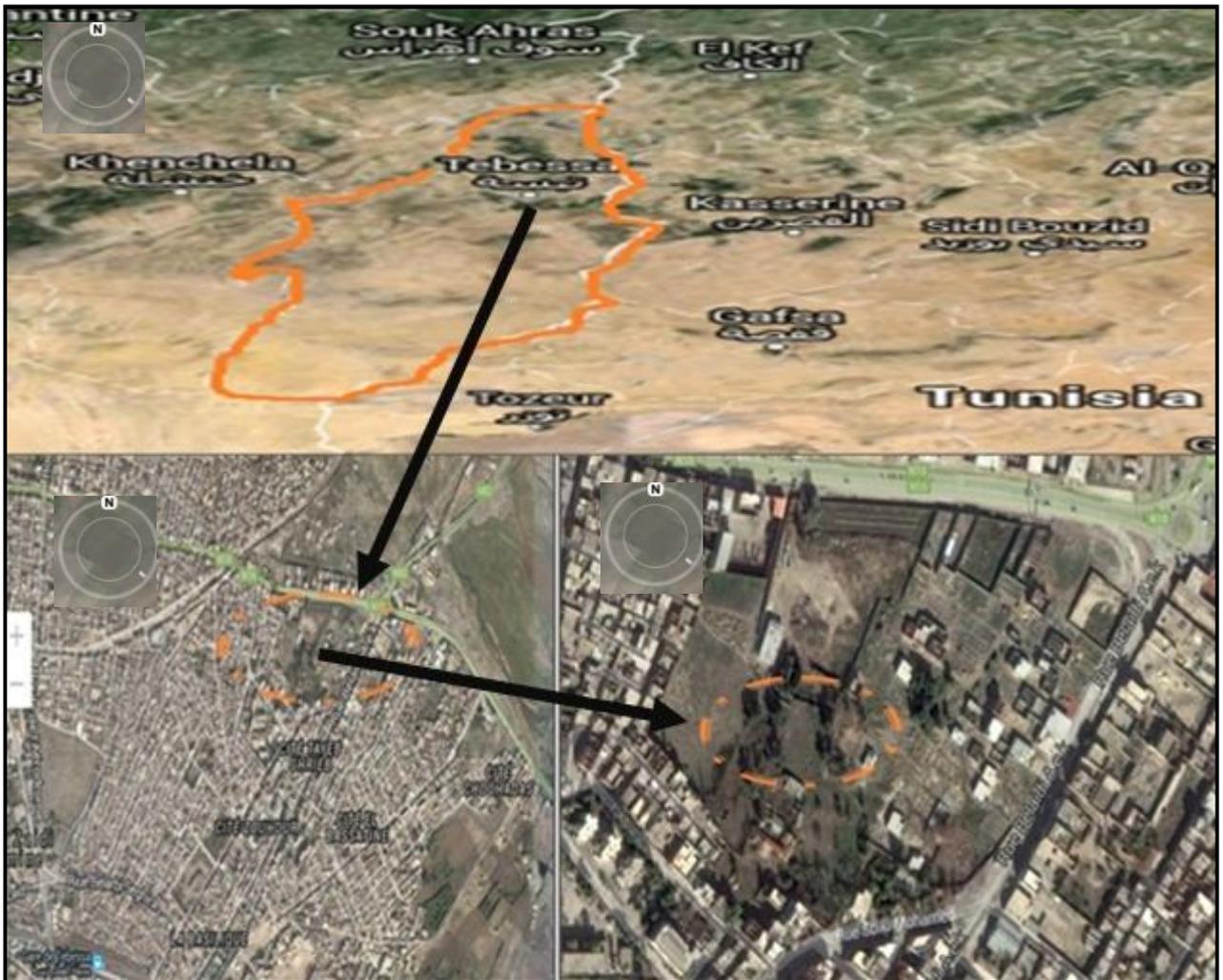


Figure 12. La situation géographique de la zone de l'étude(  la région de l'étude,  le site de l'étude) (google earth).

### 3. Le modèle biologique

Les vers de terre et utilisés dans cette étude appartiennent à l'espèce généralement trouvée dans la région de Tébesa, précisément à El- Mardja (*Aporrectodea caliginosa*). D'un poids de l'ordre de 3 à 6 mg.

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

---

### 3.1. Présentation d'*Aporrectodea 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* Örley, 1885

Espèce : *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)



Figure 13. Ver de terre l'espèce *Aporrectodea caliginosa* (photo personnel).

### 4. Condition de l'expérience

Les conditions expérimentales selon (Heimbach, 1984).

- Photopériode de 12h12 ;
- Le pH a été ajusté sur  $6,0 \pm 0,5$  ;
- L'humidité : 35% ;
- Température:  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ;
- Boîtes en plastique ou les terrariums ( $26 \times 16.5 \times 12$  cm).

### 5. Matériel inerte

#### 5.1. Présentation du produit chimique et traitement

##### 5.1.1. La molécule modèle

Karate Zeon, qui est utilisé dans la lutte contre différents ravageurs du vignoble notamment les pyrales, les tordeuses, les cicadelles et les thrips. Cet insecticide agit à faibles doses par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes ravageurs en viticulture (Schreck, 2008).

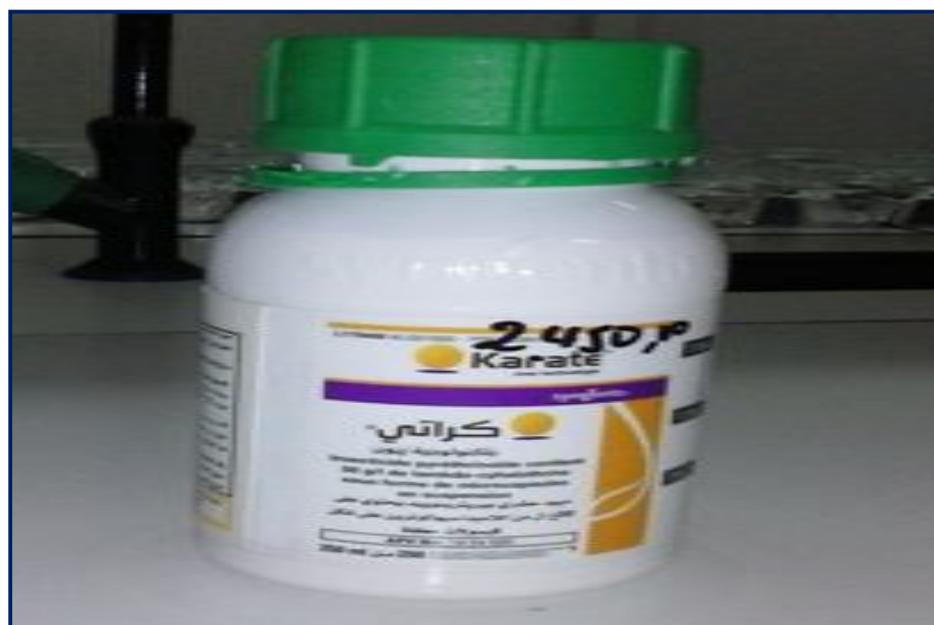


Figure 14. Le produit utilisé (photo personnel).

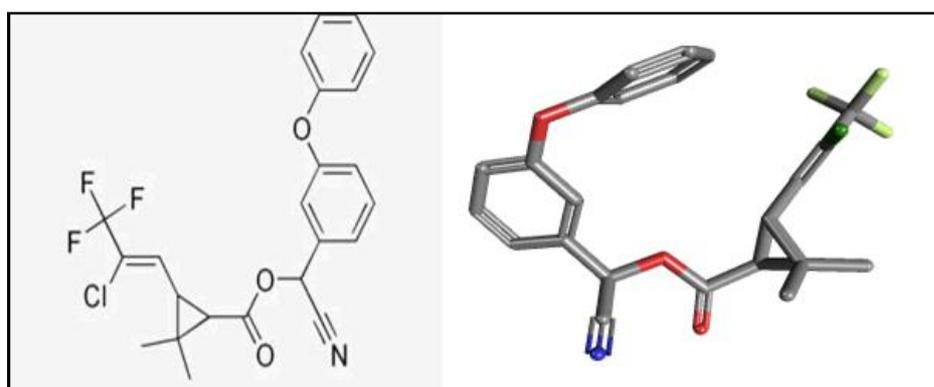


Figure 15. Formule développée de la  $\lambda$ -cyhalothrin (<http://kangmei.com/Cyhalothrin.html?>).

Dans la active de cet insecticide est lambda-cyhalothrine (100 g/l) la substance active de Karaté Zeon est très liposoluble et très peu volatile (Syngenta Agro, 2016).

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

### 5.1.2. Mode d'action

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

### 5.1.3. Propriétés de Karate Zeon

**Tableau 02.** Propriétés Physiques, chimiques et environnementales de  $\lambda$ - cyhalothrine (CDPR, 2007) :

Propriétés	Résultats
Formule moléculaire	$C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$
Poids moléculaire (g/mol)	449.9
Densité (g/ml à 25°C)	1.33
Point d'ébullition (°C à 0,2 mmHg)	187–190
Solubilité dans l'eau (mg/l à 20°C)	0.005
Demi-vie d'hydrolyse	
pH 5	Stable
pH 7	Stable
pH 9	8.66
Demi-vie de photodécomposition	
L'eau à pH 5 et à 25°C	24.5
Sol	53.7
Facteur de bioconcentration (BCF) (poissons)	2,240
Adsorption de sol Koc (cm <sup>3</sup> /g)	
Demi-vie de dégradation de sol : sol aérobie	247,000–330,000
Demi-vie aquatique de dégradation : aquatique aérobie	42.6

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

### 5.1.4. Classement CMR (Tableau 03)

Tableau 03. Classement CMR

Cancérogène	La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) N° 1272/2008, mais ne fait pas l'objet d'un classement pour la cancérogène.
Mutagène	La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) N° 1272/2008 mais ne fait pas l'objet d'un classement pour la mutagène.
Toxicité pour la reproduction	La substance est inscrite à l'Annexe VI du règlement (CE) N° 1272/2008 mais ne fait pas l'objet d'un classement pour la reproduction.

### 5.1.5. Les avantages

- Une rapide mise à l'abri du lessivage et des ultraviolets ;
- Une efficacité, même en cas de fortes températures ;
- Une action de choc immédiate et une bonne durée d'action (Syngenta Agro, 2016).

### 5.1.6. Traitement

Le Karaté Zeon a été utilisé sous forme de dilution dans le sol artificiel pendant quatre semaines à différentes doses appliquées sur *A. caliginosa* : 3 µg / kg sol, 33 µg / kg sol, 131 µg / kg sol, 327 µg / kg sol et 3270 µg / kg (Van Gestel, 1992).

-La première série d'expérience, vise à examiner la toxicité aiguë des vers de terre

-La deuxième série a pour objectif d'évaluer l'effet du karaté Zeon sur les activités enzymatiques de trois biomarqueurs l'AchE, CAT et GST à 1, 2, 4, 7 et 14 jours d'exposition. La dose utilisée est de 3 µg / kg sol correspondant à la dose sub-létale (Booth et al., 1998).

## 6. Préparation du sol artificiel

Le sol artificiel (OCDE, 2004) est composé de 10 % de tourbe, 20 % d'argile, 70 % de sable, et le pH de ce sol est ajusté à  $6.0 \pm 0.5$  par ajout de  $\text{CaCO}_3$  ( $\approx 1\%$ ), et  $< 1\%$  de fumier (OECD, 2010). Selon (Heimbach, 1984) on remplace le fumier chaque semaine.

