



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A.MIRA-BEJAIA  
Faculté des Sciences de la nature et de la vie  
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement

# Mémoire

Présenté par

**YESGUER Saddek**

Pour l'obtention du diplôme de Magister

**Filière : Sciences de la nature**

**Option : Ecologie et Environnement**

**Thème :**

**Evaluation de l'écotoxicité de certains pesticides sur les sols par  
l'utilisation d'un biotest : cas des lombricidés**

**Soutenu le 18 / 10 /2015**

**devant le jury composé de :**

Mme ZEBBOUDJ Aicha	Prof	Université de Bejaia	Président
Mr MOULAI Riadh	Prof	Université de Bejaia	Examineur
Mr REMDANE Zouhir	MCA	Université de Bejaia	Examineur
Mme MOUHOU B SAYAH Chafika	MCA	Université de Bejaia	Rapporteur

**Année Universitaire 2014/2015**

# REMERCIEMENTS

J'ai l'honneur de formuler ma gratitude et ma profonde reconnaissance à l'égard de ma Promotrice Mme. **Mouhoub-Sayah Chafika** pour son encadrement, ses conseils et de m'avoir guidé dans la réalisation de ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de mes meilleurs sentiments et ma plus Profonde gratitude.

Je remercie également

**Mme ZEBBOUDJ Aicha**, professeur à l'université de Bejaia, qui a bien voulu nous honorer de présider le jury

Les membres de jury :

**Mr MOULAI Riadh**, professeur à l'université de Bejaia et **Mr RAMDHANE Zouhir** maître de Conférences A à l'université de Bejaia, d'avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens aussi à remercier pour leurs aides les institutions suivantes :

- CAM (ex CASSDEP) de Tichy,
- L'INRAA (Institut National de la Recherche en Agronomie) d'Oued-Ghir
- Le Laboratoire de Recherche de Biologie et Physiologie Animale de l'Ecole Normale Supérieure –KOUBA-.

Je remercie également **Mr SI BACHIR Abdelkrim**, professeur à l'université de Batna, pour son aide et ses conseils pendant la réalisation des tests de toxicité et **Mme KADJI-DJOUDAD Hafsa**, pour son aide à effectuer les études et les tests statistiques de cette étude

Enfin, je me sens redevable envers ma famille, mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce présent travail.

## Liste des tableaux

Tableau 01: Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre....	p14
Tableau 02 : Quelques familles chimiques de pesticides et leurs cibles principales .....	p19
Tableau 03 : Résultats de l'analyse granulométrique du sol de la station CAM de Baccaro ...	p46
Tableau 04 : Résultats des analyses physico- chimique du sol de la station CAM de Baccaro .....	p46
Tableau 05 a : Clé d'identification des espèces de vers de terre échantillonnés .....	p48
Tableau 05 b : Clé d'identification des espèces de vers de terre échantillonnées .....	p49
Tableau 06 : Répartition de la diversité des vers de terre selon les stations .....	p50
Tableau 07 : Effectifs et fréquences des espèces de vers de terre recensées dans les deux stations.....	p51
Tableau 08: Effet du Manèbe sur la survie des vers de terre <i>Aporectodea caliginosa caliginosa</i> .....	p52
Tableau 09: Comparaison post-hoc par le test LSD pour le Manèbe.....	p55
Tableau 10: Effet du Dursban sur la survie des vers de terre <i>Aporectodea caliginosa caliginosa</i> .....	p57
Tableau 11 : Comparaison post-hoc par le test LSD pour le Durban .....	p62
Tableau 12: Effet du Manèbe sur la reproduction et sur la prise du poids des juvéniles ( <i>Eseinia foetida</i> ).....	p65
Tableau 13: Effet du Dursban sur la reproduction et sur la prise du poids des juvéniles ( <i>E. foetida</i> ) .....	p66

## Liste des figures

Figure 01 : Morphologie d'un vers de terre .....	p5
Figure 02 : Anatomie interne du lombric ouvert par la face dorsale .....	p9
Figure 03 : Les différents niveaux de réponse des bioindicateurs .....	p15
Figure 04 : Transfert des pesticides dans l'environnement .....	p21
Figure 05: Localisation de la station CAM de Baccaro .....	p28
Figure 06 : Prélèvement et préparation du sol .....	p29
Figure 07 : Diagramme de classification détaillée des textures .....	p30
Figure 08 : Formule développée de l'éthylène bis de manganèse .....	p32
Figure 09 : Formule développée du Chlorpyriphos-Ethyl .....	p33
Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage des vers de terre, -Bejaia ville- .....	p34
Figure 11: Localisation de la station d'échantillonnage des vers de terre - l'INRAA d'Oued ghir .....	p35
Figure 12 : Lieux et méthode d'échantillonnage des vers de terre .....	p37
Figure 13 : Recueil des critères de détermination des espèces de Lombricidae .....	p40
Figure 14 : Principales informations accompagnant les échantillons envoyés pour l'identification .....	p41
Figure 15: Présentation de l'enceinte des biotests.....	p44
Figure 16: Abondance des espèces des vers échantillonnés dans les stations d'étude.....	p51
Figure 17: Pourcentages des vers survivants en fonction des concentrations du Manèbe pendant les quatre semaines d'exposition .....	p54
Figure 18: Classification hiérarchique des semaines - Manèbe- .....	p56
Figure 19: Classification hiérarchique des concentrations Manèbe.....	p57
Figure 20: Pourcentages des vers survivants en fonction des concentrations du Dursban pendant les quatre semaines d'exposition .....	p59
Figure 21: Détermination de la DL <sub>50</sub> (7 jours et 14 jours) du Dursban .....	p61
Figure 22: Classification hiérarchique des semaines -Dursban- .....	p63
Figure 23 : Classification hiérarchique des concentrations -Dursban- .....	p63
Figure 24 : Différents signes exprimés après exposition au Dursban .....	p64
Figure 25 : Histogramme d'interaction entre l'effectif des juvéniles en 8 <sup>ème</sup> semaine et leur poids moyens en fonction des concentrations du Manèbe .....	p66

Figure 26: Histogramme d'interaction entre l'effectif des juvéniles en 8<sup>ème</sup> semaine et leur poids moyens en fonction des concentrations du Manèbe .....p67

## Glossaire

ANOVA : Analysis Of Variance, test statistique qui s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives catégorielles (appelées alors facteurs de variabilité, leurs différentes modalités étant parfois appelées « niveaux ») qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle.

CRE : Capacité de rétention maximale en eau du sol

DL 50 : Dose létale 50, indicateur qui mesure la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée

DDT : Dichlorodiphényldichloroéthane, produit chimique possédant des propriétés insecticides, appartient au (Organochloré)

DT 50 : La durée à l'issue de laquelle la concentration initiale d'une molécule dans le sol a été réduite de moitié

LSD : Least Significant Difference, c'est un test de comparaison multiple, utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyens des groupes

Mg/kg : Concentration d'un pesticide en milligramme de matière active / kilogramme de sol

Mg/ind : Unité de mesure du poids moyen d'un individu (milligramme / individu)

NaF : Le fluorure de sodium est un composé chimique de formule NaF. Il s'agit d'un solide incolore utilisé comme source d'ions fluorures dans diverses applications.

OECD : L'Organisation de coopération et de développement économiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

## Sommaire

**Remerciement**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Glossaire**

**Introduction** ..... 1

### **CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Données bibliographique des Lumbricidae .....	4
I.1. Classification.....	4
I.2. Morphologie des lumbricidae .....	4
I.2.1. Anatomie externe .....	4
I.2.2. Anatomie interne.....	5
I.2.2.1. La peau et les muscles.....	5
I.2.2.2. Le système digestif .....	6
I.2.2.3. L'appareil circulatoire.....	6
I.2.2.4. L'appareil excréteur .....	7
I.2.2.5. Le système nerveux.....	7
I.2.2.6. La respiration .....	7
I.2.2.7. L'appareil reproducteur.....	7
I.3. Ecologie du ver de terre .....	10
I.3.1. Position du ver de terre dans le réseau trophique .....	10
I.3.2. Intérêt des Lombrics .....	10
I.3.2.1. Intérêt sur le sol.....	10
I.3.2.2. Intérêt sur les organismes du sol.....	11
I.3.2.3. Intérêt sur la croissance des plantes et sur la production végétale.....	11
I.3.3. Abondance et densité des vers de terre .....	12
I.3.4. Cycle de vie.....	12
I.3.5. Catégories écologiques .....	13
I.3.5.1. Les anéciques .....	13
I.3.5.2. Les endogés.....	13
I.3.5.3. Les épigés .....	13
I.3.6. Les vers de terre comme Bio-indicateurs.....	15
II. Les pesticides.....	17
II.1. Définition.....	17
II.1.1. Produits biocides.....	17
II.1.2. Les pesticides.....	17
II.2. Classification .....	18
II.2.1. La nature des nuisibles auxquels ils sont destinés.....	18

II.2.2. La nature chimique de la substance active qui les compose.....	18
II.3. Historique .....	19
II.4. Les pesticides et l'environnement .....	20
II.4.1. L'air .....	21
II.4.2. Le sol .....	22
II.4.2.1. Le déplacement.....	22
II.4.2.2. Absorption par le sol.....	22
II.4.2.3. Dégradation .....	23
II.4.3. L'eau.....	23
II.5. Sources d'exposition aux pesticides .....	24
II.6. Risques éco-toxicologiques et épidémiologiques des pesticides.....	25
II.6.1. Pesticides et cancer.....	25
II.6.2. Pesticides et troubles de la reproduction .....	26
II.6.3. Pesticides et pathologies neurologiques .....	26

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

I. Préparation des éléments expérimentaux.....	27
I.1. Prélèvement et préparation du sol.....	27
I.1.3.1. Analyse granulométrique .....	30
I.1.3.2. Mesure du PH .....	31
I.1.3.3. Mesure de la capacité de rétention de l'eau .....	31
I.1.3.4. Dosage du carbone organique .....	31
I.2. Le choix des contaminants.....	31
I.2.1. Le Manèbe .....	32
I.2.2. Le Dursban.....	33
I.3. Choix du model biologique.....	33
I.3.1. Présentation de la station d'échantillonnage des vers de terre - Bejaia ville -.....	34
I.3.2. Présentation de la station d'échantillonnage des vers de terre - INRAA d'Oued ghir- ..	34
I.3.3. Méthode d'échantillonnage des vers de terre.....	36
I.3.4. Méthodes d'identification des vers de terre .....	37
I.3.4.1. Identification par les clés de détermination .....	37
I.3.4.2. Identification par envoie des photos .....	40
I.3.4.3. Identification et confirmation des Lombricidae par le spécialiste.....	42
I.3.5. Mesure de l'abondance des vers de terre .....	422
II. Essais de toxicité .....	42
II.1. Test de toxicité aigüe.....	43
II.1.1. Préparation des concentrations des pesticides .....	43

II.1.1.1. Préparation des concentrations Dursban.....	43
II.1.1.2. Préparation des concentrations Manèbe .....	43
II.1.2. Contamination des vers de terre .....	44
II.2. Test de toxicité chronique.....	44
II.2.1. Préparation des concentrations des pesticides .....	45
II.2.2. Contamination des vers de terre .....	45
III. Méthodes d'exploitation des résultats obtenus.....	45

## CHAPITRE III : RESULTATS

I. Caractéristiques physico-chimique du sol .....	46
II. Diversité et abondance des vers de terre .....	47
II.1. Identification de la diversité des vers de terre .....	47
II.2. Abondance des vers de terre .....	50
II.3. Détermination des vers de terre .....	47
III. Essais de toxicité des pesticides sur les Lombricidae .....	52
III.1. Test de toxicité aigüe sur l'espèce <i>Aporectodea caliginosa caliginosa</i> .....	52
III.1.1. Effet du Manèbe (l'éthylène bis de manganèse) .....	52
III.1.1.1. Détermination de la DL <sub>50</sub> Manèbe (Ethylène bis de manganèse).....	53
III.1.1.2. Analyse des données relatives au test de toxicité aigüe du Manèbe .....	55
III.1.2. Effet du dursban (Chlorpyrifos-Ethyl) .....	57
III.1.2.1. Détermination de la DL <sub>50</sub> 7jours et 14 jours du Dursban (Chloropyriphos- éthyle). 60	
III.1.2.2. Analyse des données relatives au test de toxicité aigüe du Dursban .....	62
III.1.2.3. Description de signes observables de toxicité sur les vers de terre.....	64
III.2. Essais de toxicité chronique sur l'espèce <i>Eseinia foetida</i> .....	65
III.2.1. Effet du Manèbe .....	65
III.2.2. Effet du Dursban .....	66

## CHAPITRE IV : DISCUSSION

I. Caractéristiques physico-chimique et caractéristique du sol .....	68
II. Diversité de vers de terre .....	68
II.1. Identification de la diversité des vers de terre .....	68
II.2. Abondance des vers de terre .....	70
III. Essais de toxicité des pesticides sur les Lombricidae .....	71

III.1. Test de toxicité aigu sur l'espèce <i>Aporectodea caliginosa caliginosa</i> .....	71
III.1.1. Effet du Manèbe (l'éthylène bis de manganèse) .....	71
III.1.1.1. La DL <sub>50</sub> Manèbe (Éthylène bis de manganèse).....	71
III.1.2. Effet du dursban (Chlorpyrifos-Ethyl) .....	71
III.1.2.1. Détermination de la DL <sub>50</sub> après 7jours et après 14 jours du Dursban (Chloropyriphos- éthyle) .....	72
III.1.2.2. Les effets toxiques observables sur les vers de terr .....	73
III.2. Test de toxicité chronique sur l'espèce <i>Eseinia foetida</i> . .....	74
III.2.1. Effet du Manèbe .....	74
III.2.2. Effet du Dursban .....	74
<b>Conclusion et perspective .....</b>	<b>76</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>78</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>89</b>
<b>Résumé .....</b>	<b>95</b>

# Introduction

# Introduction

La population mondiale est passée de 3,7 milliards en 1970 (Domenach, 2007) à environ 7,2 milliards en 2013 (United Nation, 2013). Les conséquences de cette croissance démographique sont nombreuses ; besoins alimentaires, eau potable, santé, espace vital, éducation...etc. Les besoins les plus cruciaux sont évidemment, les besoins alimentaires qui font appel à l'augmentation et à l'extension des superficies cultivables. Cette agriculture cesse d'être vivrière pour devenir intensive avec une modernisation qui passe par l'utilisation de pesticides, entre autre, pour augmenter les rendements agricoles.