## 7. Protocole expérimentale

Selon Heimbach, 1984 : l'élevage réalise un mois avant les expériences pour une meilleure adaptation dans les terrariums qui contient le sol de collecte. Tous les vers de terre analysés ont préalablement été nettoyés avec de l'eau, séchés avec du papier absorbant. Ils ont ensuite été mis sur du papier filtre, dans des boîtes de Pétri pendant 24 heures. L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Après les 24 heures on pèse les

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

vers de terres un par un et on dépose 10 vers de terre de poids proche dans chaque boîte. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des adultes avec le clitellum bien développé. Chaque semaine on pèse les terrariums afin de remplacer l'humidité perdue en ajoutant de l'eau distillée. La mortalité a été comptée chaque semaine en enlevant le sol artificiel, et la toxicité a été calculée pour l'insecticide examiné. Des vers de terre sont considérés morts quand ils ne réagissent pas à un stimulus mécanique au niveau de la région antérieure de leur corps. Les essais contiennent 5 doses avec témoin, Les essais sont conduits avec 4 répétitions comportant 10 individus chacune. La durée d'exposition est de quatre semaines.

### 8. Essai de toxicité aiguë

#### 8.1. Tests de toxicité

Le but de ces essais est de préciser les doses létales 50 et 90 de l'insecticide de Karaté Zeon à l'égard des vers adultes.

##### 8.1.1. Mortalité observée

Le pourcentage de mortalité observée chez les vers de terre traités par le Karaté Zeon à différentes concentrations ainsi que les témoins est déterminé selon la formule suivante:

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre de vers de terre morts après traitement}}{\text{Nombre total de vers de terre traités}} \times 100$$

##### 8.1.2. Mortalité corrigée

Le pourcentage de mortalité observée est corrigé par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle.

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\text{Mortalité observée chez les traités} - \text{mortalité observée chez les témoins}}{100 - \text{mortalité observée chez les témoins}} \times 100$$

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

---

### 8.1.3. Transformation angulaire

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation angulaire selon Greenberg (1980), cité par Ficher & Yates (1957). Les données normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification; suivie par le classement des concentrations par le test de Tuckey.

### 8.1.4. Analyse des probits

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation en probits (Ficher & Yates, 1957). Le logarithme décimal des concentrations en fonction du probit nous permet de déterminer la droite de régression à partir de laquelle les  $CL_{50}$  et  $CL_{90}$  sont estimées (Finney, 1975).

### 8.1.5. Intervalle de confiance

La méthode de Sloop et *al.* (1966) précise l'intervalle de confiance (IC) avec une probabilité de 95 %:

-Limite supérieure =  $CL_{50} \times FCL_{50}$

-Limite inférieure =  $CL_{50} / FCL_{50}$

Aussi deux paramètres sont nécessaires:

-Le 1<sup>er</sup> paramètre est le S (Slope), donné par la formule suivante:

$$S = (CL_{84} / CL_{50} + CL_{50} / CL_{16}) / 2$$

-Le 2<sup>ème</sup> paramètre est la  $FCL_{50}$  donnée par la formule suivante:

$$FCL_{50} = \text{Anti log } C$$

$$C = \log S \times 2, 77 / \sqrt{N}$$

S: Slope

N : Nombre total des vers de terre testés( $CL_{16}$ \_ $CL_{84}$ ).

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

---

### 9. Inhibition de croissance

Après chaque période de traitement, les vers de terre sont retirés des terrariums, rincés à l'eau distillée, comptés et pesés. Le taux de croissance est déterminé en utilisant l'équation de Martin (1982) :

$$GI_n = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100$$

$GI_n$  : inhibition de la croissance.

$W_0$  : est le poids moyen des vers de terre au début de l'exposition et poids.

$W_t$  : est le poids moyen des vers de terre après la durée d'exposition.

### 10. Essai de toxicité enzymatique

#### 10.1. Dosage des biomarqueurs

Les protocoles de dosage des activités enzymatiques ont été établis à partir de méthodologies décrites dans la littérature sur des invertébrés marins (Bocquené et *al.*, 1990 ; Geret et *al.*, 2002 ; Roméo et *al.*, 2006) ou des lombrics (Saint-Denis et *al.*, 1998 ; Ribera et *al.*, 2001 Brown et *al.*, 2004). Les dosages biochimiques ont été effectués sur des vers de terre adultes ayant une clitelium évidente. Le dosage de l'acétylcholinestérase, de la glutathion S-transférase et de la catalase a été déterminé à partir de vers entier témoins et traités au Karaté Zeon (dose sub létale) à différents temps d'exposition (1, 2, 4, 7 et 14 jours). Le surnageant de la fraction GST doit être conservé à 4 °C : l'enzyme est en effet dégradée par la congélation. Les surnageant AChE et CAT peuvent eux être congelés à 80°C.

#### 10.3. Mise au point du protocole d'extraction protéique

La première étape du dosage nécessite un broyage individuel des lombrics dans un tampon d'extraction des protéines. Puis homogénéisation à ultrasons durant 1 min environ dans la glace. Toute l'expérimentation doit se dérouler dans la glace afin de ne pas dénaturer les enzymes. Enfin l'étape de centrifugation l'homogénat : AChE centrifugés à 9000 tours/mn pendant 15 mn, GST centrifugés à 14000 tours/mn pendant 30 mn et CAT centrifugés à 15000 tours/mn pendant 10 mn, permet la récupération des surnageant de chaque fraction.

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

### 10.4. Dosage de l'activité Acétylcholine Estérase (Ach E)

La méthode de dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) la plus courante (Ellman *et al.*, 1961). Elle consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh), dont l'hydrolyse catalysée, libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La thiocholine en présence de DTNB (acide 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque) forme un complexe de couleur jaune. Le dosage de l'AChE est réalisé sur une fraction aliquote de ; 100 µl du surnageant sont additionnés à 100 µl de DTNB (39,6 mg de DTNB, 15 mg CO<sub>3</sub>HNa, dans 10 ml de tampon tris 0,1 M, pH 7) et 1 ml du tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 mn de repos nécessaire pour épuiser la réaction spontanée, 100 µl du substrat acétylthiocholine iodide (Sigma R) (118 mg ASCh dans 5 ml d'eau distillée) sont ajoutés. La lecture des absorbances s'effectue toutes les 4mn pendant 20 pendant 20 minutes à une longueur d'onde de 412 nm.

L'activité Acétylcholine Estérase est calculée selon la formule suivante :

$$X = \frac{\Delta Do / mn}{1.36 \times 10^4} \times \frac{Vt}{Vs} / \text{mg de protéines}$$

**X** : nanomole de substrat hydrolysé par minute et par mg de protéines (nM/mn/mg de protéines).

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

**1,36 x 10<sup>4</sup>** : coefficient d'extinction molaire du DTNB.

**V<sub>t</sub>** : volume total dans la cuve.

**V<sub>s</sub>** : volume du surnageant dans la cuve : 0,1 ml.

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

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

La méthode utilisée dans cette étude pour doser les GSTs est celle de Habig *et al.* (1974); celle-ci consiste à faire agir les GSTs contenus dans l'homogénat sur un mélange (GSH + CDNB) à une température de 37°C et à un pH de 6.5. la variation de la densité optique, due à l'apparition du complexe GSH-CDNB (Habige *et al.*, 1974). Le dosage de l'activité spécifique de la GST consiste à faire réagir: une fraction aliquote de 0,2 ml est ajoutée à 1,2 ml du mélange CDNB (1 mM) - GSH (5 mM); (20,26 mg CDNB, 153,65 mg

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

GSH, 1 ml tampon phosphate 0,1 M, pH 6). La lecture des absorbances s'effectue toutes les 1nm pendant 5 nm à 340nm.

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

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

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

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

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

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

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

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

### 10.6. Dosage de la catalase

L'activité de la catalase (CAT) est déterminée selon la méthode de Claiborne (1985). Elle est mesurée à 240 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV par la variation de la densité optique consécutive à la dismutation du peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Les échantillons sont homogénéisés dans 1 ml de tampon phosphate (50 mM, pH 7).

Le dosage est réalisé selon le tableau suivant :

**Tableau 4.** Dosage de la catalase.

	Volume de surnagent ( $\mu\text{l}$ )	Volume du tampon phosphate ( $\mu\text{l}$ )	Solution $\text{H}_2\text{O}_2$ ( $\mu\text{l}$ )
Blanc	0	1000	500
Echantillon	10	990	500

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

---

### 10.7. 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  $\mu$ l du surnageant ou de la gamme étalon, 4 ml de réactif du bleu brillant de coomassie (BBC) (G 250, Merck). La solution de BBC se prépare comme suit : dissoudre 50 mg de BBC dans 25 ml d'éthanol 95°. Après une agitation de 2 heures, on ajoute 50 ml d'acide orthophosphorique à 85% et on complète à 500 ml avec de l'eau distillée. La présence des protéines dans l'échantillon se révèle par une coloration bleue. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine de sérum de bœuf (BSA) (Sigma, France) titrant 1 mg/ml (Tableau 5).

**Tableau 5.** Réalisation de la gamme étalon de BSA en vue du dosage des protéines

Tubes	1	2	3	4	5	6
Albumine de sérum de bœuf BAS ( $\mu$ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée ( $\mu$ l)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC ( $\mu$ l)	4	4	4	4	4	4

# Chapitre III. Résultats

## 1. Toxicité du Karaté Zeon à l'égard d'*Aporrectodea caliginosa*

### 1.2. Effet du Karaté Zeon sur le taux de mortalité après 14 jours d'exposition

Les tests de toxicité sont appliqués sur des adultes d'*A. caliginosa*. Les différentes séries d'expérience aux doses du Karaté Zeon 3 ; 33 ; 131 ; 327 et 3270 µg/kg de sol pendant 14 jours. La mortalité observée est mentionnée dans le tableau 8. Il est de l'ordre de  $2,5 \pm 5,00$  chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $42,5 \pm 22,17$  pour la concentration la plus élevée (3270µg /kg).

**Tableau 6.** Toxicité du Karaté Zeon (µg / kg) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 14 jours d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm SD$  ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).

Dose (µg/kg) \ Répétitions	Témoins	3	33	131	327	3270
R1	0	10	0	40	10	60
R2	0	10	10	0	20	50
R3	0	0	10	0	30	50
R4	10	20	20	20	10	10
<b>m ± s</b>	2,5 ± 5,00	10±8,16	10±8,16	15±19,15	17,5±9,57	42,5±22,17

Les mortalités observées sont corrigées par la formule d'Abbott (1925) qui montre l'effet réel des différentes doses; les taux corrigés sont représentés dans le tableau 7. L'insecticide manifeste une toxicité avec une relation dose-réponse.

**Tableau 7.** Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm s$  ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).

dose \ Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	10	0	40	10	60
R2	10	10	0	20	50
R3	0	10	0	30	50
R4	11,11	20	20	10	10
<b>m ± s</b>	10,56 ± 0	15,00 ± 10	15,00 ± 19,15	30,00 ± 8,16	47,50 ± 25

## Chapitre III. Résultats

Les taux corrigés font l'objet d'une transformation angulaire (Tableau 8) et d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau 9). Les résultats indiquent qu'il n'existe pas un effet doses significatif ( $P > 0,05$ ). Le classement des concentrations par le test de Tukey révèle le la premier groupe A

**Tableau 8.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Doses Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	18,43	18,43	39,23	33,21	50,77
R2	18,43	18,43	0	33,21	18,43
R3	18,43	18,43	0	39,23	50,77
R4	20,7	33,21	26,57	26,57	50,77
$m \pm s$	$19 \pm 1,16$	$22,12 \pm 7,39$	$16,45 \pm 19,69$	$33,06 \pm 5,17$	$42,69 \pm 16,17$

**Tableau 9.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition : analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

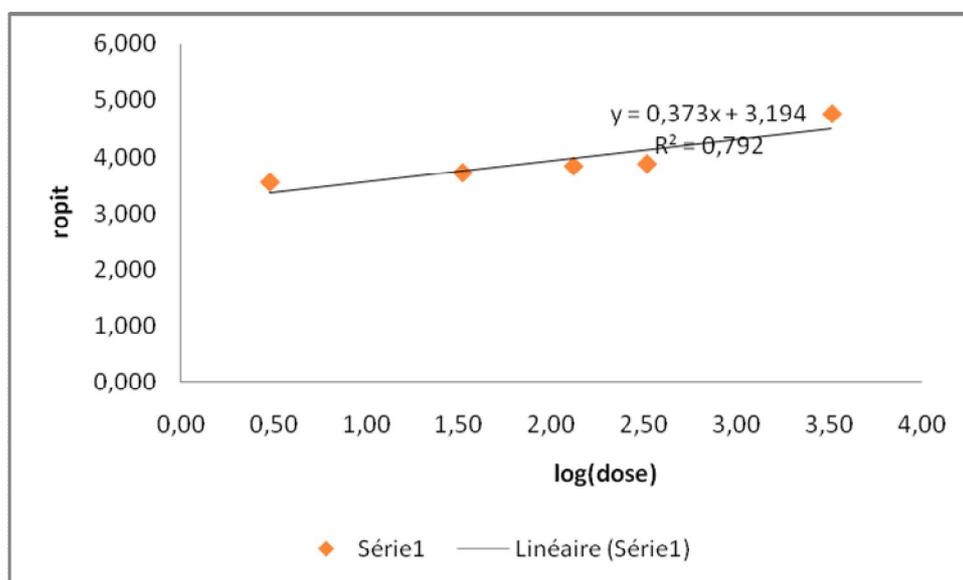
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	1811	453	2,62	0,077
Résiduelle	15	2592	173		
Totale	19	4402			

\* significatif ( $P \leq 0,05$ ) \*\* très significatif ( $p \leq 0,01$ ) \*\*\* hautement significatif ( $P \leq 0,001$ )

## Chapitre III. Résultats

**Tableau 10.** Toxicité du Karaté Zeon administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: classement des doses ( $m \pm SD$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Mortalités corrigées	Mortalités transformées	Classement
3	7,778	<b>14,08</b>	<b>A</b>
33	10,000	<b>15,86</b>	<b>A</b>
131	15,000	<b>16,45</b>	<b>A</b>
327	17,500	<b>26,20</b>	<b>A</b>
3270	42,500	<b>39,80</b>	<b>A</b>



**Figure 16.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 14 jours d'exposition d'*A. caliginosa*. Analyse des probits ( $R^2 =$  Coefficient de détermination).

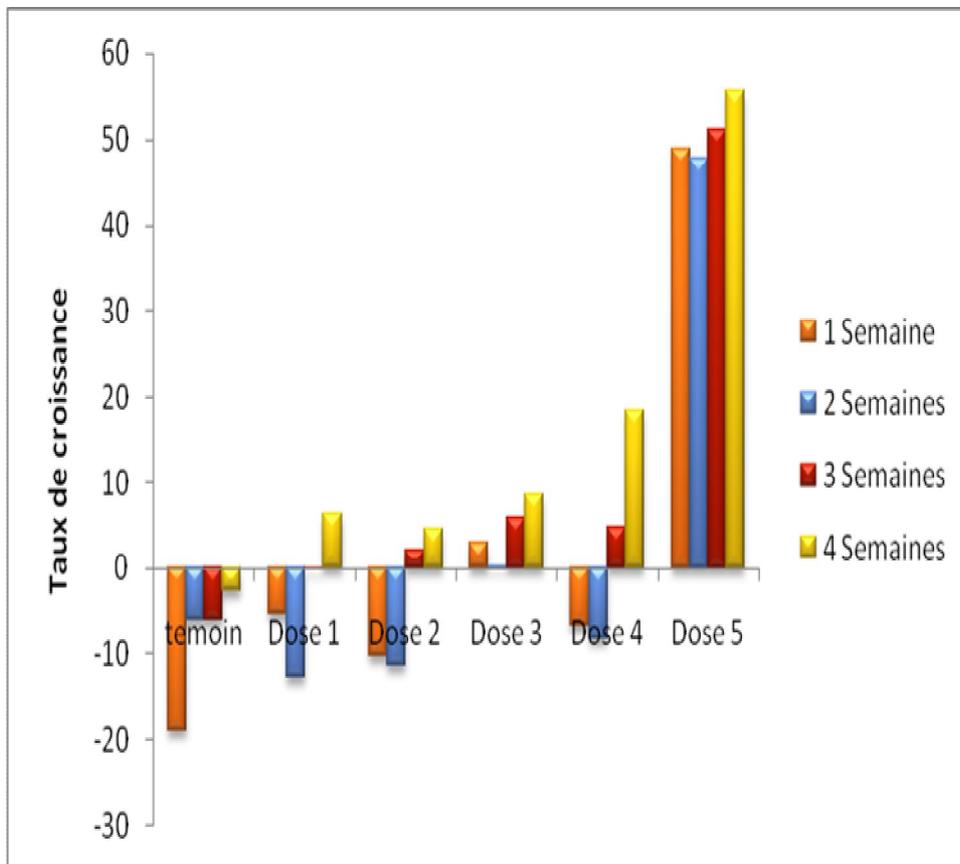
**Tableau 11.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) après une exposition de 28 jours d'*A. caliginosa* : détermination de la DL50 et la DL90.

Dose Temps	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Jours 7	$Y=0.359X+3.127$	571,34	163,74	600638,55
Jours 14	$y=0.373X+3.194$	446,57	68,16	181817,62
Jours 21	$Y=389X+3.247$	304,57	24,94	40562,85
Jours 28	$Y=0.377X+3.382$	422,66	19,530	48522,33

# Chapitre III. Résultats

## 1.2. Evaluation du taux de croissance

La figure (17) met en évidence l'évolution du taux de croissance des vers de terre en fonction du temps et en présence de doses croissantes de Karaté Zeon. Ainsi, nous remarquons que chez les vers de terre témoins et traités avec la dose minimale (3 µg/kg), le taux de croissance tend à augmenter en fonction du temps. D'autre part, on remarque la croissance des vers de terre est inhibée par la dose 33 µg/kg après la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> semaine d'exposition. Ensuite, au fur et à mesure que la dose augmente, l'inhibition de la croissance est de plus en plus accentuée jusqu'à la dose la plus élevée où la croissance est inhibée le long de la période d'étude.



**Figure 17:** Effet de l'insecticide karaté Zeon à différentes doses sur le taux de croissance des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps.

## Chapitre III. Résultats

### 1.3. Effet sur la morphologie des vers

Des changements morphologiques tels que la constriction et gonflement paraissent à la région antérieure des vers traités à la plus haute dose (3,27  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 4 semaines d'exposition. En plus, une dégénérescence accentuée de la partie postérieure est remarquée conduisant à une fragmentation du corps de l'animal (figure18).



**Figure18.** (A, B et C), les anomalies morphologiques des vers exposés à l'insecticide Karaté dans le sol artificiel.

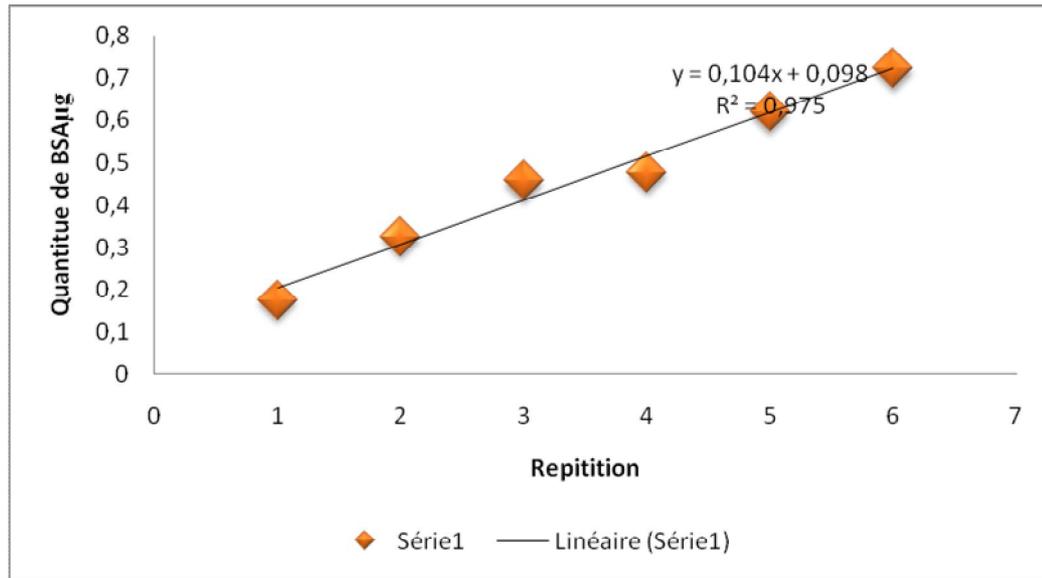
### 1.4. Effets de Karaté Zeon sur les biomarqueurs

Les activités de l'AChE, de la GST et de la catalase ont été mesurées au niveau du corps entier d'*A. caliginosa*. La quantification des protéines a été mesurée à partir d'une droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de BSA ( $\mu\text{g}$ ) (Tableau 12, Fig. 19).

**Tableau 12.** Dosage des protéines; Réalisation de la gamme d'étalonnage (n=2).

Quantité de BSA ( $\mu\text{g}$ )	Absorbances
0	0,175
20	0,326
40	0,457
60	0,476
80	0,62
100	0,723

## Chapitre III. Résultats



**Figure 19.** Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ ) ( $R^2$ : coefficient de détermination).

### 1.4.1. Effet du karaté Zeon sur l'activité Glutathion-S-Transférase

La détermination de l'activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) est estimée par application de la formule de Habig *et al.* (1974) au niveau du corps entier d'*A. caliginosa*. Le traitement des individus d'*A. caliginosa* avec karaté Zeon (dose subletale) provoque une augmentation statistiquement non significative ( $p > 0,05$ ) de l'activité spécifique de la GST après 1, 2, et 4 jours d'exposition. D'autre part, une diminution hautement significative ( $p < 0,01$ ) de l'activité GST est enregistrée après 7 jours chez les vers traités ; cette diminution est aussi significative ( $p < 0,05$ ) par rapport à la série témoin (tableau13, figure20).

## Chapitre III. Résultats

**Tableau 13.** Activité spécifique de la GST ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau du corps entier d'*A.caliginosa* durant la période d'exposition au karaté Zeon (dose subletale) ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 2$ ). Les moyennes d'un même traitement suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes, tandis que celles d'un même temps suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes,  $p > 0,05$ .