Les pesticides ont montré leur valeur en augmentant la production agricole mondiale, en luttant contre les organismes considérés comme nuisibles pour les plantes et en limitant certains nombre de maladies parasitaires très meurtrières. Si les pesticides sont d'abord apparus bénéfiques, leurs effets secondaires nocifs ont été peu à peu mis en évidence.

Les pesticides ont un impact sur les organismes vivants dans le sol qui sont non ciblés par eux, ces derniers peuvent atteindre l'atmosphère (Elodie, 2006), les eaux superficielles par ruissèlement et les eaux souterraines par infiltration (Schiavon et Jacqin, 1973). Certains chercheurs estiment que sur les 2.5 millions de tonnes de pesticides répandus chaque année dans le monde, seulement 0.3% atteignent leur cible. Le reste touche toutes les autres espèces vivantes avec des conséquences multiples telles que l'affaiblissement des défenses immunitaire, la baisse de la fertilité et des modifications des comportements (Magdelaine, 2013).

L'usage des pesticides s'accompagne d'une contamination terrestre et aquatique, ce qui influence négativement la biodiversité, ils peuvent être ensuite intégrés aux réseaux trophiques et subissent éventuellement une bioamplification dans les chaînes alimentaires (Anis 2012).

L'estimation des effets sur les écosystèmes d'une pollution liée aux pesticides s'avère difficile, car il existe un millier de familles de pesticides, soit des dizaines de milliers de pesticides. Ils sont en outre utilisés à faibles doses et leurs comportements sont très divers. Leur impact dépend à la fois de leurs mode d'action, de leurs persistance dans le temps et de leurs sous-produits de dégradation lesquels sont parfois plus toxiques et se dégradent moins vite que le composé initial. Leurs effets sur le vivant sont, eux aussi, encore pas très connus (Armand, 2002)

Afin de cerner les causes et les facteurs qui engendrent la pollution des sols par les pesticides, plusieurs recherches et analyses physico-chimiques ont été mises au point pour évaluer la qualité des sols. Ces recherches sont focalisées sur la détection et la persistance de

## Introduction

ces produits nocifs dans le sol. Cependant ces études demeurent limitées du fait qu'elles ne nous informent pas sur le degré et l'étendu de cette nocivité. C'est pour cette raison que les chercheuses se sont orientées vers le suivi de certaines espèces bio indicatrices en basant sur le principe de la bio surveillance qui consiste à utiliser les réponses à toutes les niveaux d'organisation biologique d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution.

En Algérie, avec le développement de l'agriculture les pesticides sont de plus en plus utilisés dans les cultures. Ainsi plus de 400 pesticides sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont plus utilisées en agriculture (Gagaoua et Ouali, 2012).

La wilaya de Bejaia, dont la surface agricole utile est de 130.348 hectares connaît une activité agricole importante notamment la production maraichère et l'arboriculture, et pour intensifier cette activité et protéger les cultures des ravageurs, les agriculteurs ont tendance à utiliser fréquemment les pesticides, dont les quantités atteignent 63736 kg (Gagaoua et Ouali, 2012).

L'enquête établie sur le terrain auprès des agriculteurs de la wilaya de Bejaia a montré que le Manèbe et le Dursban sont les deux pesticides les plus utilisés dans les pratiques agricoles et les plus disponibles sur le marché.

Devant cette importante utilisation des pesticides dans la région nous nous sommes intéressés à l'utilisation du principe de la bio surveillance pour évaluer la toxicité du Manèbe et Dursban à des différentes doses sur un bio indicateur de la pollution des sols.

Dans l'évaluation de la qualité des sols certaines espèces sont utilisées dans des tests d'écotoxicité pour estimer les effets des substances polluantes par l'étude de la survie, la croissance, la reproduction et d'autres paramètres de contrôle. Le model biologique utilisé dans cette étude appartient à la famille des Lombricidae, les vers de terre qui sont considérés comme des composants majeurs de la faune des sols.

Au cours de ce présent travail, les paramètres étudiés sont la survie des vers de terre de l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* en déterminant la DL<sub>50</sub> des deux pesticides, et le succès de la reproduction et la prise du poids des juvéniles des vers de terre de l'espèce *Eisenia foetida*.

Notre travail est présenté en quatre chapitres :

## Introduction

Le premier chapitre est consacré pour une partie théorique dans lequel est présentée une classification, des données bioécologiques des vers de terre et des rappels sur les pesticides.

Le deuxième chapitre présente les protocoles expérimentaux dont nous détaillons les matériels et les méthodes utilisé durant la réalisation de ce travail.

Le troisième chapitre expose tous les résultats obtenus soit durant le travail de terrain soit durant les essais de toxicité au laboratoire

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

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

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

## I. Données bibliographique des Lumbricidae

### I.1. Classification

Les vers de terre sont des invertébrés représentant la famille des Lumbricidae, ils appartiennent à l'embranchement des Annelides (vers segmentés, dont la principale caractéristique évolutive est un corps formé d'une série d'anneaux), à la sous-classe des Oligochètes (littéralement : qui ont peu de poils), à l'ordre des Haplotaxida et au sous-ordre des Lumbricina. La famille des Lumbricidae est la plus importante des Oligochètes. Elle se compose essentiellement de vers terrestres (Edwards et Bohlen, 1996). On estime à 7 000 environ le nombre total d'espèces, la majorité vivant sous les tropiques (Lavelle *et al.*, 1998).

La famille des Lumbricidés se divise en plusieurs genres : *Lumbricus*, *Eisenia*, *Allolobophora*, etc.

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Annelida</i>
Classe	<i>Clitellata</i>
Sous classe	<i>Oligochaeta</i>
Ordre	<i>Haplotaxida</i>
Sous ordre	<i>Lumbricina</i>
Super-famille	<i>Lumbricoidea</i>
Famille	<i>Lumbricidae</i>

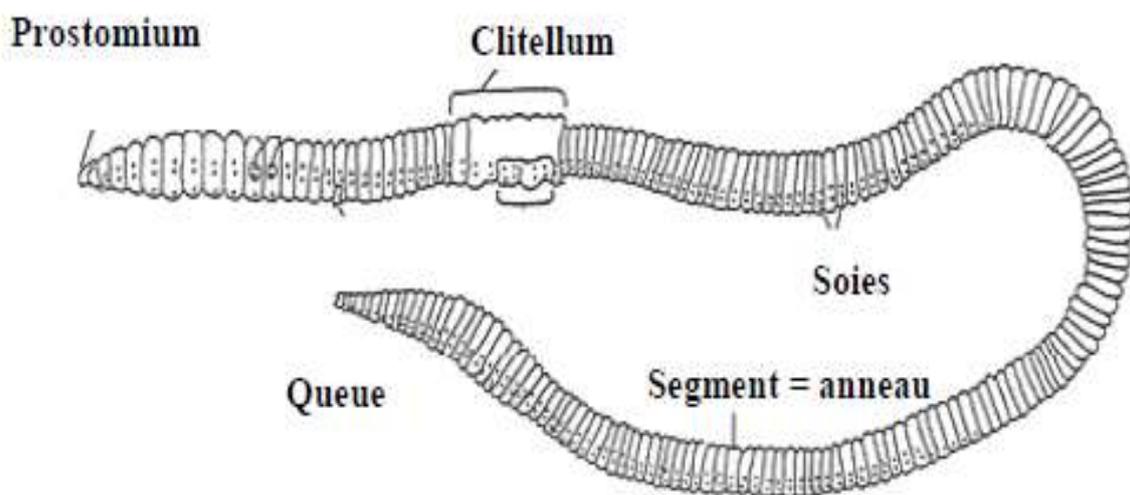
### I.2. Morphologie des lumbricidae

#### I.2.1. Anatomie externe

Le corps est mou ; de forme cylindrique allongé, de couleur rougeâtre, formé de nombreux anneaux successifs appelés les métamères. La peau rendue humide et visqueuse par du mucus, est légèrement irisée. On distingue facilement une face dorsale et une face ventrale; cette dernière, plus plate et moins colorée que la face dorsale. Il est aussi facile de distinguer la partie antérieure, plus effilée, plus colorée, de la partie postérieure. De plus cette partie antérieure possède sur la face dorsale, un renflement portant le nom de clitellum (Fig. 01).

Le lobe frontal se trouve à l'avant, ensuite viennent les anneaux. Le premier anneau porte sur la face ventrale, la bouche entourée de grosses lèvres. Toujours sur la face

ventrale, on voit du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> anneau, par transparence, les organes génitaux. Sur le 14<sup>e</sup> anneau s'ouvrent les deux orifices femelles, et sur le 15<sup>e</sup> anneau se situent les pores males. Le ver de terre donc est un animal hermaphrodite, c'est-à-dire à la fois mâle et femelle. La région postérieure, plus large, possède des anneaux aplatis. L'anus se trouve à l'extrémité du dernier anneau appelé pygidium. Chaque anneau du Lombric porte quatre paires de crochets minuscules, les soies, deux paires ventrales et deux paires latérales. Il existe également sur la face ventrale de chaque anneau, deux orifices excréteurs difficiles à voir (Villeneuve et Désire, 1965).



**Figure 01 : Morphologie d'un vers de terre**

## **I.2.2. Anatomie interne**

### **I.2.2.1. La peau et les muscles**

La peau est formée extérieurement par un épiderme recouvert d'une cuticule chitineuse très fine, et en profondeur par le derme. Elle est doublée par deux couches de muscles superposées : une couche de muscles circulaires et une couche de muscles longitudinaux ; ces derniers forment quatre bandes : une bande dorsale, une bande ventrale et deux bandes latérales. Dans l'épiderme se trouve des cellules sensorielles isolées ou groupées, plus nombreuses dans la partie antérieure du corps. Des filets nerveux les relient à la chaîne nerveuse (Villeneuve et Désire, 1965). Les vers de terre présentent un phototactisme négatif (Boué et Chanton, 1974), car ils ont sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles

sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. C'est pour cette raison qu'ils demeurent sous la surface du sol pendant la journée. Ils abandonnent toute matière qui ne répond pas à leurs besoins nutritionnels, mais si la surface est éclairée, ils ne bougent pas (Chaoui et Keener, 2008). Le lombric se déplace par reptation (mode de locomotion de certains animaux consistant à avancer sur le ventre grâce à des contractions musculaires et sans l'aide des membres). Son corps se contracte grâce aux muscles longitudinaux. Les soies permettent au lombric de prendre appui sur le sol. Le mucus sécrété par la peau facilite le glissement du Ver (Villeneuve et Désire, 1965).

### **I.2.2.2. Le système digestif**

Le tube digestif est rectiligne (Fig. 02), à la bouche fait suit un pharynx, musculeux que continue un œsophage, étroit aboutissant à un renflement, l'estomac ou jabot, lui-même suivi d'un gésier à parois très musculeuse. Le tube digestif se termine par un long intestin. Ce dernier se rétrécit au niveau de chaque cloison séparant les segments. Une gouttière dorsale parcourt le tube digestif sur toute sa longueur. Le lombric absorbe des aliments peu nutritifs ; il utilise les débris animaux et végétaux de l'humus du sol dans lequel il creuse ses galeries, avale même de la terre pour utiliser les particules alimentaire qu'elle peut contenir, et les partie non digérées sont évacuées sous forme de tortillons friables rejetés à l'orifice des galeries (des terricoles à la surface du sol) (Boué et Chanton, 1974).

Les vers de terre sont détritivores (Edwards et Bohlen, 1996 ; Sims et Gerard, 1999) car, ils se nourrissent principalement des fragments de matériel végétal dégradés et incorporés dans le sol, ils ingèrent également des microorganismes vivants, des champignons, de la micro- et de la mésofaune vivante ou morte (Pelosi, 2008). Ainsi il se nourrit littéralement du sol dans des proportions allant jusqu'à 10% du sol par an. Les matières organiques (mortes ou vivantes) ingérées par les Lombriciens sont dégradées et mélangées à la fraction minérale du sol durant le transit intestinal (Eggleton, 2006).

### **I.2.2.3. L'appareil circulatoire**

L'appareil circulatoire : (Fig. 02) comprend :

- un vaisseau dorsal situé au-dessous du tube digestif.
- un vaisseau ventral situé sous le tube digestif.

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

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

#### **I.2.2.4. L'appareil excréteur**

Chaque segment sauf les trois premiers possède une paire de tubes sinueux, les tubes urinaires, s'ouvrant chacun à l'extérieur par un orifice excréteur. Cet organe urinaire porte le nom de néphridie (Boué et Chanton, 1974). Sur le dernier segment, le pygidium, s'ouvre un orifice, l'anuse.

#### **I.2.2.5. Le système nerveux**

Le système nerveux est ventral, il comprend :

- une chaîne nerveuse formée de ganglions reliés entre eux par des filets nerveux.
- En avant, un collier œsophagien entoure la partie antérieure du tube digestif. Au-dessus de ce dernier, le collier porte deux ganglions cérébroïdes.

#### **I.2.2.6. La respiration**

Le Lombric ne possède pas d'appareil respiratoire. Les échanges gazeux s'accomplissent directement à travers la peau qui doit constamment rester humide : l'oxygène et le gaz carbonique ne traversent pas la peau si elle est sèche. Un Lombric laissé hors de la terre dans un sol sec meurt asphyxié (Villeneuve et Désire, 1965).

#### **I.2.2.7. L'appareil reproducteur**

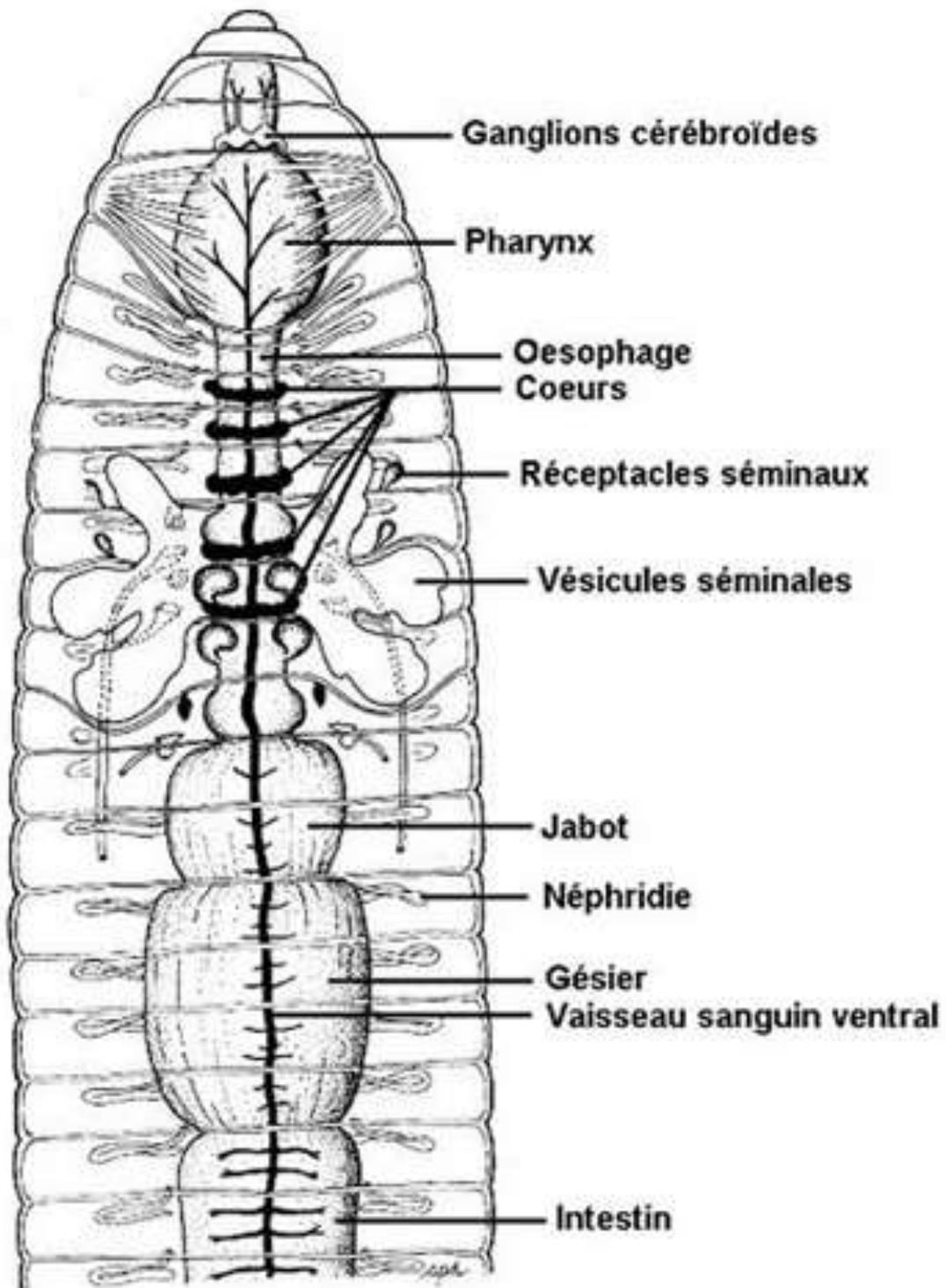
Le Lombric possède des organes reproducteurs mâles et femelles : c'est donc un animal hermaphrodite

L'appareil reproducteur mâle : comprend deux paires de testicules logés dans le 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> anneau. Les orifices génitaux mâles sont situés dans le 15<sup>e</sup> anneau.

L'appareil reproducteur femelle : est formé par une paire d'ovaires logée dans le 13<sup>e</sup> anneau. Les orifices génitaux femelles sont situés dans le 14<sup>e</sup> anneau (Villeneuve et Désire, 1965).

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

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



**Figure 02 : Anatomie interne du lombric ouvert par la face dorsale. (Villeneuve et Désire, 1965)**

### **I.3. Ecologie du ver de terre**

#### **I.3.1. Position du ver de terre dans le réseau trophique**

Bien que vivant surtout dans le sol, le lombric a des prédateurs qui sont notamment des oiseaux, la taupe *Talpa europaea*, le hérisson *Atelerix algirus*, le sanglier *Sus scrofa* ou encore quelque insectes par exemple le carabe doré *Carabus auratus*. Une quantité d'environ 20 g de vers de terre (poids vif) par jour et par volaille constitue un apport protéinique suffisant pour ces animaux laissés en liberté sur l'exploitation agricole (Frédéric et *al.*, 2003). En effet, la teneur importante en protéines, de 55 à plus de 70 % par rapport à la matière sèche des vers de terre, en fait un aliment très intéressant, non seulement pour les volailles mais aussi pour les porcs (Edwards, 1988 ; 1998 ; 2004). La teneur en acides aminés essentiels, dont ceux qui contiennent du soufre, est élevée : par exemples la leucine (8,2 %), la lysine (7,5 %), la valine (5,2 %), l'isoleucine (4,7 %), la thréonine (4,7 %), la méthionine (1,8 %), les pourcentages représentant les teneurs relatives par rapport à la teneur totale en acides aminés (Schulz et Graff, 1977).

#### **I.3.2. Intérêt des Lombrics**

Les vers de terre jouent un rôle écologique majeur en termes d'aération et de micro-drainage du sol, comme ils influencent peu la diversité des espèces présentes, et ils influencent différemment la productivité de certains types ou communautés de plantes (Lavelle et *al.*, 1998).

##### **I.3.2.1. Intérêt sur le sol**

La drilosphère : Le concept de « drilosphère », désigne le volume de sol qui est influencé par les vers de terre, délimitant ainsi leurs domaines fonctionnels. Cette zone, concerne toute région de sol ayant été en contact avec des composés excrétés par les vers ou en contact direct avec le vers de terre, que ce soit à sa surface, ayant été ingéré (entrant en contact avec l'appareil digestif) ou encore, toutes les structures laissées par le vers de terre après son passage (turricules et galeries) (Bouché, 1975).

Du fait que les lombrics ingèrent la matière organique et la matière minérale pour former des complexes organominéraux sous forme d'agrégats, ils améliorent la structure, la rétention en eau utile, ils créent des réseaux de galeries à travers lesquelles s'infiltrer l'eau, assurant ainsi un meilleur drainage et l'élimination des battances et des compactations, particulièrement, pour le sol limono-argileux. Ces réseaux galeries augmentent la porosité, permettant aussi l'aération du sol et la respiration des cultures de fèves (Achour, 2011). Il faudrait aussi signaler l'effet

synergique des lombrics avec la présence de matière organique, qui donne des améliorations des propriétés physiques (porosité, densité apparente, stabilité structurale et perméabilité) nettement plus intéressantes (Achour, 2011).

Les vers de terre jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (Lavelle *et al.*, 1998). En effet, ils interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol ; ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées "humus" (Mitchell, 1997; Pelosi, 2008). Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux (potassium, ammoniac, phosphore et magnésium), disponibles donc pour les plantes. L'activité des vers de terre facilite la minéralisation de la matière organique, et participe aussi -à long terme-, à la formation de l'humus et à la stabilité de la structure du sol (Pelosi, 2008).

### **I.3.2.2. Intérêt sur les organismes du sol**

Les vers de terre favorisent le développement des organismes utiles dans le sol. Les vers de terre disséminent en effet dans le sol des nématodes entomopathogènes *Heterorhabditis bacteriophora* et des champignons insecticides -pathogènes pour les insectes- *Beauveria bassiana*, ce qui contribue à l'amélioration de la régulation naturelle des ravageurs (Lukas, 2013). Le compost contient des organismes (bactéries, champignons, protozoaires et nématodes) bénéfiques pour la croissance des plantes (Ingham et Slaughter, 2004).

### **I.3.2.3. Intérêt sur la croissance des plantes et sur la production végétale**

Le nombre d'études qui visent l'effet des vers de terre sur la croissance des plantes (en particulier les plantes à intérêt agricole) ne cesse d'augmenter (Scheu, 2003; Brown *et al.*, 2004 ; Ruben 2012). Ces études mettent en évidence un effet positif des vers de terre sur la croissance des plantes ; une fois que le sol est ingéré par le vers de terre, il va subir de profonds changements physico-chimiques et biologiques qui affectent l'ensemble du profil du sol. L'effet positif des vers de terre sur la production végétale est en partie expliqué par leur relation très étroite avec le système racinaire des plantes (Bouché et Aliaga, 1986; Hameed *et al.*, 1993; Boersma et Kooistra, 1994; El hartiet, 2009).

De l'interaction entre les vers de terre, les microorganismes du sol et la plante va résulter des bénéfices mutualistes pour chacun des organismes. De cette relation tripartite découle de nombreux services et modifications de l'environnement pouvant influencer la croissance des plantes. Ces modifications étant tant d'ordre physique (modification de la porosité et de l'agrégation), chimique (enrichissement en minéraux et matière organique) que biochimique

(via la synthèse de molécules agissant directement sur la physiologie de la plante) (Scheu, 2003; Brown *et al.*, 2004).

Les vers de terre sont d'importants déterminants des processus biologiques, dans la drilosphère, les communautés microbiennes et tous les processus qui leur sont associés vont être modifiés. Lorsqu'une racine s'allonge dans le sol et rentre en contact avec des turricules ou galeries de vers, la superposition de la drilosphère et de la rhizosphère va induire des changements au niveau de la communauté microbienne, et donc sur le réseau signalétique de la rhizosphère. Ce changement dans la composition chimique de la rhizosphère de la plante va alors avoir des effets sur la croissance et la physiologie de la plante (Ruben, 2012).

### **I.3.3. Abondance et densité des vers de terre**

Les vers de terre sont présents dans la quasi-totalité des écosystèmes. Mais la colonisation d'un habitat dépend essentiellement de sa richesse en nourriture et en humidité. La fréquence des vers de terre varie donc fortement selon les cas (Lukas, 2013)

- Cultures extensives : 120-150 vers de terre / m<sup>2</sup>
- Prairies maigres : 30-40 vers de terre / m<sup>2</sup>
- Prairies permanentes : 200-300 vers de terre / m<sup>2</sup>
- Pâturage extensive : 400-500 vers de terre / m<sup>2</sup>
- Forêt de feuilles : 150-250 vers de terre / m<sup>2</sup>
- Forêts de sapins : 10-15 vers de terre / m<sup>2</sup>

### **I.3.4. Cycle de vie**

Cycle biologique de ver de terre: c'est le cycle complet de la production du ver depuis l'éclosion de juvéniles à partir de vers adultes amenés à maturité.

Selon Tomlin (1981) Le ver du fumier se reproduit bien à des températures variant de 20 °C à 25 °C. En bas de 15 °C, le taux de reproduction est trop faible pour rendre l'élevage rentable. À 25 °C, le cycle biologique complet prend environ 52 jours en conditions optimales de laboratoire.

Chez les grand vers de terre comme *Lumbricus terrestris*, *Octodrilus complanatus* le cycle de vie est relativement long et il peut atteindre 220 jours en 20 ± 2 °C (Monroy *et al.*, 2007).

La durée du cycle de vie d'un vers de terre dépend fortement de l'espèce, des conditions climatiques et le type de matière organique (Joshi et Dbral, 2008).

### **I.3.5. Catégories écologiques**

Selon leur morphologie et leur comportement qui reflète leur mode de vie, les vers de terre sont classés selon Bouché (1972) en 3 classes écologiques (Tab. 01).

#### **I.3.5.1. Les anéciques**

Sont des vers pigmentés de grande taille qui vivent dans des galeries verticales permanentes et se nourrissent de matière organique en surface et contenue dans le sol. Ils sont caractérisés par une forte activité dans le sol, observable par le réseau complexe de galeries et les nombreux turricules (déjections) qu'ils déposent à la surface du sol.

#### **I.3.5.2. Les endogés**

Sont des vers non pigmentés, de taille moyenne, vivant généralement dans les premiers centimètres de sol où ils construisent un réseau de galeries sub-horizontales. Ils se nourrissent de la matière organique contenue dans le sol. Plus les vers vivent profondément, moins le sol qu'ils consomment est riche en matière organique. Les endogés qui ingèrent le sol le plus pauvre en matière organique sont des oligohumiques, alors que les polyhumiques consomment du sol des horizons superficiels, riches en matières organiques en voie de décomposition.

#### **I.3.5.3. Les épigés**

Sont des vers pigmentés de petite taille qui vivent dans la litière de surface et se nourrissent des matières organiques en décomposition dans cette litière. Ils ne creusent pas, même si certaines espèces intermédiaires peuvent créer de petites galeries très superficielles.

Cependant, cette classification en catégories écologiques est un peu arbitraire, dans la mesure où il existe un continuum entre les groupes : un certain nombre d'espèces présente ainsi des caractéristiques propres à différentes catégories écologiques. Par exemple, *Lumbricus terrestris* est un épi-anécique puisqu'il vit dans une galerie verticale permanente et peut descendre très profondément dans le sol mais se nourrit en surface (Pelosi, 2008).