Séries Temps (jours)	Témoin	Traités
1	$0,82 \pm 0,44$ A a	$1,04 \pm 0,13$ A a
2	$1,33 \pm 0,20$ A a	$1,03 \pm 0,28$ A a
4	$1,15 \pm 0,03$ A a	$1,55 \pm 1,17$ A a
7	$0,91 \pm 0,36$ A a	$0,40 \pm 0,50$ B b
14	$1,55 \pm 0,29$ A a	$0,76 \pm 0,12$ AB b

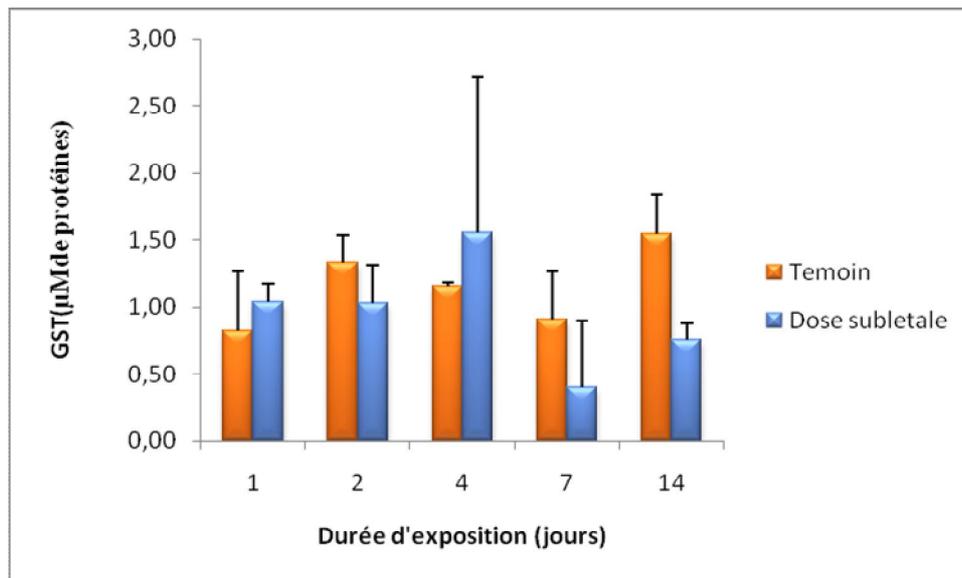


Figure 20 : Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Glutathion-S-Transférase (GST) chez les vers de terre en fonction du temps.

### 1.4.2. Effet du Karaté Zeon sur l'activité Catalase

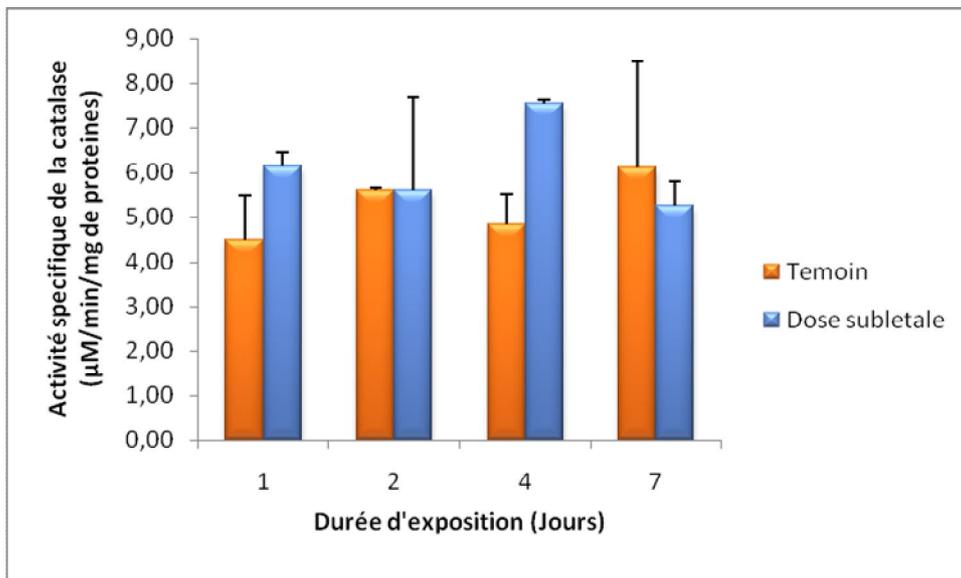
La détermination de l'activité enzymatique de la CAT ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) est réalisée selon Claiborne (1985) au niveau du corps entier d'*A.caliginosa*. Comme réponse au traitement avec le Karaté Zeon (dose subletale), les individus de d'*A.caliginosa* présentent des variations de l'activité spécifique de la CAT au cours du temps d'exposition. Chez les témoins, l'activité de la CAT varie de  $4,50 \pm 1,00$   $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines au début de l'expérience à  $6,11 \pm 2,37$   $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines après 7 jours du

## Chapitre III. Résultats

traitement. Les résultats obtenus présentent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de l'activité de la CAT à 4 jours d'exposition (Tableau 14, Figure 21). Un effet traitement très significatif ( $p < 0,01$ ), un effet temps significatif ( $p < 0,05$ ) sont enregistrés.

**Tableau 14.** Activité spécifique de la CAT ( $\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$  de protéines) au niveau du corps entier d'*A. caliginosa* durant la période d'exposition au karaté Zeon (dose subletale) ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n=2$ ). Les moyennes d'un même traitement suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes, tandis que celles d'un même temps suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes,  $p > 0,05$ .

Séries Temps (jours)	Témoin	Traités
1	$4,50 \pm 1,00$ A a	$6,14 \pm 0,33$ AB b
2	$5,60 \pm 0,07$ A a	$5,60 \pm 2,09$ A a
4	$4,83 \pm 0,70$ A a	$7,55 \pm 0,08$ B b
7	$1 \pm 2,37$ A a	$5,25 \pm 0,56$ A b



**Figure 21.** Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Catalase (CAT) chez les vers de terre en fonction du temps.

### 1.4.3. Effet du Karaté Zeon sur l'activité Acétylcholinestérase (AChE)

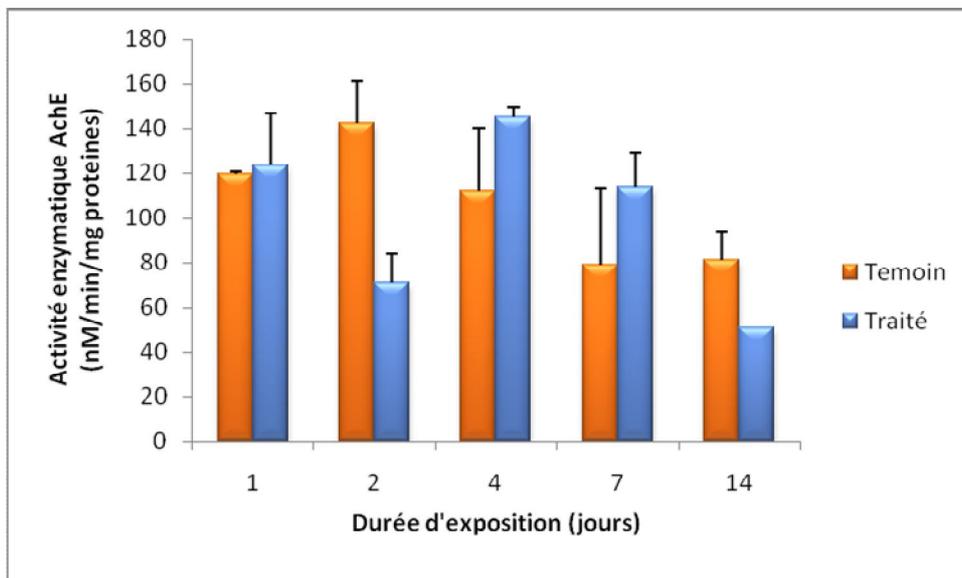
L'activité de l'AChE a été mesurée durant la période d'exposition au karaté Zeon (1, 2, 4, 7, 14 jours). Au cours de la période d'exposition, les individus de *A. Caliginosa* traités avec le karaté zeon (dose subletale) présentent une inhibition statistiquement non

## Chapitre III. Résultats

significative de l'activité spécifique de l'AChE après 2 jours de traitement. L'inhibition maximale de l'AChE a été notée après 14 jours d'exposition où on enregistre une valeur de  $51,11 \pm 5,18$  nM/mn/mg de protéines chez les traités contre  $81,37 \pm 81,37$  nM/mn/mg de protéines chez les témoins (Tableau 32, Fig. 18). Chez les témoins, les valeurs observées ne varient pas significativement ( $p > 0,05$ ) en fonction du temps.

**Tableau 15.** Activité spécifique de l'AChE (nM/mn/mg de protéines) au niveau du corps entier des vers *A. Caliginosa* durant la période d'exposition au cadmium ( $m \pm SD$  ;  $n = 4$ ). Les moyennes d'un même traitement suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes, tandis que celles d'un même temps suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes,  $p > 0,05$ .

Séries Temps (jours)	Témoins	Traités
1	$119,28 \pm 1,20$ A a	$123,55 \pm 23,49$ A a
2	$142,29 \pm 19,17$ A a	$71,18 \pm 13,17$ AB b
4	$112,21 \pm 28,08$ A a	$145,46 \pm 4,57$ A a
7	$78,69 \pm 34,33$ A a	$113,97 \pm 15,24$ A a
14	$81,37 \pm 81,37$ A a	$51,11 \pm 5,18$ B a



**Figure 22.** Effet de concentrations croissantes de Karaté Zeon sur l'activité Acétylcholinestérase (AChE) chez les vers de terre en fonction du temps.

# Chapitre IV. Discussion

---

## 1. Toxicité de Karate zeon

L'utilisation de bio-indicateurs en toxicologie et écotoxicologie est une pratique courante dans le monde entier. Parmi les bioindicateurs, les vers de terre, escargots et les microorganismes du sol sont largement utilisés car ils sont la cible immédiate des produits phytosanitaires. Les vers de terre sont utilisés comme bioindicateurs pour évaluer la santé du sol en raison de leur disponibilité, facilité de manipuler et leur capacité d'améliorer la structure et la fertilité du sol (Mahajan et *al.*, 2007 ; Curry et *al.*, 2008 ; Muthukaruppan et Ganasekaran, 2010). Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les effets du Karaté Zeon sur les vers de terre à l'aide d'une approche des sols enrichis en laboratoire où les critères d'évaluation, la mortalité et la croissance ont été mesurés. Des essais de toxicité sur des individus adultes d'*A. caliginosa* exposés au karaté Zeon à différentes doses (3 ; 33 ; 131 ; 327 et 3270 µg/kg) ont été effectués afin d'estimer les doses létales 50 (DL50) et 90 (DL90) ainsi que leurs intervalles de confiances à 95% à différents temps d'exposition (1, 2, 3, et 4 semaines). Les doses létales exprimées en mg/kg sont de l'ordre de (163,74; 68,16; 24,94 ; 19,53) à 1, 2, 3, et 4 semaines respectivement pour les DL50 alors que celles des DL90 correspondent à (600638,55; 181817,62; 40562,85 et 48522,33) respectivement. On note que les valeurs de DL50 et DL90 sont beaucoup plus grandes par rapport aux valeurs utilisées. Nos résultats sont en accord avec ceux de (Frampton et *al.* 2006) qui a conclut à une CI50=100mg/Kg chez *Eisenia fetida* après exposition au Lambda cyhalothrin. Enfin, l'insecticide testé manifeste une toxicité avec une relation dose-effet le long de la période d'étude.