**Tableau 01: Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par (Bouché, 1972)**

	<b>Espèce anécique</b>	<b>Espèce endogée</b>	<b>Espèce épigée</b>
<b>Alimentation</b>	Matière Organique décomposée à la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec préférence pour matériau riche en Matière Organique	Litière décomposée à la surface du sol ; peu ou pas d'ingestion de sol
<b>Pigmentation</b>	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale	Peu ou pas pigmenté	Sombre, souvent ventrale et dorsale
<b>Taille des adultes</b>	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm)	Petite à moyenne (10-30 mm)
<b>Galeries</b>	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives, subhorizontales, souvent dans les 15 premiers centimètres de sol	Pas ; quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèces intermédiaires
<b>Mobilité</b>	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents	Mouvements rapides en réponse à perturbation
<b>Longévité</b>	Relativement longue	Intermédiaire	Relativement courte
<b>Prédation</b>	Importante, surtout quand ils sont en surface, un peu protégés dans leurs galerie	Faible ; un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropodes prédateurs	Très importante, surtout par oiseaux, mammifères et arthropodes prédateurs

### I.3.6. Les vers de terre comme Bio-indicateurs

**définition du Bio-indicateur** : Si de nombreuses définitions existent (Pankhurst et *al.*, 1997; Markert et *al.*, 2003), un bioindicateur a été défini comme un organisme (ou une partie d'un organisme ou une communauté d'organismes) qui renseigne sur l'état et le fonctionnement d'un écosystème. Parmi les bioindicateurs, deux catégories ont été distinguées: (Fig. 03)

- bioindicateur d'accumulation : organisme (ou partie d'un organisme ou communauté d'organismes) qui accumule une ou plusieurs substances issues de son environnement, permettant ainsi d'évaluer son exposition.
- bioindicateur d'effet ou d'impact : organisme (ou partie d'un organisme ou communauté d'organismes) qui permet de révéler des effets spécifiques ou non lors de l'exposition à une ou plusieurs substances issues de son environnement (issues d'épandages de déchets, des pratiques agricoles, de dépôts atmosphériques ou bien de contaminations industrielles) ou à d'autres stress anthropiques ou naturels (ex : tassement, changement d'usage, statut de la matière organique). Ces effets, proportionnels ou non à l'exposition, incluent des modifications morphologiques, histologiques ou cellulaires, métaboliques, de comportement ou de structure de populations.

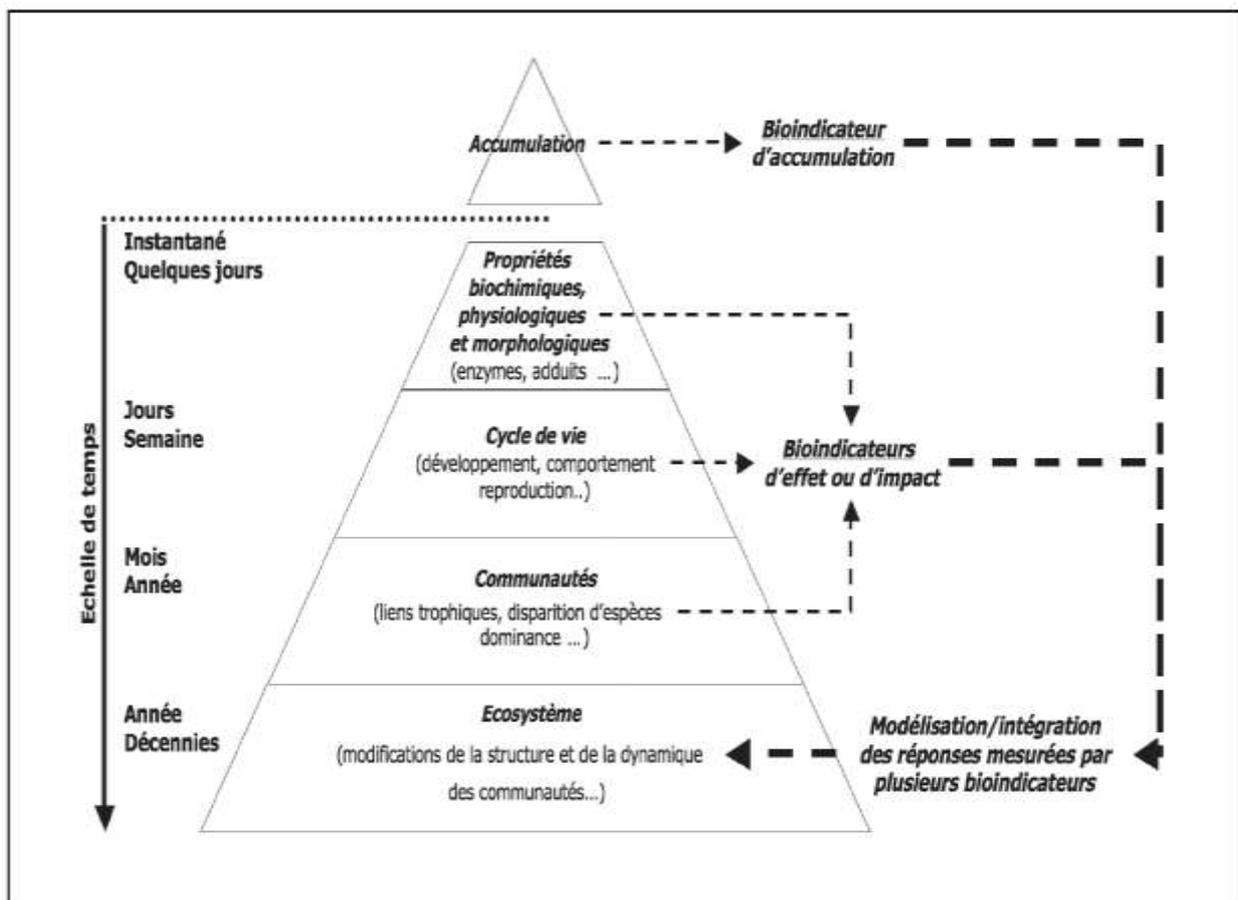


Figure 03 : Les différents niveaux de réponse des bioindicateurs. (ADEME. 2009)

Le lombric est une espèce intégrante de la biodiversité sauvage et ordinaire : il est présent spontanément dans les milieux sans intervention de l'Homme mais il est influencé par ses activités. Fortement représenté dans le sol en termes de densité, les lombrics répondent à de multiples facteurs environnementaux et écologiques tels que les évolutions chimiques au niveau du sol, la foresterie et les pratiques agricoles. Ainsi, ils sont considérés comme de bons indicateurs du fonctionnement du sol. (Paoletti, 1999 ; Lavelle et Spain, 2001 ; Tondoh et *al.*, 2007).

De nombreux travaux ont mis en évidence le rôle majeur des caractéristiques physico-chimiques du sol sur la densité des vers de terre. Ainsi, les travaux de Bachelier (1978) ont montré l'effet significatif de la profondeur de sol. Ces mêmes auteurs ont mis aussi en avant le rôle majeur de l'humidité du sol, les vers de terre étant plus sensibles à une sécheresse qu'à une immersion temporaire. De plus, les vers étant poïkilothermes, ils ne régulent pas leur température corporelle et sont donc sensibles aux variations de températures. Dans les régions tempérées, les conditions optimales de température se situent entre dix et vingt degrés. Peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C (Curry, 1998). Aussi, un lessivage et une acidification des sols entraînent la diminution voire la disparition des lombrics (Romans et Robertson, 1975). En effet, le seuil de viabilité des vers est évalué à un pH de 4,4 pour un sol acide et à un pH de 10 pour un sol alcalin (Bachelier, 1978). Enfin, les travaux d'Edwards et Lofty (1972) montrent un effet de la texture du sol sur l'abondance des lombrics. Pour ce qui concerne les effets anthropiques. Pérès et *al.*, (1996) montrent un effet positif de la fertilisation organique (compost, fumier, lisier) sur l'ensemble des communautés lombriciennes. Cluzeau et *al.*, (1992) mettent en évidence une influence négative du pâturage, notamment sur les espèces épigées et endogées localisées dans des galeries horizontales. La pression de pâturage dépend de la charge du troupeau (nombre d'Unités Gros Bovins sur une surface donnée), de la fréquence et des périodes de pâturage.

Des lignes directrices ont été émises par l'OECD pour les essais de produits chimiques sur les vers de terre:

L'essai de Toxicité Aiguë (1984), permettent de dégager la DL<sub>50</sub> des produits testés (OECD 1984).

Le test de toxicité chronique : Ce test est conçu pour évaluer les effets des produits chimiques dans le sol sur le taux de reproduction de deux espèces de lombric : *Eisenia fetida* ou *Eisenia andrei* (Environnement Canada, 2004)

## **II. Les pesticides**

### **II.1. Définition**

#### **II.1.1. Produits biocides**

Sont définis comme « Les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur, qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique » (Union Européenne, 1998). Le mot Biocide désigne une large famille de substances chimiques qui regroupe les pesticides (ou produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques), les antiparasitaires et les antibiotiques à usages médicaux, vétérinaires, domestiques ou industriels, les désinfectants de l'eau, de l'air, des sols, des piscines, surfaces de travail, WC, etc. Ce sont dans la plupart des cas (de par leurs fonctions) des produits toxiques (Union Européenne, 1998).

#### **II.1.2. Les pesticides**

Les pesticides regroupent l'ensemble des substances (molécules) ou produits (formulation) utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications, qui éliminent les organismes nuisibles (ACTA, 2005). Il existe une autre définition des pesticides, selon la directive 91/414/CE (EC 1991). Les phytosanitaires sont définis comme : substances actives et des préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont destinées à :

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action,
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (il s'agit par exemple des régulateurs de croissance),
- Assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs
- Détruire les végétaux indésirables, détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux.

## **II.2. Classification**

Les pesticides sont classés selon deux critères

### **II.2.1. La nature des nuisibles auxquels ils sont destinés**

Herbicides (contre les plantes parasites), insecticides (contre les insectes nuisibles), fongicides (ou anticryptogamiques, contre les champignons parasites), acaricides (contre les acariens), nématicides (contre les nématodes), corvicides ou corvifuges (contre les oiseaux ravageurs notamment les corbeaux), taupicides (contre les taupes), rodenticides (contre les rongeurs) et mollucides (contre les mollusques). Du point de vue de leurs utilisations et de leurs quantités de production, les trois premières classes de pesticides constituent les plus importantes.

### **II.2.2. La nature chimique de la substance active qui les compose**

Les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes, les triazines, les urées substituées, les thiocarbamates, les phtalimides, les pyridines...etc. Il est à noter que plusieurs familles chimiques peuvent être utilisées pour une même cible et qu'une même famille chimique peut regrouper des substances dont les cibles, les modes et les mécanismes d'action sont différents : par exemple les carbamates peuvent être des insecticides, des herbicides ou des fongicides alors que les dithiocarbamates sont des fongicides (Tab. 02).

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

Familles chimiques	Exemples de substances actives	Classement selon cible
Organochlorés	DDT, Lindane, Dieldrine	Insecticides
Organophosphorés	Malathion, Chlorpyriphos- ethyl Chlorpyriphos, Diazine	Insecticides
Pyréthrinoïdes	Perméthrine, Deltaméthrine	Insecticides
Carbamates	Aldarbe, Cabaryl, Carbofurane	Insecticides
	Asulame, Diallate, Terbutocarbe	Herbicides
	Benthiavalicarbe	Fongicides
Dithiocarbamates	Mancozèbe, Manèbe, Zinèbe	Fongicides
Phtalimides	Flopel, Captane, Captafol	Fongicides
Triazines	Altrazine, Simazine, Terbutilazine	Herbicides
Phénoxyherbicides	MCPA, 2,4-D, 2,4,5-T	Herbicides
Chloroacétamides	Alachlore, Métolachlore	Herbicides
Pyridines- bipyridilimus	Paraquat, Diquat	Herbicides
Aminophosphonates glycine	Glyphosate	Herbicides

### II.3. Historique

Dès l'homme a cultivé le sol, il a lutté contre les ravages de la nature pour protéger ses cultures. Le Soufre a été utilisé comme désinfectant 1000 ans avant J-C (Grèce antique), ainsi, au premier siècle l'acide arsénique est décrit comme insecticide par le naturaliste romain Gaius Plinius Secundus (Lhoste et Grison, 1989). En moyen Age Des plantes connues pour leurs propriétés toxiques ont été utilisées comme pesticides contre les rongeurs, par exemple les Aconits (plantes de la famille des Ranunculaceae). Des traités sur ces plantes ont été rédigés, comme le traité des poisons du rabbin andalou Moïse Maïmonide (Moussa ibn maïmoune). En 1681, l'utilisation des dérivés de l'arsenic fut conseillée pour protéger les végétaux. Dans le 18<sup>ème</sup> siècle le Pyrèthre de Dalmatie (plante de la famille des Asteraceae) a été utilisé comme insecticide naturel, et il est considéré parmi les premiers insecticides organiques utilisés dans la lutte sélective (Lhoste et Grison, 1989). Dans les années 1880, la lutte contre le mildiou devient possible grâce à la bouillie bordelaise (mélange de sulfate de cuivre et de chaux).

À partir de 1930, les produits phytosanitaires de synthèse sont bien améliorés à cause du développement de la chimie organique de synthèse. Les propriétés insecticides du DDT de la famille des organochlorés sont établies par le chimiste suisse Paul Muller en 1939. Ce produit est commercialisé pendant et après la Seconde Guerre mondiale jusqu'aux années 1970, puis il est progressivement abandonné à cause de sa faible biodégradabilité. Les pesticides disponibles sont alors rapidement diversifiés, d'autres familles sont apparues, des herbicides de la famille des urées substituées, suivis par les herbicides du groupe ammonium quaternaire et triazines, les fongicides du type benzimidazole et pyrimides les fongicides imidazoliques et triazoliques. Dans les années 1970-80 apparaît une nouvelle classe d'insecticides, les pyréthriinoïdes. Ces nouveaux composés sont, pour la plupart d'entre eux, plus toxiques que le DDT et autres organochlorés mais beaucoup plus sélectifs et biodégradables.

#### **II.4. Les pesticides et l'environnement**

Les pesticides améliorent la production agricole en attaquant tout sort d'organisme qui peut nuire à la production végétale. Mais en réalité, lors de l'application des produits phytosanitaires, des quantités de ces produits peuvent atteindre :

Les zones adjacentes : Après application directe, les gouttelettes pesticides tombent sur le sol, et par conséquent ils peuvent atteindre les organismes bénéfiques vivants dans le sol et qui sont non ciblés par les traitements.

L'environnement : Lors de leur application, les pesticides peuvent être transférés vers l'atmosphère par dérivé, volatilisation et érosion éolienne. Ils peuvent aussi atteindre l'eau souterraine après infiltration, et les eaux de surface par lessivage et ruissèlement (Figure 04).

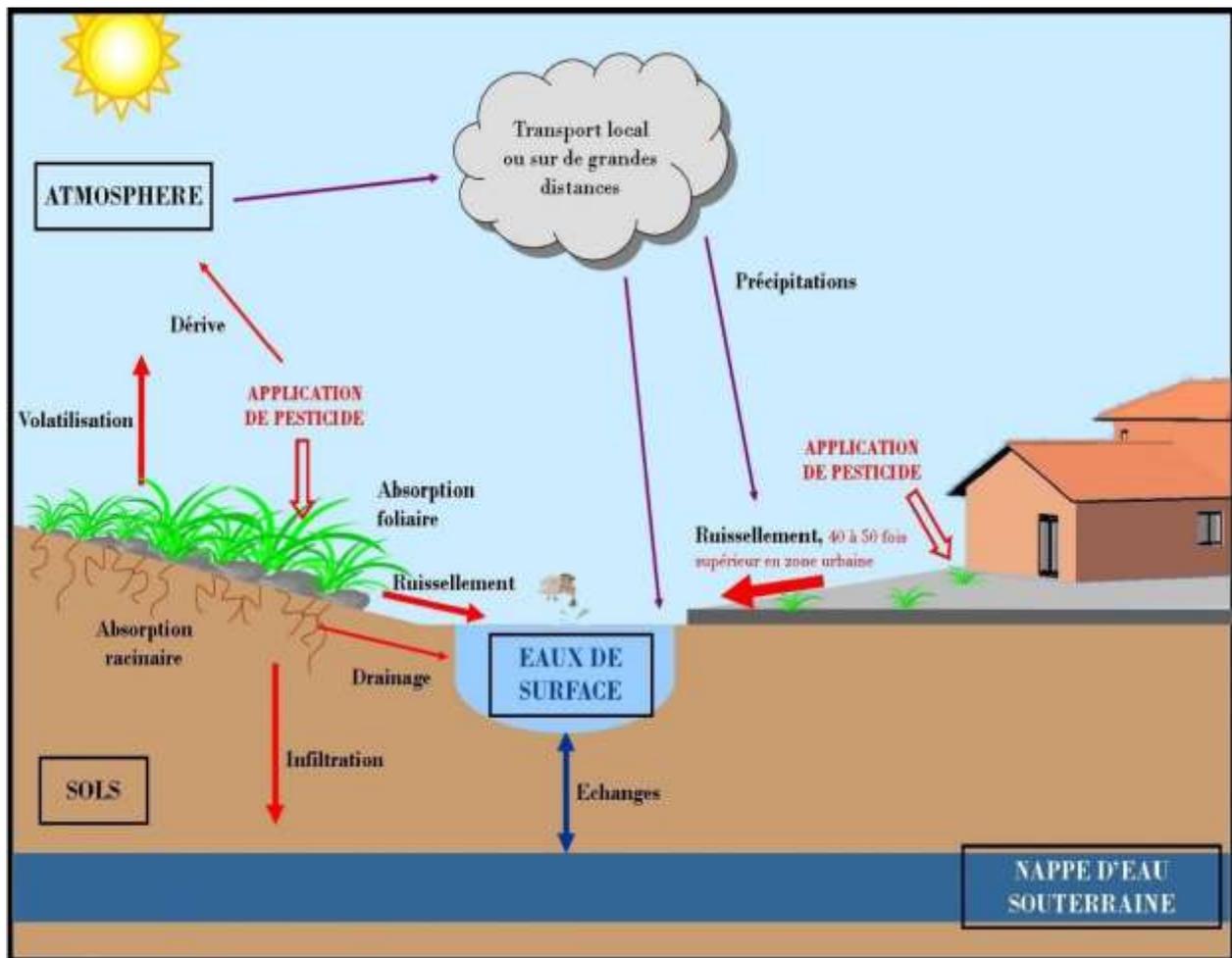


Figure 04 : Transfert des pesticides dans l'environnement. (MAAPAR. 2011)

#### II.4.1. L'air

Très peu d'étude qui ont cerné la qualité de l'air vis à vis des pesticides, à cause des difficultés expérimentales rencontrées (le coût élevé des analyses et du nombre important de molécules utilisées) (Duyser et Vonk, 2003; Bouvier *et al.*, 2006 ; Bouvier, 2009).

Le transfert des pesticides vers l'atmosphère peut se faire sous plusieurs formes, par volatilisation au moment de l'application, par érosion éolienne des particules du sol ou par revolatilisation après application à partir du sol et des feuilles des végétaux et les phénomènes de dérive (Briand *et al.*, 2002).

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

## **II.4.2. Le sol**

La contamination des sols par les pesticides concerne de très vastes surfaces dans le monde, car ces substances sont utilisées sur des millions de km<sup>2</sup> (François, 2005). Différents paramètres modulent le devenir des pesticides dans les sols. Ils peuvent être présents sous forme soluble dans l'eau du sol, dans la phase gazeuse, adsorbés aux particules de sol ou entraînés et déplacés. Les propriétés physico-chimiques des molécules, ainsi que les caractéristiques propres au sol, vont jouer sur cette répartition.

### **II.4.2.1. Le déplacement**

Les pesticides se déplacent vers la profondeur ou à la surface du sol, soit à l'état dissout ou elles peuvent être retenues sur des particules de sol elles-mêmes entraînées par le vent ou par l'eau. Ces déplacements varient beaucoup selon le régime hydrique, la perméabilité des sols ou les propriétés de la matière active du pesticide. Les molécules déplacées finissent par atteindre les eaux de surface et les eaux souterraines

### **II.4.2.2. Absorption par le sol**

Les différents constituants minéraux ou organiques des sols sont capables de retenir et former des liaisons avec les produits phytosanitaires. Les premières études sur la rétention des pesticides (Bailey et White 1964 ; Ercegovich et Frear, 1964) ont montré qu'elle est affectée par les propriétés physico-chimiques du sol telles que le pH, la capacité d'échange cationique, la surface spécifique, le taux d'humidité, la quantité d'argiles, d'oxydes et de matière organique. Certains pesticides sont en majorité adsorbés rapidement par les matières humiques du sol (Complexe Argilo humique). C'est-à-dire au passage d'une molécule de la phase aqueuse à la phase solide.

Une molécule adsorbée n'est plus en solution dans la phase liquide ou gazeuse, n'étant plus disponible, ses effets biologiques sont supprimés ; elle n'est plus dégradée par les micro-organismes du sol ce qui augmente sa persistance, elle n'est plus entraînée par l'eau, ce qui empêche la pollution de cette dernière. Ces molécules sont plus fortement retenues en général dans les sols argileux ou riche en matières organiques.

La rétention des pesticides dans les sols dépend fortement de la molécule de la matière active et des différents constituants du sol. D'une façon générale, les composés anioniques et les bases faibles seront peu fixés et les composés cationiques seront par contre beaucoup plus retenus (Calvet et *al.*, 1980). En effet, plus les sols contiennent de matière organique plus ces polluants seront retenus à la surface, et ils seront alors retrouvés en quantités moindres dans les systèmes aquifères (Piccolo et *al.*, 2000).

### II.4.2.3. Dégradation

En plus des paramètres favorisant ou non leur mobilité dans le sol, les pesticides peuvent être dégradés par des processus abiotiques physiques ou chimiques, tel que la photo décomposition ou photolyse (Mansour *et al.* 1997; Burrows *et al.* 2002) et/ou métabolisés par des processus biologiques par les microorganismes du sol (bactéries, actinomycètes, levures, etc.) (Mougin *et al.*, 2009).

Ces processus abiotiques vont déterminer la DT50 du composé. Selon le temps de dégradation, les pesticides vont ainsi être définis comme plus ou moins persistants dans le sol. Les processus de dégradation des matières actives aboutissent à la transformation du carbone organique en CO<sub>2</sub> et l'obtention de molécules minérales telles que H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>. La dégradation contribue à diminuer la quantité de matière active dans le sol et donc à réduire les risques de pollution.

Actuellement, il n'existe ni valeur seuil concernant les sols, ni bases de données ou suivis annuels de la contamination réelle par les pesticides. La plupart du temps, les concentrations dans les sols sont estimées à partir des doses d'application à l'hectare, de la fréquence des applications, du pourcentage d'interception par la végétation, de la DT50 (Coline, 2011). En revanche, il est plus aisé de caractériser les contaminations résultant de l'usage de pesticides formulés à base des métaux, par exemple la Bouillie Bordelaise, dont les données d'accumulation de Cu dans les sols peuvent atteindre 3200 mg/kg (Mirlean *et al.*, 2007).

Il est vrai que tous les pesticides finissent par disparaître du sol par évaporation, absorption par les végétaux, décomposition chimique et microbienne et photo décomposition. Cependant, les applications répétées et excessives augmentent les doses dans les sols, surtout celles des pesticides à dégradation lente.

### II.4.3. L'eau

L'utilisation générale des pesticides sur les bassins versants agricoles est à l'origine d'une dégradation de la qualité des eaux (Ippolito *et al.*, 2012). Après leur application sur les cultures, les matières actives des produits phytosanitaires peuvent atteindre les eaux de surface par ruissèlement, érosion éolienne et par précipitation.

La contamination des bassins versants est variable selon :

- La surface du bassin versant, la contamination est élevée lorsque la surface du bassin versant est petite (Schulz, 2004)

- Les conditions météorologiques, le vent et les précipitations lors des périodes pluvieuses (Neumann et al., 2003).

Les pesticides atteignent aussi les aquifères et les nappes phréatiques par infiltration, la pollution des eaux souterraines varie selon la granulométrie du sol et la profondeur de la nappe phréatique (Barrette, 2006).

De manière générale, la répartition d'une substance entre les compartiments physiques (air, eau, sol) et biologiques de l'environnement dépend du composé (solubilité, pression de vapeur, ...) ainsi que du milieu (température de l'air, de l'eau, structure du sol, humidité du milieu, etc.). Cette distribution permet de nous informer sur la mobilité des substances dans l'hydrosphère, la pédosphère et l'atmosphère, afin de déterminer son devenir dans l'environnement (Bliefert et Perraud, 2001).

## II.5. Sources d'exposition aux pesticides

L'exposition aux pesticides peut se produire d'une façon directe lors de leur fabrication ou de leurs utilisations professionnelles ou domestiques, et elle peut se produire aussi indirectement par l'air, le contact de surfaces contaminées ou la consommation d'aliment et d'eaux contenant des résidus de pesticides. Selon les circonstances, ce sont soit des populations professionnellement exposées (agriculteurs), soit la population générale qui seront concernées.

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

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

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

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

- **L'exposition cutanée :** est démontrée comme la voie majeure de pénétration des pesticides. Cette voie de contamination varie selon les caractéristiques du produit utilisé (poudre, liquide, hydro solubilité et liposolubilité ... etc)
- **La voie respiratoire:** L'exposition prend lieu généralement à proximité des zones d'épandage des pesticides dans l'air extérieur. (Inserm, 2013)

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

## II.6. Risques éco-toxicologiques et épidémiologiques des pesticides

Les produits phytosanitaires regroupent un nombre important de molécules dont la toxicité variable pour l'homme. En effet certains produits peuvent présenter une toxicité aiguë mais être éliminés facilement par l'organisme, d'autres substances, peuvent s'accumuler dans l'organisme et induire des effets à long terme.

Selon l'OMS (1991), plusieurs facteurs influant sur la toxicité des pesticides pour l'homme :

- la dose,
- les modalités de l'exposition,
- le degré d'absorption,
- la nature des effets de la matière active et de ses métabolites,
- l'accumulation et la persistance du produit dans l'organisme.

### II.6.1. Pesticides et cancer

Les premières mises au point sur les relations entre les pesticides et les cancers ont été faites par Baldi et *al.*, (1998). Ces auteurs ont constaté qu'il y a une différence de mortalité par cancer entre les agriculteurs et les autres catégories professionnelles pour un certain nombre de tumeurs, notamment les lymphomes malins (tumeur du système lymphatique due à une prolifération des lymphocytes). Il semble que le risque d'atteint d'un cancer ne touche pas que les travailleur exposés aux pesticides, mais aussi leurs enfants. En effet, L'étude de Fear et *al.*, (1998), envisagea les effets potentiels de l'exposition des pères aux pesticides sur la survenue des cancers de reins chez les enfants, les résultats étaient significatives. Lors d'une exposition professionnelle des parents dans la période de la gestation, plusieurs pathologies sont suspectées chez les enfants: les tumeurs cérébrales, les leucémies et les néphroblastomes. Une augmentation de risque de survenue de ces types de cancer est retrouvée dans une grande majorité d'études (Daniels *etal.*, 1997 ; Zahm et Ward, 1998).

### **II.6.2. Pesticides et troubles de la reproduction**

Plusieurs pesticides sont considérés comme des perturbateurs endocriniens par l'Agence de l'environnement de l'Angleterre et du Pays de Galles, l'Agence allemande pour l'environnement, la stratégie de l'Union européenne pour les services d'urgence communautaire, la Commission d'Oslo et de Paris et le Fonds mondial pour la nature (PAN 2005). Cependant, les troubles engendrés par les pesticides perturbateurs endocriniens peuvent être temporaires ou permanents. En effet, l'exposition aux pesticides peut provoquer des anomalies de la reproduction par la réduction de la fertilité et de la fécondité ou de malformations congénitales. Chez les hommes, les principaux effets des pesticides ont été la réduction des concentrations de spermatozoïdes (Garcia et *al.*, 1998). Les pesticides réduisent les concentrations de FSH et de la testostérone des travailleurs exposés (agriculteurs) (Slimani et *al.*, 2011). Chez les femmes, les effets apparaissent à travers la perturbation des niveaux d'hormones, cycle menstruel, fertilité réduite, syndrome des ovaires poly kystiques, l'obstruction ou la lésion des voies génitales, puberté précoce, le temps prolongé à la grossesse, les avortements spontanés, encore des malformations congénitales et de développement (Reini et *al.*, 2006).