## 2. Effet de Karaté Zeon sur la croissance

La mesure de la mortalité et du changement de la biomasse d'un organisme sont des tests couramment utilisés pour déterminer l'impact des substances écotoxiques sur les vers de terre. Le changement de biomasse est la différence entre la masse initiale du ver de terre et sa masse à la fin de la période d'exposition au contaminant. Elle est exprimée en pourcentage de la masse initiale et est comparée à un témoin (Zeriei et *al.*, (2014). Le second paramètre mesuré dans notre étude est le taux de croissance des vers de terre. Il ressort de nos résultats que le Karaté Zeon réduit le taux de croissance à différentes doses testées. Ce résultat est en accord avec les travaux de Mostert et *al.* (2000) qui a testé l'effet du cinq pesticides (le Cyfluthrine, le Carbaryl, le Chlorpyrifos, le Fipronil et l'Imidaclopride) sur le ver de terre ou encore ceux de Gomez-Eyles et *al.* (2009) qui a testé

# Chapitre IV. Discussion

---

la toxicité d'une mixture de pesticide. Aussi, les travaux de Badawy *et al.*, 2013 constatent que les pesticides buprofezin, lufenuron, and triflumuron inhibent la croissance des vers *A caliginosa*. D'autre part, une décroissance de la croissance des vers *Eiseni fetida* est observée sous l'effet de concentrations subletales de la dieldrin. En revanche, une augmentation de la croissance des vers de terre *A caliginosa* est constatée deux premières semaines sous l'effet des doses (3 ; 33 µg/kg). Ces résultats sont en accord avec ceux de Caquet *et al.*, 1992 & Hanson *et al.*, 2007 qui ont signalé que la deltaméthrine présente un effet positif transitoire chez le phytoplancton.

### 3. Effet sur la morphologie

Des changements morphologiques tels que constriction et gonflement paraissent à la région antérieure des vers traités à la plus haute dose (3,27µg/kg) après 4 semaines d'exposition. En plus, une dégénérescence accentuée de la partie postérieure est remarquée conduisant à une fragmentation du corps de l'animal. Ce type de dégénérescence est peut être dû aux hauts niveaux d'utilisation des réserves énergétiques. En conséquence, une autolyse des tissus a lieu. Nos résultats sont en concordance avec ceux de Venkateswara Rao & Kavith (2008) où ils constataient des changements morphologiques chez les vers *eisenia fetida* traités avec l'insecticide Azodrin à la concentration 0.46 mg/cm<sup>2</sup> sur du papier filtre après 12 et 48 heures. Des changements similaires sont signalés chez cette espèce exposée au même insecticide (>150 mg/kg) dans un sol artificiel.

### 4. Effets sur les biomarqueurs

L'objectif de cette expérimentation était de mettre en évidence un possible effet neurotoxique des pesticides sur les vers *Aporrectodea caliginosa* par le suivi de l'activité cholinestérase (ChE, biomarqueur d'exposition aux polluants). D'autre part elle a permis de suivre, par des biomarqueurs de la voie de biotransformation des molécules, la métabolisation des toxiques (activité glutathion-S-transférase GST) et la prise en charge des radicaux libres (activité catalase CAT) potentiellement produits au cours de la métabolisation

#### 4.1. Effet sur l'acétylcholinestérase

Les acétylcholinestérases (AChE : EC 3.1.1.7) sont des enzymes essentielle dans le système nerveux des vertébrés et invertébrés, où elles sont responsables de la dégradation de l'acétylcholine, un neurotransmetteur, dans la fente synaptique (Varo *et al.*, 2012) ; elles catalysent l'hydrolyse de l'acétylcholine en choline et acide acétique (Matozzo *et al.*,

# Chapitre IV. Discussion

---

2005). L'analyse des résultats obtenus sur l'activité de l'acétylcholinestérase mesurée au niveau du corps entier d'*A. caliginosa* traités avec le karaté Zeon à la dose sublétales (3µg/kg) révèle une inhibition de l'activité de cette enzyme après 2 et 14 jours d'exposition. En outre, l'activité AChE est extrêmement variable entre les espèces (Bocquené *et al.*, 1990). Par exemple, lorsque les juvéniles de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) ont été exposés à 24 et 96 h aux différentes doses du cadmium, aucune modification n'a été observée de l'activité enzymatique de l'AChE (Beauvais *et al.*, 2001). De plus, les facteurs naturels doivent être pris en compte, car les variations environnementales peuvent avoir un effet direct ou indirect sur l'activité AChE. L'activité de l'AChE varie selon les sites et les saisons et cette variation est probablement due aux deux facteurs exogènes (variation des facteurs du milieu, disponibilité des polluants) et endogènes (état physiologique de l'animal) (Boussoufa *et al.*, 2012). Les travaux de Bouhafs *et al.* (2009) ; Bouaricha (2013) ; Belhaouchet (2014) ont mis en évidence une inhibition de l'activité AChE chez respectivement des populations d'escargots, et de têtards traités par des pesticides. En effet, dans notre travail, nous avons montré que l'activité AChE diminue suite à l'exposition des vers de terre aux différentes concentrations du karaté. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Salama *et al.*, (2005) sur des escargots *Helix aspersa* exposés au Méthomyl. L'activité d'AChE a été réduite aussi chez des poissons *Pseudorasbora parva* traités par le Méthomyl (Li *et al.*, 2008). Ainsi, l'inhibition de l'activité AChE chez notre espèce : le ver de terre *A. caliginosa* exposé au karaté Zeon vient confirmer le rôle primordial de cette espèce comme un organisme bioindicateur de la pollution.

## 4.2. Effet sur la GST

Parallèlement à cela, nous nous sommes intéressés à l'activité GST qui est une enzyme de biotransformation de phase II. Cette enzyme est largement distribuée dans le règne animal (Livingstone, 1991).

L'activité de la GST a également été largement utilisée comme un biomarqueur de stress (Fitzpatrick *et al.*, 1997 ; Shailaja & D'Silva, 2003; Cunha *et al.*, 2007). Nos résultats montrent qu'il y a une augmentation de l'activité de la GST chez les séries traitées avec la dose sublétales de karaté Zeon au 4<sup>ème</sup> jour et ensuite une diminution significative est enregistrée au 7<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> jour, Parce que la lambda cyhalothrine à un temps de demi-vie de 7 jours dans une solution à pH 9 (DG SANCO, 2001). La réponse de l'activité de la GST dépend de plusieurs facteurs comme le type de xénobiotique, la concentration, le

## Chapitre IV. Discussion

---

temps d'exposition et de l'espèce (Oruç & Üner, 2000). De ce fait, De nombreuses études ont montré après exposition aux polluants une augmentation et/ou réduction de la GST dans divers organismes aquatiques (Geracitano *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2004; Ait Alla *et al.*, 2006). En fait, une inhibition de cette dernière a été observée chez la moule *Mytilus galloprovincialis* contaminée par le benzo[a]pyrène (Akcha *et al.*, 2000). Des études menées aussi en terrain ont montré de même une inhibition de la réponse des GST chez des Bivalves *Scrobicula plana* collectés dans un site contaminé par comparaison à des organismes provenant de sites de référence (Erkuden *et al.*, 2004). De même, une étude menée par Stephensen *et al.* (2000) a montré une absence de changement chez le Poisson *Myoxocephalus scorpius* provenant des sites contaminés par rapport à leurs témoins relatifs.

### 4.3. Effets sur la catalase

Les enzymes antioxydantes sont des biomarqueurs du stress oxydatif ; cependant, les réponses à la pollution varient selon les espèces, les enzymes, et les contaminants (Pandey *et al.*, 2003). Dans le présent travail, une augmentation significative de l'activité catalase est signalée après 4 jours d'exposition à la dose subletale de karaté Zeon. Par exemple, chez le Poisson *Esomus danricus* traité avec le cuivre (Vutukuru *et al.*, 2005), chez *G. affinis* exposé au pesticide chlorpyrifos (Kavitha & Venkateswara Rao, 2008). Par contre, aucune variation de l'activité de cet enzyme n'a été enregistré dans le foie de *Rhamdia quelen* exposé à un herbicide Roundup 48% (Cavalheiro de Menezes *et al.*, 2011), de même que chez *Oreochromis niloticus* après exposition au pesticide organofluorine l'etoxazole (Sevgiler *et al.*, 2004).

## Conclusion et perspectives

---

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

Très peu de travaux se sont penchés sur le devenir des pesticides et leurs effets sur les vers de terres dans notre région. Dans cette étude, nous nous sommes proposés d'évaluer la toxicité potentielle d'un insecticide (Karaté Zeon) sur les vers de terre *A.caliginosa*. Pour cela, nous nous sommes basés sur plusieurs approches : une approche toxicologique dans laquelle nous avons évalué le pourcentage de Mortalité et le taux de Croissance, la reproduction et la morphologie une approche multi-biomarqueurs, dans laquelle nous avons ciblé un certain nombre de biomarqueurs de la toxicité tels : les activités enzymatiques GST, CAT, AChE. Pour mieux étayer nos résultats,

Dans un premier temps, il ressort de nos résultats que le Karaté Zeon a un effet sur le pourcentage de Mortalité. En revanche, aux plus fortes concentrations de Karaté Zeon (3270 µg/kg), nous avons noté une diminution du taux de Croissance. Cette perturbation du métabolisme globale s'est manifestée notamment par l'augmentation du taux de protéines totales qui est lui-même révélateur d'une perturbation du métabolisme cellulaire en général. Concernant l'étude des biomarqueurs, nos résultats mettent en évidence une diminution de l'activité AChE, parallèlement à une induction de l'activité Catalase et l'activité GST. Toutes ces enzymes jouent un rôle essentiel dans le processus de métabolisation/détoxication et leur induction témoigne des l'ampleur de la toxicité du xénobiotique étudié (Karaté Zeon).

### Perspectives

A l'avenir, Il serait judicieux de :

- Effectuer une étude approfondie sur les mécanismes de défense anti- radicalaire par le dosage d'autres marqueurs du stress oxydatif (GPX, LDH, SOD).
- Déterminer l'impact du Karaté Zeon sur la reproduction, la survie et la croissance des juvéniles des vers de terre.
- Réaliser des coupes histologiques au niveau des vers de terre.
- Réaliser une étude ultrastructurale.

# Références bibliographiques

## A

- Abbott W.B., 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- ACTA, 2005. Index Phytosanitaire ACTA 2005.41ème. *Association de Cordination Technique Agricole*.P820.
- Akcha F., Izuel C., Venier P., Budzinski H., Burgeot T. & Narbonne J.F., (2000). Enzymatic biomarker measurement and study of DNA adduct formation in benzo(a)pyrene contaminated mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Aquat Toxicol.*, 49: 269-287.
- Atli G., Alptekin O., Tukul S. & Canli M., 2006. Response of catalase activity to Ag<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> in five tissues of freshwater fish *Oreochromis niloticus*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 143: 218–224.

## B

- Beaumont A. & Cassier P., 1981. *Biologie animale : des protozoaire aux métazoaires épithélioériens* tome 1 : 3<sup>e</sup>édition ©BORDAS, Paris : 459P.
- Beauvais S.L., Jones S.B., Parris J.T., Brewer S.K., Little E.E., 2001. Cholinergic and behavioural neurotoxicity of carbaryl and cadmium to larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49: 84-90.
- Belhaouchet, N., 2014. Evaluation de la toxicité du Spinosad « insecticide nouvellement introduit en Algérie » sur un modèle expérimental bioindicateur de la pollution « *Helixaspersa* ». Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba .90p.
  - Bocquene G., Galgani F. & Truquet P., 1990. Characterisation and assay for use of AChE activity from several marine species in pollution monitoring. *Marine Environmental Research.*, 30: 75-89.
  - Bonnefont-Rousselot D., Jaudon M. C., Issad B., Cacoub P., Congy F., Jardel C., Delattre J. et Jacobs C., 1997- Antioxidant status of elderly chronic renal patients treated bycontinuous ambulatory peritoneal dialysis. *Nephrol Dial Transplant*. Vol. (12): 1399-1405.
  - Booth L. H., Heppelthwaite V. & Eason C. T., 1998. Cholinesterase and Glutathione S-Transferase in the earthworm *Apporoctodea caliginosa* as biomarkers of organophosphate exposure. *Proc. 51st N.Z. Plant Protection Conf.* 138-142p. Refer to [http://www.nzpps.org/terms\\_of\\_use.html](http://www.nzpps.org/terms_of_use.html)
- Botta A. et Bellon L., 2004. *Pollution chimique de l'eau et santé humaine*, 23P.
- Bouaricha, H., 2013. Evaluation du stress oxydatif induit par le Proclaim : Essai comparatif sur deux modèles biologiques (*Helixaspersa et Parameciumsp.*). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 131p.
  - Bouché M. 1984. Les vers de terre. *La Recherche* 15(156):796-804.
  - Bouché, M. B., 1972. *Lombriciens de France: Ecologie et Systématique*. INRA Ann. Zool. Ecol. Anim. Publication, France, 671 pp.