### **II.6.3. Pesticides et pathologies neurologiques**

Amr et *al.*, (1997), ont étudié les troubles psychologiques observés chez des applicateurs et des ouvriers de la fabrication de pesticides. L'étude montre une augmentation statistiquement significative des troubles psychologiques (syndrome dépressifs) chez les exposés par rapport aux témoins, dans les cas où la durée de l'exposition est supérieure à 15 ans.

Selon Zmirou et *al.*, (2000) ; Kwong (2002), l'évaluation des risques sanitaires est particulièrement difficile à mettre en œuvre à cause des interférences des facteurs environnementaux avec de nombreuses autres composantes individuelles génétiques, biochimiques, physiologiques... et également avec autres facteurs liés aux habitudes de vie et aux comportements.

# Chapitre II

Matériels et méthodes

Ce travail a pour objectif d'évaluer la toxicité de certains pesticides sur un bio indicateur de la pollution des sols. Des démarches ont été suivies durant la réalisation de ce travail et qui nécessite au préalable une préparation des éléments expérimentaux et les bios essais de toxicité.

## **I. Préparation des éléments expérimentaux**

Trois éléments importants sont adoptés pour la réalisation de cette étude : le sol, les contaminants (pesticides à tester) et le model biologique.

### **I.1. Préparation et détermination des caractéristiques du sol**

Dans cette étude le sol sert comme substrat à l'acclimatation du model biologique aux conditions de laboratoire, à la réalisation des concentrations témoin et à la préparation des concentrations à tester.

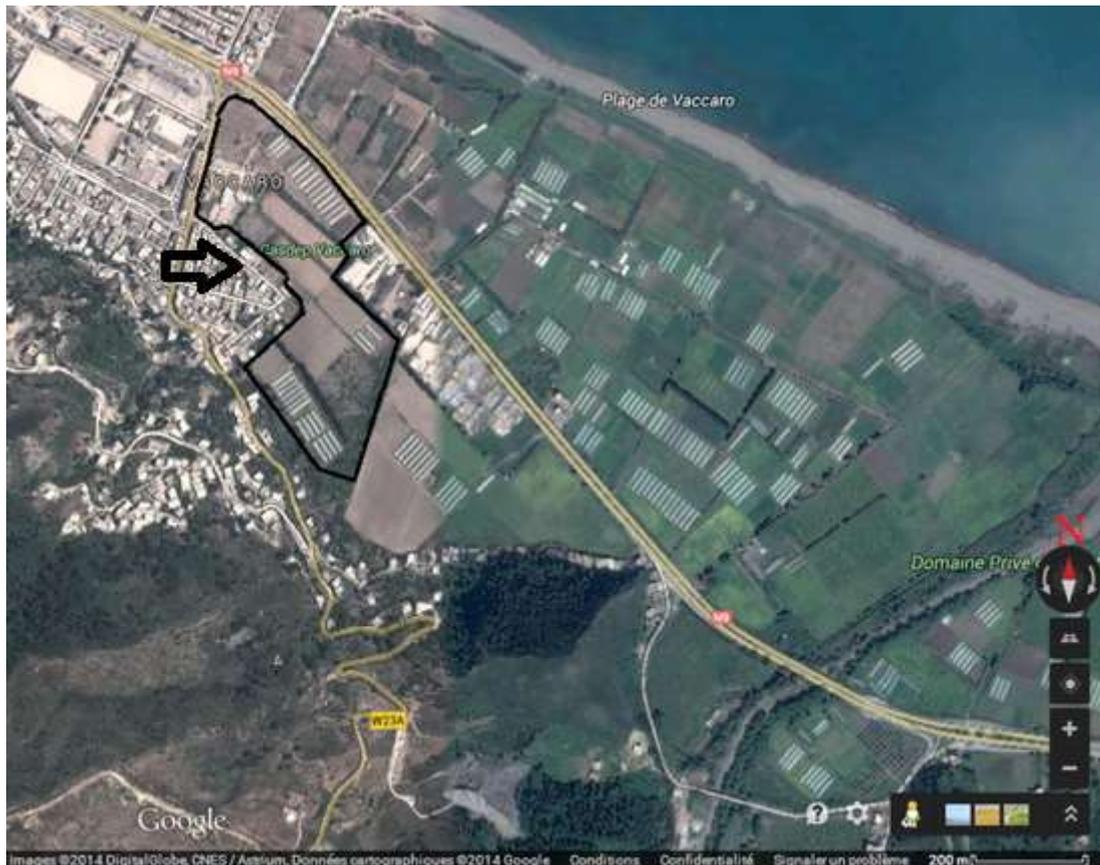
Les échantillons du sol qu'on a utilisé sont prélevés de la station CAM de Baccaro. On a choisi cette station car il s'agit d'un sol agricole, dont la parcelle où le prélèvement a été effectué n'est pas traitée par des pesticides depuis plus de deux ans. L'opération de prélèvement du sol s'est effectuée pour la première fois le samedi 02 novembre 2013 et elle a duré le temps de la réalisation de ce travail.

#### **I.1.1. Présentation de la station de prélèvement du sol CAM de Baccaro**

La ex C.A.S.S.D.E.P (Coopérative agricole de service spécialisé en développement de la plastification), cette station a été créée le 15 Avril 1983 (agrément n° 83/98), elle a été restructurée en 1989 avec adaptation statuaire à un but économique, elle s'appelle actuellement C.A.M (coopérative agricole maraîchère). Elle fait partie de la daïra de Tichy, située à 22 km à l'est du chef-lieu de la Wilaya de Bejaïa, elle est limitée par une forêt Sud, la Daïra d' Aoukas à l'Est, le village de Baccaro à l'Ouest et la route nationale n°9 au Nord (Fig. 05).

Elle s'étend sur une surface de 12,3 ha. Elle a pour objectif de mettre en œuvre tout ouvrage susceptible de promouvoir la production agricole dans la région en incluant plusieurs activités :

- Fabrication de tous types de serres
- Pépinière arboricole
- Exploitation des maraîchages sous serre et plein champ
- Apiculture
- Prestation et location de tracteurs (labour, fauchage et bottelage)



**Figure 05: Localisation de la station CAM de Baccaro**

### **I.1.2. Méthode de prélèvement**

A l'aide d'une petite pelle, le prélèvement du sol a été effectué à une profondeur de 10 à 30 Cm, on a choisi cette profondeur car elle représente la couche arable (Fig. 06).

Après avoir été prélevé, le sol est ensuite transporté de la station (CAM) de Baccaro vers le laboratoire, et pour éliminer toute macrofaune et pierres, on fait passer le sol dans un tamis à mailles carrés de 1 mm de diamètre. (Fig. 06).

Afin d'optimiser les objectifs de ce travail et éviter l'apparition de toute microfaune, protozoaires ou bactérie, le sol est chauffé dans une étuve à une température de 80° pendant une période de 24 heures (Amorim et Fordsmand, 2012) avant son utilisation soit pour les essais soit pour l'acclimatation du model biologique aux conditions de laboratoire (Fig. 06).



a : Station de prélèvement (CAM de Baccaro),  
c : Tamisage de sol,

b : Opération de prélèvement  
d : Chauffage du sol à 80°.

**Figure 06 : prélèvement et préparation du sol**

### **I.1.3. Analyses physico-chimiques et caractéristiques du sol**

Pour assurer la validité des essais de toxicité et de leurs résultats, la connaissance de la qualité du sol est donc nécessaire, et pour déterminer les différents paramètres du sol, une analyse physicochimique s'impose.

Au cours de ce présent travail, les analyses effectuées et qui sont décrites par les règlements de l'OECD (1984) sont : l'analyse granulométrique, la mesure du pH, la détermination de la capacité de rétention de l'eau et le dosage du carbone organique. Ces analyses sont effectuées dans un laboratoire d'analyse pédologique privé à Batna.

### I.1.3.1. Analyse granulométrique

La distribution granulométrique est un des plus importants paramètres physiques d'un sol. La division du sol (classification) est en premier lieu basée sur la distribution granulométrique. Cette analyse a pour objectif de classer les particules minérales du sol par catégories de diamètre afin de déterminer sa texture. Une méthode simple pour la détermination de la taille des particules est la méthode "ROBINSON" dont le protocole se résume comme suite :

- suppression des carbonates, des substances organiques et les possibles oxydes de fer (à cause de leur fonction liante) par l'addition de l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- La mise en suspension des agrégats par le pyrophosphate de sodium à 4%.
- Remise en suspension et prélèvement des sédimentations des particules fines (Argiles et Limons) et récupération des fractions grossières (Sable et Limon grossier) par tamisage après élimination des fractions fines (Argile et Limon fins.)

La détermination de la texture se fait par la projection des pourcentages des différentes fractions sur le triangle des textures (Fig. 07)

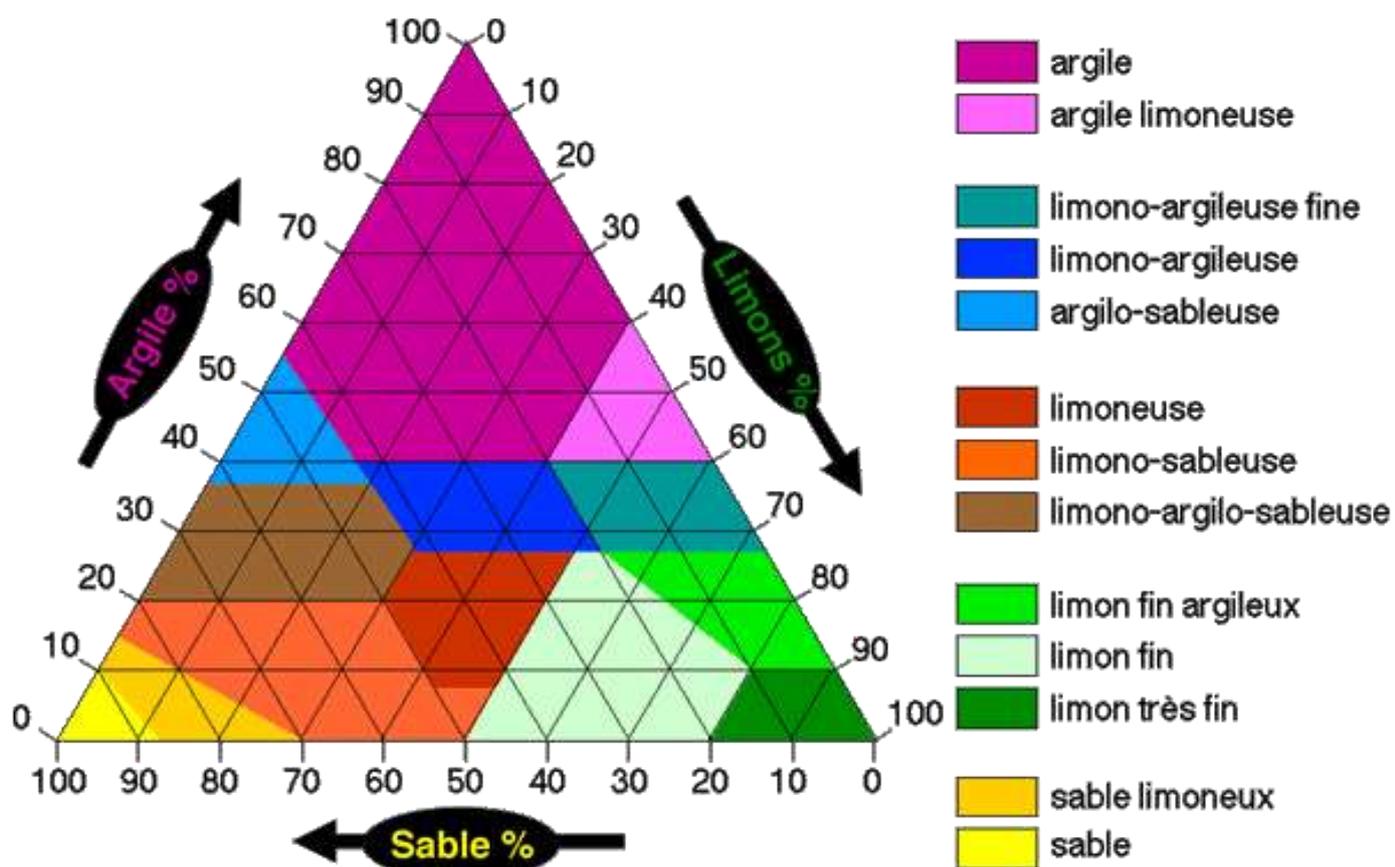


Figure 07 : Diagramme de classification détaillée des textures.

### I.1.3.2. Mesure du PH

Le potentiel hydrogène (ou pH) d'un sol à un instant est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes  $H^+$  (concentration en ions  $H^+$ ) en solution du sol pour le moment de mesure. Dans une échelle de 1 à 14, un sol est neutre quand son pH est de 7. En dessous, il est acide, au-dessus, il est basique ou alcalin.

Pour mesurer le PH : un PH-mètre à électrode de verre préalablement étalonné à l'aide de solutions tampons de PH connu. La réaction de sol est déterminée sur une suspension aqueuse, dans laquelle le rapport pondéro-volumétrique eau/sol est de 1/ 2,5.

### I.1.3.3. Mesure de la capacité de rétention de l'eau

Le principe de la méthode utilisée pour mesurer la capacité de rétention maximale en eau du sol, consiste à peser une certaine quantité de sol avant et après passage à l'étuve (à 105°C).

Le pourcentage d'humidité est calculé comme suit :

$$W = \frac{\text{Poids de l'eau contenue dans l'échantillon du sol}}{\text{Poids du sol sec}} \times 100$$

**Le poids de l'eau :** (Poids du sol saturé d'eau + Poids du récipient) – (Poids du sol + Poids du récipient après séchage à 105°pendant 2H)

La connaissance de ce paramètre permet d'ajuster l'humidité du substrat pendant les essais de toxicité.

### I.1.3.4. Dosage du carbone organique

Le principe est basé sur l'oxydation à chaud du carbone de la matière organique en  $CO_2$  par un mélange de bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  (8%) et d'acide sulfurique concentré  $H_2SO_4$ , en présence de NaF et de diphénylamine. Le bichromate en excès est titré à froid par une solution réductrice de sels ferreux à 8% (sel de Mohr). Le taux de la matière organique est déduit en multipliant le pourcentage du carbone organique par un facteur de 1,72.

$$\%MO = \%C \times 1,72.$$

## I.2. Le choix des contaminants

Les études sur les pesticides utilisés dans l'activité agricole dans la wilaya de Bejaia sont rares et limités. Gagaoua et Ouali (2012) ont enquêté sur l'usage des pesticides dans le Bassin versant

de la Soummam, ils ont constaté que les fongicides sont les plus utilisés. Les pesticides utilisés dans notre étude sont choisis selon une enquête au niveau de la wilaya de Bejaia, cette enquête a été établie sur le terrain auprès des agriculteurs dans des communes connue comme des zones d'activité agricole intense (Amizour, El-kseur, Timezrit, Kherrata et Tazmalt) et d'autres communes dont l'activité agricole est modérée (Aoukas, Tichy, Boukhelifa, Bejaia, Toudja et Oued-ghir). L'enquête a également inclue les points de vente de produits agricoles dans les régions (Kherrata, S. El-tennine, Tichy, Bejaia, Amizour, El-kseur et Tazmalt).

Cette enquête a montré que le Dursban et le Manèbe sont les deux pesticides les plus utilisé dans l'activité agricole dans la wilaya de Bejaia.

### I.2.1. Le Manèbe

Est un fongicide de la famille des dithiocarbamate. Sa matière active, éthylène bis de manganèse a pour formule brute  $C_4H_6N_2S_4Mn$ . Sa solubilité dans l'eau est estimée à 6 mg/l et son point de fusion est approximativement 192 °C (Kidd et James, 1991). Il est utilisé pour lutter contre la rouille précoce et tardive (maladie cryptogamique causée par un champignon *Puccinia recondita* sur la pomme de terre *Solanum tuberosum*, la tomate *Solanum lycopersium* et beaucoup d'autres fruits et légumes). La dose d'emploi varie de 1 à 2,5 kg/hectare.

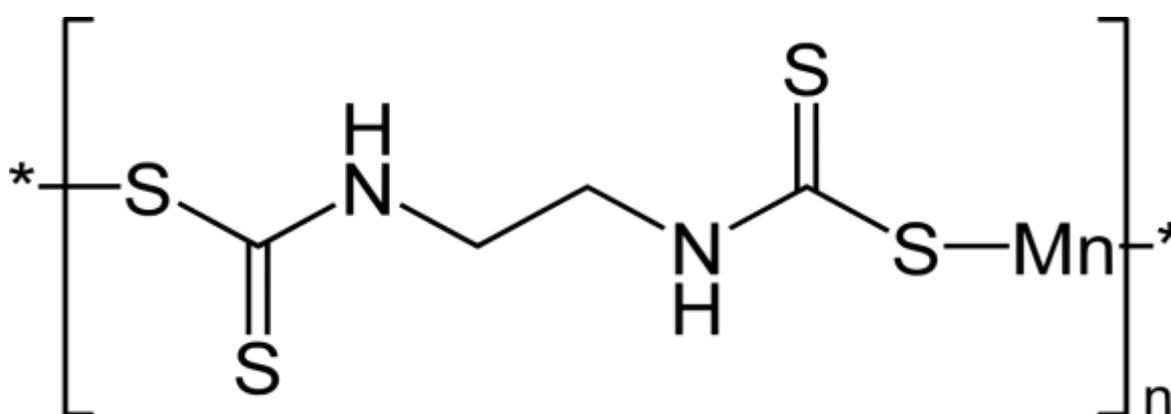


Figure 08 : Formule développée de l'éthylène bis de manganèse

Le Manèbe est facilement biodégradable en aérobie (INERIS, 2012). Le Manèbe se décompose lors d'une exposition prolongée à l'air ou à l'humidité par hydrolyse, oxydation, ou photolyse. Cette décomposition est plus rapide en milieu aéré et/ou acide (HSDB, 2003). Le Manèbe se décompose facilement dans l'eau par hydrolyse par conséquent il a une forte hydro solubilité. De plus, les solutions aqueuses du Manèbe absorbent la lumière UV dans le spectre entre 290 et 360 nm, ce qui signifie que ces solutions aqueuses de Manèbe sont susceptibles d'être dégradées directement par photolyse. La demi-vie du Manèbe est estimée entre 6 et 48 jours

### I.2.2. Le Dursban

Le Chlorpyrifos-Ethyl (Dursban), est un insecticide de la famille des Organophosphorés (composés dans lequel un atome de phosphore est lié à une molécule qui contient du carbone et de l'hydrogène). Sa matière active, 0,0-phosphorothioate diéthylique de 0- 3,5,6-trichloro-2-pyridyl, a pour formule brute  $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$  (ACTA, 2004). Sa solubilité dans l'eau est faible et estimée à 2 mg/l et son point de fusion est compris entre 41 et 44 °C (Kidd et James, 1991). Il est utilisé pour lutter contre les moustiques, les cafards, les puces et les poux. Il est aussi efficace comme insecticide contre les ravageurs des fruits et des légumes. Il agit sur les parasites comme un poison de contact avec une certaine action nocive sur leur système digestif. La dose d'emploi est de 150 ml pour 100 litres d'eau.

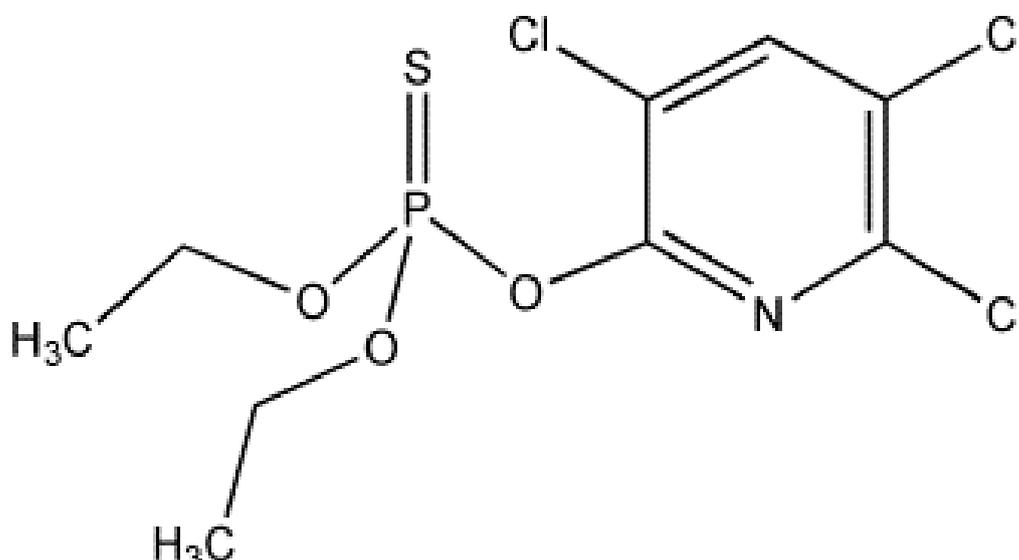


Figure 09 : Formule développée du Chlorpyrifos-Ethyl (ACTA, 2004)

Le Chlorpyrifos-Ethyl se dégrade lentement dans les sols (conditions anaérobiques et/ou aérobiques). Son temps de demi-vie dans le sol est d'environ 35 jours (Gouzy et *al.*, 2005).

A cause de sa faible hydro-solubilité et de sa forte capacité d'adsorption particulaire, la contamination des eaux superficielles par cette substance, n'est possible que par phénomène d'érosion (EPA, 2000). De plus, ce produit n'est pas entraîné par lessivage dans le sol. Il est donc peu probable qu'il contamine les eaux souterraines (EDIALUX, 2002).

### I.3. Choix du model biologique

Afin d'évaluer la toxicité de ces deux pesticides sur la faune du sol, nous avons utilisé un modèle biologique faisant partie des Lombricidae, les vers de terre qui sont considérés comme des bio indicateurs de la pollution des sols. Les prélèvements des vers de terre sont faits à partir

de deux stations, la première station est un champ de pâturage au niveau de la ville de Béjaïa, la deuxième station est un champ de pâturage d'ovins au niveau de l'INRAA d'Oued-ghir.

### **I.3.1. Présentation de la station d'échantillonnage des vers de terre - Bejaia ville -**

Il s'agit d'un champ de pâturage qui est non labouré et non cultivé, situé à l'entrée de la ville de Bejaia, bordé à l'est par la zone industriel, à l'ouest par la gare routière de la ville de Bejaia (Fig. 10). Cet endroit a été choisi à cause de l'abondance en fumier de bovin, de couvert végétal et de débris de végétaux, ce qui rend l'endroit un milieu favorable à la prolifération des Lumbricidae.



**Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage des vers de terre-Bejaia ville-**

### **I.3.2. Présentation de la station d'échantillonnage des vers de terre - INRAA d'Oued ghir-**

Le Centre de Recherche en Agriculture de montagne d'Oued Ghir -Wilaya de Bejaia- est situé sur la Route nationale n°12 à 10 Km au sud-ouest du Chef-lieu de la Wilaya (Fig. 11). Il est issu du redéploiement du centre de formation et la vulgarisation agricole par le décret exécutif n ° 179.89 le 24/05/1998 sous tutelle du Ministère de l'agriculture. Il a été officiellement créé par l'arrêté Interministériel du 30/06/1999 et sa prise en charge effective s'est effectuée en Novembre de la même

année. Il s'étend sur une assiette foncière de 22.50 ha de surface totale, dont 15,50 ha de S.A.U, 15,50 ha de terres incultes et 1,50 ha de surface bâtie.

Le Centre de Recherche de Bejaïa a pour objectif d'effectuer les activités de Recherche ayant trait à l'Agriculture montagnarde. En d'autres termes, il s'agit d'étudier le meilleur moyen de valoriser au maximum les potentialités de la région par :

- La définition d'un système de production répondant aux aspirations socio-économiques des agriculteurs et spécifique à la zone considérée.
- L'identification, caractérisation et évaluation sur le plan Agronomique, botanique, pathologique, technologique des ressources phyto-génétiques locales.
- La connaissance et caractérisation du milieu physique pour un choix d'un programme de développement judicieux.
- L'introduction des techniques culturales les plus performantes (Irrigation, fertilisation, traitement...).
- Le développement de tout type d'élevage et de procéder à l'amélioration de l'existant.



**Figure 11: Localisation de la station d'échantillonnage des vers de terre - l'INRAA d'Oued ghir**

### **I.3.3. Méthode d'échantillonnage des vers de terre**

Pour extraire les vers de terre, de nombreuses méthodes ont été mises au point : les méthodes physiques, qui se basent sur l'estimation de la faune dans un volume de sol, et les méthodes éthologiques qui sont basées sur le comportement des animaux.

Dans ce travail, c'est la méthode physique qui est utilisée pour extraire les vers de terre

On creuse le sol à l'aide d'une pioche à une profondeur d'environ 30 cm dans le sol (Fig. 12). Ensuite, nous procédons à la recherche des vers de terre qui se fait par un tri manuel (Bretscher, 1896), en séparant la matrice du sol des organismes biologiques après avoir extrait un volume de sol donné. Cette méthode est utilisée par de nombreux chercheurs (Zicsi, 1962 ; Bouché 1969 ; Lavelle, 1978 ; Guénola, 2003).

Les prélèvements des vers de terre ont été réalisés pendant une durée de six mois (de Novembre 2013 jusqu'au Avril 2014). Cette période est la plus favorable pour l'échantillonnage de la macrofaune des sols dans la région (température et humidité favorables).

Après chaque opération d'échantillonnage, les vers de terre récoltés sont placés dans une boîte de polyéthylène (Fig. 12), puis transportés de la station d'échantillonnage vers le laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Ecophysiologie Animale.

Les vers sont acclimatés aux conditions de laboratoire pendant aux moins sept jours avant d'être utilisé dans les bio essais.

Pour nourrir les vers de terre avant et pendant les essais de toxicité, on leur a fourni de la nourriture constituée de fumier de bovin et de compost



a : Zone d'échantillonnage Bejaia,                      b : Zone d'échantillonnage INRAA d'Oued-ghir  
c : Echantillonnage par méthode physique,      d : Ensemble de vers échantillonnés.

### **Figure 12 : Lieux et méthode d'échantillonnage des vers de terre**

#### **I.3.4. Méthodes d'identification des vers de terre**

Cette démarche consiste à identifier les spécimens des vers de terre récoltés sur le terrain, l'identification est faite par trois étapes

##### **I.3.4.1. Identification par les clés de détermination**

Pour réaliser l'identification nous nous sommes référés des travaux d'identification de (Bouché, 1972 ; Baker et Barrett, 1994 ; Sims et Gerard, 1999). L'identification est faite à partir des spécimens adultes en déterminant le nombre de segments, et en procédant à l'examen détaillé des organes génitaux et d'autres caractéristiques anatomiques que nous décrivons.

**a) La taille**

La longueur et la largeur d'un ver de terre peut être mesurée en utilisant une règle millimétrée. Pour déterminer les deux paramètres, on place un ver de terre sur une surface plate, le laisser s'étirer comme s'il allait ramper, puis on mesure la distance maximale que le ver de terre couvre quand il est complètement étiré.

**b) La forme du corps**

La forme est généralement cylindrique, mais l'existence d'aplatissement au niveau du clitellum et/ou la queue est important pour la détermination (Fig.13). Par exemple si deux vers se ressemblent et l'un des deux possède un aplatissement caudal et/ou clitellien et l'autre non, ils sont donc des espèces différentes.