# Références bibliographiques

- Bouché, M. B., 1977. Stratégies lombriciennes. In: Lohm, U. et Persson, T. (eds), Soil organism as components of ecosystems. Biol. Bull. (Stockolm), pp. 122-132.
- Bouhafis, N., Berrebbah, H., Devaux, A., Rouabhi, R., Djebar, M.R., 2009. Micronucleus Induction in Erythrocytes of Tadpole *Ranasaharica* (Green Frog of North Africa) Exposed to Artea 330EC. *American-Eurasian Journal of Toxicologic Sciences*, 1 (1), 07-12.
- Boussoufa D, Ghazali N, Masmoudi W. & El Cafsi M., 2012. Suivi saisonnier de l'activité acétylcholinestérase et de quelques métaux traces chez le bivalve *Donax trunculus* du golfe de Tunis. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 14: 83-94.
- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram; quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.*, 72: 248-254.
- Brown A. C. & McLachlan A., 2004: Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam: 328 pp.
- Bundy, J.G., Keun, H.C., Sidhu, J.K., Spurgeon, D.J., Svendsen, C., Kille, P., Morgan, A.J., 2007. Metabolic profile biomarkers of metal contamination in a sentinel terrestrial species are applicable across multiple sites. *Environmental Science & Technology*, 4458–4464. 41P.

## C

- Caquet *et al.*, 1992 & Hanson *et al.*, 2007. Influence of isolation on the recovery of pond mesocosms from the application of an insecticide. 2. Benthic macroinvertebrates responses. *Environ. Toxicol. Chem.* 1280-1290., 26P.
- Carson R.L., 1962. Silent spring. Riverside Press, Cambridge, MA, USA.
- Cassier P., R. Lafont, M. Descamps, M. Porchet & D. Soyeux, 1997. La reproduction des invertébrés : Stratégies, modalités de régulation. Intérêt fondamental et appliqué © Masson, Paris : 354P.
- Cavalleiro de Menezes C., Braga da Fonseca M., Loro V.L., Santi A., Cattaneo R., Clasen B., Pretto A. & Morsch V.M., 2011. Roundup Effects on Oxidative Stress Parameters and Recovery Pattern of *Rhamdia quelen*. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 60: 665–671
- Chabert, A., 1999. Utilisation d'indicateurs biologiques pour l'analyse de l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement. Rapport d'étape. ICTA, CNRS, INRA. Dossier 99/19.
- C.E. (2008). Règlement (CE) N° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) N°1907/2006.
- Chiali F.Z., Merzouk H., Merzouk S.A., Medjdoub A., Narce M., 2013- Chronic low level metribuzin exposure induces metabolic alterations in rats. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. Vol. (106): 38–44.
- Claiborne A., 1985. In Greenwald R.A (Ed). Handbook of Methods for Oxygen Radical Research CRC press, Boca Raton, FL., 283.
- Cluzeau D & Peres G., 2011. L'importance de la biodiversité du sol : le cas du ver de terre la revue TCS n° 27, Colloque. Bretagne. 22p.

# Références bibliographiques

- Cunha I., Mangas-Ramirez E. & Guilhermino L., 2007. Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione -S-transferase activities of two marine gastropods (*Monodonta lineata* and *Nucella lapillus*). *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 145: 648–657.
- Curry, J.P., Doherty, P., Purvis, G., Schmidt, O., 2008. Relationship between earthworm

## D

- Decaëns, T., Mariani, L. et Lavelle, P., 1999. Soil surface macrofaunal communities associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern Plains of Colombia. *Appl. Soil Ecol.* 13, 87-100.
- DG SANCO (2001). Review report for the active substance lambda-cyhalothrin Finalised in the Standing Committee on Plant Health at its meeting on 19 October 2000 in view of the inclusion of lambda-cyhalothrin in Annex I of Directive 91/414/EEC, European Commission directorate general health & consumer protection.
- DGAI, 2013. Biovigilance : Bulletin de liaison du réseau national de Biovigilance n°2 :11 P.
- Doube B.M. & Brown G.G., 1998. Life in a complex community: functional interaction between earthworms, organic matter, microorganisms and plants. In: Edwards C.A., ed. *Earthworm ecology*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 179-212.
- Doube B.M., Schmidt O., Killham K. & Correll R., 1997. Influence of mineral soil on the palatability of organic matter for lumbricid earthworms: a simple food preference study. *Soil Biol. Biochem.*, 29, 569-575.

## E

- Edwards C.A. & Bohlen P.J., 1996. *Biology and ecology of earthworms*. London: Chapman and Hall. Ed. London. 426 p.
- Edwards, C. A. et Lofty, J. R., 1977. The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. *Ecol. Bull.* 25, 348-356.
- Ellman G. L., Courtney K.D., Andres V. & Featherstone R.M., 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, 7 (3): 88-95.
- Erkuden P., Julian B. & Montserrat S., 2004. Biomarker responses to pollution in two invertebrate species: *Scrobicularia plana* and *Nereis diversicolor* from the Cadiz Bay (SW Spain). *Mar. Environ. Res.*, 58: 275-279.

## F

- FAO 2003. International code of conduct on the distribution and use of pesticides. Rome. FAO. 36 p.
- Finney D.J., 1975. *Probit analysis* (3rd edn) Cambridge University Press, London.
- Fitzpatrick P.J., O'Halloran J., Sheehan D. & Walsh A.R., 1997. Assessment of a glutathione S-transferase and related proteins in the gill and digestive gland of *Mytilus edulis*(L.) as potential organic pollution biomarkers. *Biomarkers*, 2: 51–56.

# Références bibliographiques

- Fragoso, C., Brown, G. G., Patron, J. C., Blanchart, E., Lavelle, P., Pashanasi, B., Senapati, B. et Kumar, T., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 6, 17-35.
- Frampton, G. K., Jaënsch, S., Scott-Fordsmand, J. J., Roëmbke, J. and Van den Brink, P. J. 2006. Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: a review and analysis using species sensitivity distributions. *Environ. Toxicol. Chem.* 25: 2480-2489.
- Francois R., 2007. Toxicologie donnée générale procédurs d'élevation des organes cibles évaluation des risques. Ed. Masson. P: 225-239.

## G

- Gauer M., 2007. Biologie animale, L2S4, base sur le cours de 2006/2007, Université Louis Pasteur, Strasbourg Publie sous réserve d'erreurs 68P.
- Geracitano L.A., Luquet D., Monserrat J.M. & Bianchini A., 2004. Histological and morphological alterations induced by copper exposure in *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae). *Mar. Environ. Res.*, 58: 263–267.
- Géret F., Serafim A., Barreira L. & Bebianno M.J., 2002. Effect of cadmium on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the gills of the clam *Ruditapes decussatus*. *Biomarkers*, 7: 242 – 256.
- Gomez-Eyles J.L., Svendsen, C., Lister, L., Martin, H., Hodson, M., Spurgeon, J.D., 2009.
- Greenberg, B. G. (1980). "Chester I. Bliss, 1899-1979." *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique* 8(1): 135-136.
- Griendling KK, Sorescu D, Ushio-Fukai M (2000). NAD (P) H oxidase : Role in cardiovascular biology and diseases. 86: 494-501.
- Guillot E., 2009. La surveillance des phytosanitaires : de la connaissance à la mesure exploratoire. LIMAIR 44P

## H

- Hayo & van der Werf, 1997. Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. INRA, station d'Agronomie, BP 507, 68021 Colmar. 22p
- Heimbach F., "Correlation between three methods for determining the toxicity of chemicals to earthworms," *Pesticide Science*, vol. 15, no. 6, pp. 605–611, 1984.
- Hénault-Ethier L., 2016. Impacts des insecticides pyréthrinoïdes sur la santé humaine et environnementale: Ce que l'on sait, ce qu'on ignore et les recommandations qui s'y rapportent. Résumé et sommaire basés sur une revue de littérature. Canada.12P.
- Huber G. & Schaub C., 2011. La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation. 42P.

## I

# Références bibliographiques

- INRA, (2006). Chapitre 2. Connaissances de l'utilisation des pesticides. 61 p. In Pesticides, agriculture et environnement. Rapport d'expertise scientifique collective. INRA. Cemagref.
- Inra-Cemagref, 2005. Pesticides, agriculture et environnement: réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Ed. Quae, France. 136p.

## K

- Kavitha, P., Venkateswara Rao, J., 2008. Toxic effects of chlorpyrifos on antioxidant enzymes and target enzyme acetylcholinesterase interaction in mosquito fish, *Gambusia affinis*. Environ. Toxicol. Pharmacol, 26, 192 – 198

## L

- Lavelle, P. (1981). Stratégies de reproduction chez les vers de terre. Acta Oecologica, Oecologia Generalis 2, 117-33.
- Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. Adv. Ecol. Res., 27, 93-132.
- Lavelle, P., Spain, A.V., 2001. Soil Ecology, Kluwer Sci. ed. Springer, Amsterdam. 664 p.
- Laverack M.S., 1963. The physiology of earthworms. New York, USA: Pergamon Press, Ltd.
- Lee, K.E. (1985). Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, New York, 411p.
- Li, H., Jiang, H., Gao, X., Wang, X., Qu, W., Lin, R., Chen, J., 2008. Acute toxicity of the pesticide methomyl on the topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*): mortality and effects on four biomarkers. Fish Physiol. Biochem, 34, 209-216.
- Livingstone, D. R., 1991. Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates. Advcomp environ. Physiol, 7, 46-185.

## M

- Mahajan, S., Kanwar, S.S., Sharma, S.P., 2007. Long-term effect of mineral fertilizers and
- Martin N. A. 1982. "The effects of herbicides used on asparagus on the growth rate of the earthworm *Allobophora caliginosa*," in Proceedings of the 35th New Zealand Weed and Pest Conference. 238–330P.
- Matozzo V., Tomei A. & Marin M.G., 2005. Effects of 4-nonylphenol (xenoestrogen) and chlorpyrifos (organophosphorus pesticide) on acetylcholinesterase activity in the clam *Tapes philippinarum*. *Fresenius Environ. Bull.*, 15: 710–714.
- Mayeux, V. et Savanne, D., 1996. La faune, indicateur de la qualité des sols. Ademe, Direction Scientifique Service Recherche impacts et milieux, pp. 62.

Measuring and modelling mixture toxicity of imidacloprid and thiacloprid on *Caenorhabditis elegans* and *Eisenia fetida*. *Ecotoxicol Environ Saf*, 72, 71-79.

Merhi M., 2008. Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 13 : 249 p.

# Références bibliographiques

---

Microbiology, 47(1), 86-89.

- 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)
- Morin, R. (1999). « Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivants ». Document d'information DADD-20. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 12 p. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Peche>
- Mostert, M.A., Schoeman, A.S., Van Der Merwe, M., 2000. The toxicity of five insecticides to earthworms of the Pheretima group, using an artificial soil test. *Pest ManagSci*, 58, 1093-1097.
- Muthukaruppan, G., Ganasekaran, P., 2010. Effect of Butachlor herbicide on earthworm

## N

- Neilson R. & Boag B., 2003. Feeding preferences of some earthworm species common to upland pastures in Scotland. *Pedobiologia*, 47, 1-8.

## O

- OECD, 2004. Guideline for the testing of chemicals. Lemna sp. Growth inhibition test. 221P.
- OECD., 2010. Bioaccumulation chez les oligochètes terrestres, Lignes directrice No.317, LIGNE DIRECTRICE DE L'OCDE POUR LES ESSAIS DE PRODUITS CHIMIQUES, OCDE paris, p8.
- Oruç E.Ö. & Üner N., 2000. Combined effects of 2, 4-D and azinphosmethyl on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in liver of *Oreochromis niloticus*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 127 : 291–296.

## P

- Pandey S., Parvez S., Sayeed I., Haque R., Bin-Hafeez B. & Raisuddin S., 2003. Biomarkers of oxidative stress: a comparative study of river Yamuna fish Wallago attu (Bl. & Schn.). *Sci. Total Environ.*, 309: 105–115.
- Paoletti, M. G., 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74, 137-155.
- Pelosi C., 2008, Thèse de doctorat : 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 les communautés lombriciennes, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech :95
- Pérez E., Blasco J. & Solé M., 2004. Biomarker responses to pollution in two invertebrate species: *Scrobicularia plana* and *Nereia diversicolor* from the Cádiz bay (SW Spain). *Mar. Environ. Res.*, 58: 275–279.
- Periquet A. Boisset M., Casse F., Catteau M., Lecerf J-M., Leguille C., Laville J. & Barnat S., 2004. Pesticides, risques et sécurité alimentaire. France. 216 P.
- Pfiner L. Agroécologue, FiBL, 2013. Fiche technique Vers de terre, numéro de commande 1619, Édition Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Ackerstrasse, CH-5070 Frick, Suisse. 6P.

# Références bibliographiques

- Pimentel D., 1995. Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8, 17-29.

## R

- Ribera, D., Narbonne, J.F., Arnaud, C., Saint-Denis, M., 2001. Biochemical responses of the earthworm *Eisenia fetida Andrei* exposed to contaminated artificial soil, effects of carbaryl. *Soil BiolBiochem*, 33, 1123-1130.
- Roméo M., Hoarau P., Garello G., Gnassia-Barelli M. & Girard J.P., 2006. Mussel transplantation and biomarkers as useful tools for asses-sing water quality in the NW Mediterranean. *Environ Pollut.*, 122: 369–378.

## S

- Salama, A.K., Osman, K.A., Saber, N.A., Soliman, S.A., 2005. Oxidative stress induced by different pesticides in the land snail, *Helix aspersa*. *Pak. J. Biol. Sci*, 8, 92-96.
- Samuel O., B. Sc., Sylvain Dion, chimiste, M. Sc. et Louis St-Laurent, M. Sc. et Marie-Hélène April, agronome, M. Sc. Santé et environnement Indicateur de risque des Pesticides du Québec.38P.
- Sanita Di Toppi L. & Gabbrielli R., 1998. Response to cadmium in higher plants. *Environ Exp. Bot.*, 41: 105-130.
- Satchell J.E., 1967. Lumbricidae. In: *Soil biology*. New York, USA: Academic Press, 259-322.
- Savigny J.-Cl., 1826. In Cuvier, « Analyse des trav. acad. roy. sci. pendant l'année 1821, partie physique ». *Mem. acad. roy. sci. inst. Fr.*, 5, 176 – 184.
- Schreck E., 2008, Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration – Impact sur les lombriciens. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 301P.
- Sevgiler Y., Oruc N, U. & Ner N., 2004. Evaluation of etoxazole toxicity in the liver of *Oreochromis niloticus*. *Pest Biochem Physiol.*, 78: 1–8.
- Shailaja M.S. & D'Silva C., 2003. Evaluation of impact of PAH on a tropical fish, *Oreochromis mossambicus* using multiple biomarkers. *Chemosphere*, 53: 835–841.
- Sims R.W. et Gerard B.M., 1999. Earthworms: Notes for the Identification of British Species, Synopses of the British Fauna (New Series) n°31 (Revised). London: Linnean Society.
- Syngenta Agro, 2016. Insecticide contre divers ravageurs.4P.

## T

- Tavernier R., sd. Extrait de la découverte du monde du vivant. BORDAS Technique Agricole. France. pp. 820.
- Testud F, Grillet JP, Nisse C (2007). Effets à long terme des produits phytosanitaires : le point sur les données épidémiologiques récentes. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 394-401.
- Tomlin AD., 1980. La biologie du ver de terre, 10 p.

## V

# Références bibliographiques

---

- Van Gestel, C. A. M. 1992. Validation of earthworm toxicity tests by comparison with field studies: a review on benomyl, carbendazim, carbofuran and carbaryl. *Ecotox. Environ. Saf.* 23: 221236.
- Varo I., Pastor A., Ramo J. & Torreblanca A., 2012. Long-term effect of temperature on bioaccumulation of dietary metals and metallothionein induction in *Sparus aurata*. *Chemosphere*, 87: 1215–1221.
- Venkateswara Rao J. & Kavith P., 2008. Toxicity of azodrin on the morphology and acetylcholinesterase activity of the earthworm *Eisenia foetida*. Toxicology Unit, Biology Division, Indian Institute of Chemical Technology, Hyderabad 500-007, India. 5P.
- Vigot M. & Cluzeau D., 2014. Guide pratique auxiliaires de cultures : Les vers de terre, © Christine HOTTE : 20 Pages
- Vutukuru S.S., Suma C., Radha Madhavi K., Juveria Smitha Pauleena J., Venkateswara Rao J. & Anajaneyulu Y., 2005. Studies on the development of potential biomarkers for rapid assessment of copper toxicity to freshwater fish using *Esomus danricus* as model. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, 2: 63– 73.

## Z

- Zeriri I., 2014. Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates. thèse de Doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. 94P.
- Zoghلامي N & Litim H., 2015. Contribution à l'étude systématique des oligochètes terrestres dans la région d'EL-Mardja-Tébessa-Thèse de master. Université de Larbi Tébessi. Tébessa. 42 P.

## Chapitre III. Résultats

### 1. Toxicité du Karaté Zeon à l'égard d'*Aporrectodea caliginosa*

#### 1.2. Effet du Karaté Zeon sur le taux de mortalité après 7 jours d'exposition

Les tests de toxicité sont appliqués sur des adultes d'*A. caliginosa*. Les différentes séries d'expérience aux doses du Karaté Zeon 3 ; 33 ; 131 ; 327 et 3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de sol pendant 7 jours. La mortalité observée est mentionnée dans le tableau 8. Il est de l'ordre de  $2.5 \pm 5 \%$  chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $42.5 \pm 22.17\%$  pour la concentration la plus élevée (3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

**Tableau 16.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g} / \text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 7 jours d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Dose ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) Répétitions	Témoins	3	33	131	327	3270
R1	0	10	0	40	10	60
R2	0	10	10	0	20	50
R3	0	0	10	0	30	50
R4	10	20	20	20	10	10
<b>m <math>\pm</math> s</b>	2,5 $\pm$ 5,00	10 $\pm$ 8,16	10 $\pm$ 8,16	15 $\pm$ 19,15	17,5 $\pm$ 9,57	42,5 $\pm$ 22,17

Les mortalités observées sont corrigées par la formule d'Abbott (1925) qui montre l'effet réel des différentes doses; les taux corrigés sont représentés dans le tableau 7. L'insecticide manifeste une toxicité avec une relation dose-réponse.

**Tableau 17.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 7 jours d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m\pm s$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Doses Répétitions	3	33	131	327	3270
R01	10	0	40	0	60
R02	10	10	0	0	50
R03	0	0	0	20	50

## Chapitre III. Résultats

R04	11.1	20	20	10	10
M+-Sd	7.7±5.2	7.5±9.57	15±19.14	7.5±9.57	42.5±22.17

Les taux corrigés font l'objet d'une transformation angulaire (Tableau 8) et d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau 9). Les résultats indiquent qu'il n'existe pas un effet doses significatif ( $P > 0,05$ ). Le classement des concentrations par le test de Tukey révèle le la premier groupe A

**Tableau 18.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n = 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Doses Répétition	3	33	131	327	3270
R01	18.43	0	39.23	0	50.77
R02	18.43	18.43	0	0	45
R03	0	0	0	26.57	45
R04	19.46	26.57	26.57	18.43	18.43
M+-Sd	14.08±9.4	11.25±13.4	16.45±19.68	11.25±13.4	39.8±14.50

Doses Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	18,43	18,43	39,23	33,21	50,77
R2	18,43	18,43	0	33,21	18,43
R3	18,43	18,43	0	39,23	50,77
R4	20,7	33,21	26,57	26,57	50,77
$m \pm s$	19 ±1,16	22,12±7,39	16,45± 19,69	33,06±5,17	42,69±16,17

## Chapitre III. Résultats

**Tableau 19.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition : analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

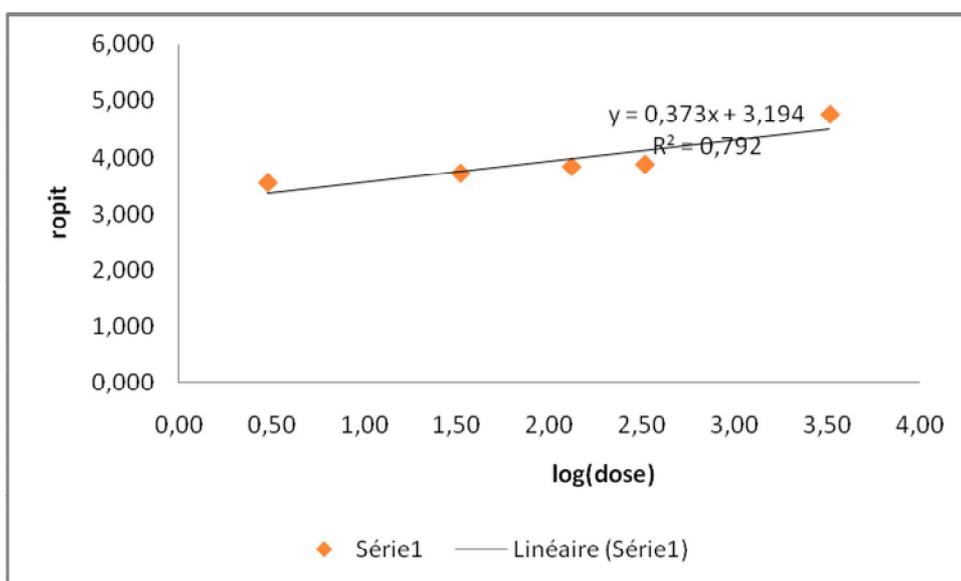
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	1811	453	2,62	0,077
Résiduelle	15	2592	173		
Totale	19	4402			

\* significatif ( $P < 0,05$ ) \*\* très significatif ( $p < 0,01$ ) \*\*\* hautement significatif ( $P < 0,001$ )

**Tableau 20.** Toxicité du Karaté Zeon administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: classement des doses ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Mortalités corrigées	Mortalités transformées	Classement
3	7,778	<b>14,08</b>	<b>A</b>
33	10,000	<b>15,86</b>	<b>A</b>
131	15,000	<b>16,45</b>	<b>A</b>
327	17,500	<b>26,20</b>	<b>A</b>
3270	42,500	<b>39,80</b>	<b>A</b>

## Chapitre III. Résultats



**Figure 16.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 14 jours d'exposition d'*A. caliginosa*. Analyse des probits ( $R^2 = \text{Coefficient de détermination}$ ).

**Tableau 21.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) après une exposition de 28 jours d'*A. caliginosa* : détermination de la DL50 et la DL90.

Dose Temps	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Jours 7	$Y=0.359X+3.127$	571,34	163,74	600638,55

### 1.3. Effet du Karaté Zeon sur le taux de mortalité après 7 jours d'exposition

Les tests de toxicité sont appliqués sur des adultes d'*A. caliginosa*. Les différentes séries d'expérience aux doses du Karaté Zeon 3 ; 33 ; 131 ; 327 et 3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de sol pendant 7 jours. La mortalité observée est mentionnée dans le tableau 8. Il est de l'ordre de  $2.5 \pm 5\%$  chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $42.5 \pm 22.17\%$  pour la concentration la plus élevée (3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

**Tableau 21.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 7 jours d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n = 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

## Chapitre III. Résultats

Dose (µg/kg) / Répétitions	Témoins	3	33	131	327	3270
R1	0	10	0	40	10	60
R2	0	10	10	0	20	50
R3	0	0	10	0	30	50
R4	10	20	20	20	10	10
m ± s	2,5 ± 5,00	10±8,16	10±8,16	15±19,15	17,5±9,57	42,5±22,17

Les mortalités observées sont corrigées par la formule d'Abbott (1925) qui montre l'effet réel des différentes doses; les taux corrigés sont représentés dans le tableau 7. L'insecticide manifeste une toxicité avec une relation dose-réponse.

**Tableau 22.** Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) administré à différentes doses à l'égard d'*A.caliginosa* après 14 jours d'exposition: mortalité corrigée (%) (m±s ; n=4 répétitions comportant chacune 10 individus).

dose / Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	10	0	40	10	60
R2	10	10	0	20	50
R3	0	10	0	30	50
R4	11,11	20	20	10	10
m ± s	10,56 ± 0	15,00 ± 10	15,00 ± 19,15	30,00 ± 8,16	47,50 ± 25

Les taux corrigés font l'objet d'une transformation angulaire (Tableau 8) et d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau 9). Les résultats indiquent qu'il n'existe pas un effet doses significatif ( $P > 0,05$ ). Le classement des concentrations par le test de Tukey révèle le la premier groupe A

**Tableau 23.** Toxicité du Karaté Zeon (µg/kg) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: transformation angulaire (m ± SD ; n= 4 répétitions comportant chacune 10 individus).

Doses / Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	18,43	18,43	39,23	33,21	50,77
R2	18,43	18,43	0	33,21	18,43

## Chapitre III. Résultats

R3	18,43	18,43	0	39,23	50,77
R4	20,7	33,21	26,57	26,57	50,77
m ± s	19 ±1,16	22,12±7,39	16,45± 19,69	33,06±5,17	42,69±16,17

**Tableau 24.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition : analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

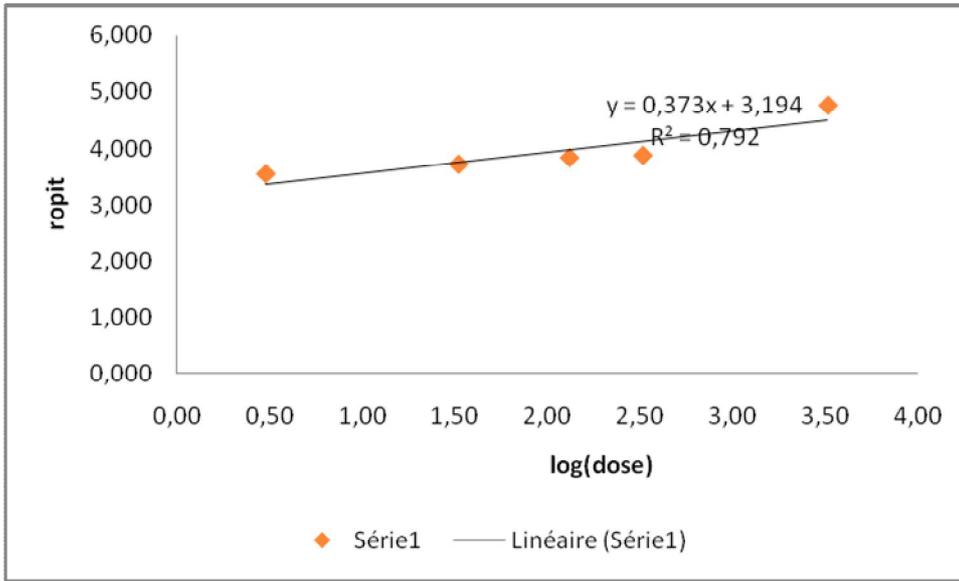
Sources de variation	DDL	SCE	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	1811	453	2,62	0,077
Résiduelle	15	2592	173		
Totale	19	4402			

\* significatif ( $P < 0,05$ ) \*\* très significatif ( $p < 0,01$ ) \*\*\* hautement significatif ( $P < 0,001$ )

**Tableau 25.** Toxicité du Karaté Zeon administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: classement des doses ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Mortalités corrigées	Mortalités transformées	Classement
3	7,778	<b>14,08</b>	<b>A</b>
33	10,000	<b>15,86</b>	<b>A</b>
131	15,000	<b>16,45</b>	<b>A</b>
327	17,500	<b>26,20</b>	<b>A</b>
3270	42,500	<b>39,80</b>	<b>A</b>

## Chapitre III. Résultats



**Figure 17.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 14 jours d'exposition d'*A. caliginosa*. Analyse des probits ( $R^2 =$  Coefficient de détermination).

**Tableau 26.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) après une exposition de 28 jours d'*A. caliginosa* : détermination de la DL50 et la DL90.

Dose Temps	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Jours 7	$Y=0.359X+3.127$	571,34	163,74	600638,55

### 1.3. Effet du Karaté Zeon sur le taux de mortalité après 7 jours d'exposition

Les tests de toxicité sont appliqués sur des adultes d'*A. caliginosa*. Les différentes séries d'expérience aux doses du Karaté Zeon 3 ; 33 ; 131 ; 327 et 3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de sol pendant 7 jours. La mortalité observée est mentionnée dans le tableau 8. Il est de l'ordre de  $2.5 \pm 5 \%$  chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à  $42.5 \pm 22.17\%$  pour la concentration la plus élevée (3270  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

## Chapitre III. Résultats

**Tableau 27.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g} / \text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 7 jours d'exposition : mortalité observée (%) ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Dose ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) \n Répétitions	Témoins	3	33	131	327	3270
R1	0	10	0	40	10	60
R2	0	10	10	0	20	50
R3	0	0	10	0	30	50
R4	10	20	20	20	10	10
$m \pm s$	$2,5 \pm 5,00$	$10 \pm 8,16$	$10 \pm 8,16$	$15 \pm 19,15$	$17,5 \pm 9,57$	$42,5 \pm 22,17$

Les mortalités observées sont corrigées par la formule d'Abbott (1925) qui montre l'effet réel des différentes doses; les taux corrigés sont représentés dans le tableau 7. L'insecticide manifeste une toxicité avec une relation dose-réponse.

**Tableau 28.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard d'*A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: mortalité corrigée (%) ( $m \pm s$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

dose \ Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	10	0	40	10	60
R2	10	10	0	20	50
R3	0	10	0	30	50
R4	11,11	20	20	10	10
$m \pm s$	$10,56 \pm 0$	$15,00 \pm 10$	$15,00 \pm 19,15$	$30,00 \pm 8,16$	$47,50 \pm 25$

Les taux corrigés font l'objet d'une transformation angulaire (Tableau 8) et d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau 9). Les résultats indiquent qu'il n'existe pas un effet doses significatif ( $P > 0,05$ ). Le classement des concentrations par le test de Tukey révèle le la premier groupe A

**Tableau 29.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: transformation angulaire ( $m \pm \text{SD}$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

## Chapitre III. Résultats

Doses Répétitions	3	33	131	327	3270
R1	18,43	18,43	39,23	33,21	50,77
R2	18,43	18,43	0	33,21	18,43
R3	18,43	18,43	0	39,23	50,77
R4	20,7	33,21	26,57	26,57	50,77
m ± s	19 ±1,16	22,12±7,39	16,45± 19,69	33,06±5,17	42,69±16,17

**Tableau 30.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition : analyse de la variance à un critère de classification ( $m \pm SD$  ;  $n=4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	1811	453	2,62	0,077
Résiduelle	15	2592	173		
Totale	19	4402			

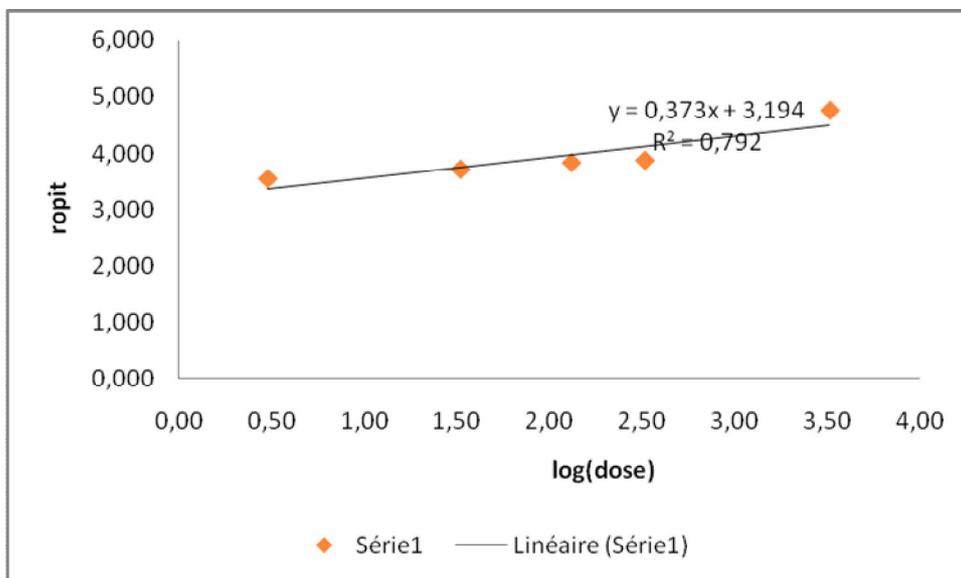
\* significatif ( $P < 0,05$ ) \*\* très significatif ( $p < 0,01$ ) \*\*\* hautement significatif ( $P < 0,001$ )

**Tableau 31.** Toxicité du Karaté Zeon administré à différentes doses à l'égard de *A. caliginosa* après 14 jours d'exposition: classement des doses ( $m \pm SD$  ;  $n= 4$  répétitions comportant chacune 10 individus).

Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Mortalités corrigées	Mortalités transformées	Classement
3	7,778	<b>14,08</b>	<b>A</b>
33	10,000	<b>15,86</b>	<b>A</b>
131	15,000	<b>16,45</b>	<b>A</b>

## Chapitre III. Résultats

327	17,500	<b>26,20</b>	<b>A</b>
3270	42,500	<b>39,80</b>	<b>A</b>



**Figure 18.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) après 14 jours d'exposition d'*A. caliginosa*. Analyse des probits ( $R^2$  = Coefficient de détermination).

**Tableau 32.** Toxicité du Karaté Zeon ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) après une exposition de 28 jours d'*A. caliginosa* : détermination de la DL50 et la DL90.

Dose Temps	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
Jours 7	$Y=0.359X+3.127$	571,34	163,74	600638,55