**C) Coloration et pigmentation**

La couleur d'un ver est déterminée en regardant le côté dorsal du ver, car le côté ventral est souvent pâle chez plusieurs espèces. Il est important de faire attention à la couleur entre la tête et le clitellum, là où la majorité de la pigmentation se retrouve. La plupart des vers sont d'une couleur uniforme, mais certains vers sont rayés avec des zones inter segmentaires plus ou moins pâles.

**d) Forme et position du clitellum**

On peut différencier les espèces selon la mesure du nombre de segment entre le premier segment et le début du clitellum, le nombre des segments que le clitellum occupe et aussi selon la forme du clitellum (forme de selle ou forme annulaire) (Fig. 13). Autrement dit, il n'existe pas d'individus de la même espèce avec un nombre de segments (entre la tête et le clitellum) différent ou bien avec une forme de clitellum différente.

**e) Les soies**

Les vers de terre sont des oligochètes, ils possèdent généralement quatre paires de soies dans chaque segment. La position et la distance entre les paires de soies permet de séparer les espèces. Quatre types d'arrangement des soies sont distingués (Fig. 13)

- Soies géminées : Huit soies par segment; les soies deux à deux, mais sont assez espacées.
- Soies étroitement géminées : Huit soies par segment, disposées par paires; cet arrangement est le plus commun.
- Soies non géminées : Huit soies par segment; les soies sont irrégulièrement espacées.
- Plusieurs soies : Les vers de terre dont le nombre de soies est différent de huit

### f) *Le prostomium*

C'est la partie la plus antérieure des annélides, située immédiatement en avant de la bouche (premier segment), sa position et la partie dans laquelle il entre en contact avec le premier segment permet de séparer les spécimens des vers de terre. On distingue quatre types de prostomium (Fig. 13)

- Prostomium Tanylobique : Rainures définissant les limites de prostomium remontent juste en face le premier segment
- Prostomium Prolobique: Le prostomium apparaît comme un petit lobe, délimité par une rainure transversale du premier segment
- Prostomium Epilobique : Les rainures remontent à segmenter le premier segment, mais pas pour son bord postérieur. Le prostomium peut être délimité par une rainure transversale à l'extrémité des rainures longitudinales (epilobus fermé) ou il ne peut pas y avoir de rainure transversale (epilobus ouvert).
- Prostomium Zyglobique: Absence de rainures, d'une vue dorsale, on ne peut pas distinguer le premier segment du prostomium, ils paraissent comme fusionnés.

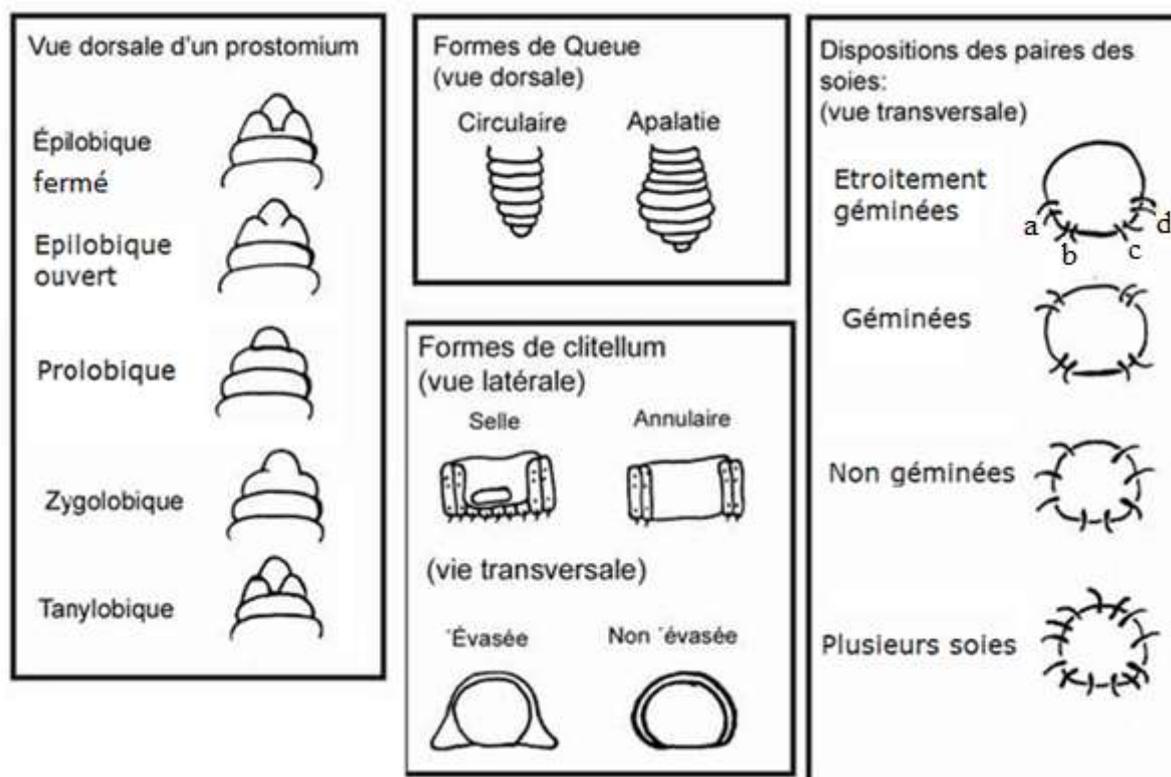


Figure 13 : Recueil bibliographique des critères de détermination des espèces de Lombricidae (Bouché, 1972 ; Gates 1972 ; Baker et Barrett, 1994 ; Sims et Gerard , 1999)

**I.3.4.2. Identification par envoi des photos**

Pour assurer une meilleure détermination, nous avons pris contact avec des spécialistes des Lombricidae. Des vers de terre adultes avec un clitellum bien développé sont lavés à l'eau distillée, puis photographiés en différentes parties du corps notamment le clitellum, les pores males et la partie dorsale (Fig. 14).

Les photos sont ensuite envoyées par courrier électronique à des spécialistes. L'identification des espèces est faite par :

Pr. Csuzdi Csaba : laboratoire de zoologie et systématique en Hongrie.

Pr. Tomas Pavlíček: Institut de l'Evolution Université de Haïfa. Israël.

Il faut signaler que pendant la détermination des Lombriciens récoltés sur le terrain, nous avons tenu à garder les vers de terre en vie et de leur offrir toutes conditions favorables pour leurs développement

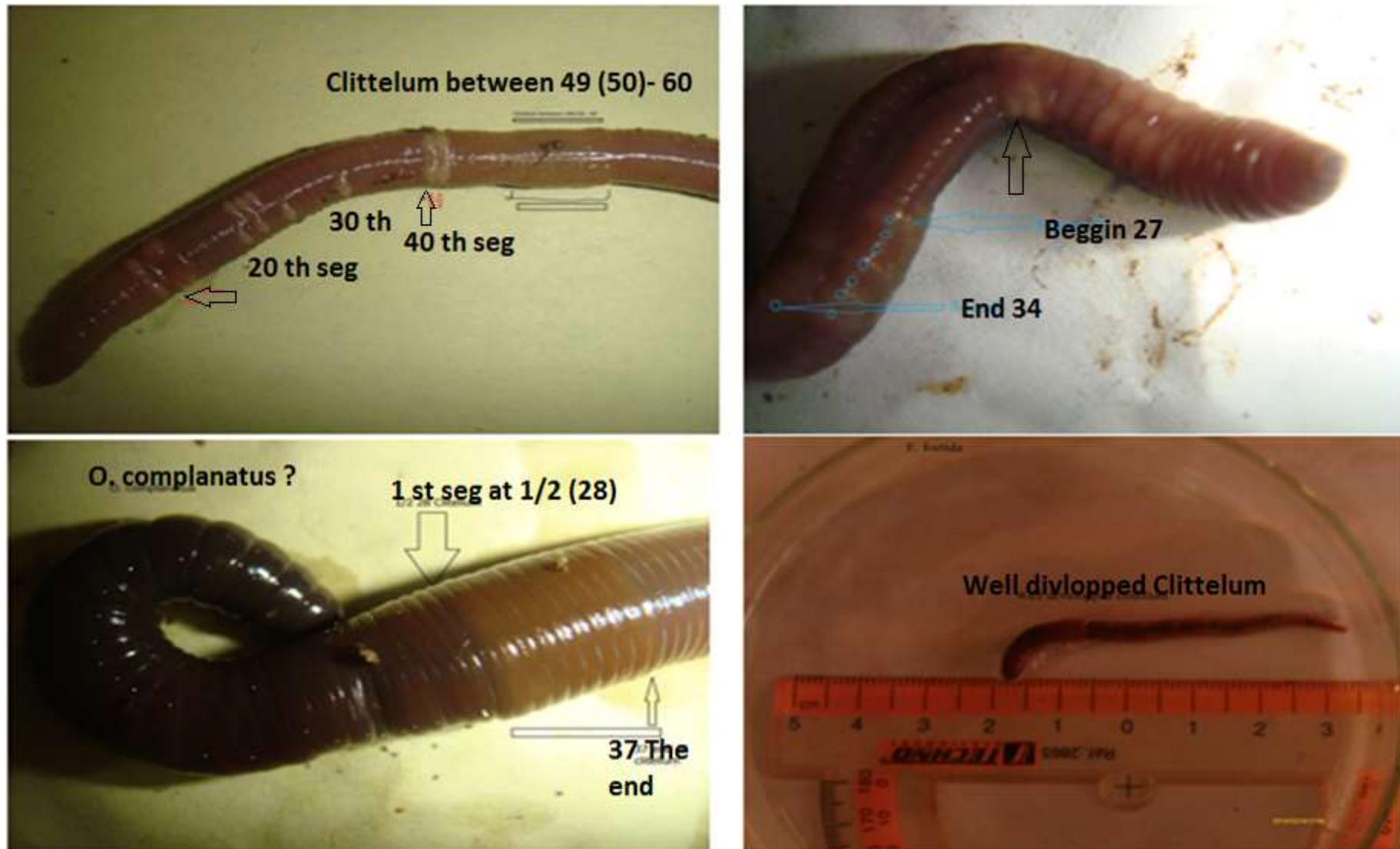


Figure 14 : Principales informations accompagnant les échantillons envoyés pour l'identification.

### **I.3.4.3. Identification et confirmation des Lombricidae par spécialiste**

Afin d'optimiser et de confirmer les résultats de la détermination obtenus, les vers de terre vivants avec un clitellum bien développé ont été mis dans un récipient (une boîte en plastique) contenant le sol dans lequel ils ont été cultivés, puis ils sont transportés du Laboratoire de Zoologie appliquée et d'Ecophysiologie Animale, université de Bejaia vers le Laboratoire de Recherche de Biologie et Physiologie Animale, Ecole Normale Supérieure de Kouba (ENS) pour les identifier. La détermination des spécimens des vers de terre a été faite par : Pr. Baha Sekhara Mounia (ENS).

Une fois déterminés, les vers de terre sont regroupés par espèce, chaque groupe d'individus de la même espèce est placé dans un récipient (boîte en plastique) contenant le sol et la nourriture. Le nombre de vers des espèces qui sont destinés aux essais sont gardés au laboratoire, par contre le reste est remis dans le milieu naturel afin qu'ils puissent exercer leur bienfaits au sol.

### **I.3.5. Mesure de l'abondance des vers de terre**

Durant la période d'échantillonnage des vers de terre, les vers récoltés sont regroupés et triés selon les critères de ressemblance. L'abondance a été déterminée par un dénombrement des individus dans chaque station. Pour définir la variation d'abondance des échantillons, nous avons fait un inventaire des espèces présentes dans les deux stations d'échantillonnage.

## **II. Essais de toxicité**

Les vers destinés à être utilisés dans les essais sont gardés au laboratoire pendant au moins sept jours, période permettant l'acclimatation et l'adaptation au sol, dans des conditions d'alimentation, de température et d'éclairage identiques à celle de l'essai.

Avant le début de chaque test, les vers de terre sont immergés à moitié dans l'eau pendant 24 heures, pour que leurs tubes digestifs soient vidés (Panda et Sahu, 1999).

Pour éviter tout contact direct avec les vers de terre, les pesticides sont appliqués environ 30 minutes après la mise des vers de terre dans les boîtes, le temps nécessaire pour que les vers de terre creusent et filent vers la profondeur de la boîte. Et par conséquent tout vers de terre restant à la surface doit être remplacé.

Chaque essai de toxicité doit comprendre un sol témoin négatif comme variante expérimentale. C'est un sol essentiellement exempt de tout contaminant susceptible de nuire aux vers de terre pendant l'essai. Son emploi permet de mesurer l'acceptabilité de l'essai, de révéler l'état de santé et les performances des organismes en expérience, de s'assurer du caractère convenable

des conditions expérimentales et des modes opératoires et il sert de base à l'interprétation des données obtenues des autres concentrations.

Au cours de ce travail deux tests sont effectués, le test de toxicité aigüe et le test de toxicité chronique.

## **II.1. Test de toxicité aigüe**

Il s'agit d'un essai de toxicité du sol d'une durée de 28 jours, dans lequel l'effet biologique mesuré est le nombre de vers vivants dans chaque enceinte expérimentale après des durées de 7, 14, 21 et 28 jours

Le but de ce test est de déterminer la DL50 et l'impact des de chaque pesticide à des différentes concentrations sur la survie des vers de terre.

Les vers sont considérés comme mort s'ils ne répondent pas au stimulus mécanique.

Nous avons choisi l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* comme model biologique pour ce test, la raison de ce choix est sa grande abondance sur le terrain lors de l'échantillonnage établi.

### **II.1.1. Préparation des concentrations des pesticides**

Au cours de ces bios essais, les concentrations des deux pesticides (Dursban et Manèbe) sont utilisées en mg de matière active par kg de sol (OECD 1984 ; ISO 2008).

#### **II.1.1.1. Préparation des concentrations Dursban**

Le Dursban est utilisé en culture à une dose d'emploi de 150 ml pour 100 litres d'eau, sachant que la masse de la matière active de ce pesticide est 480g de Chlorpyriphos –éthyl sur un litre de produit, ce qui correspond à 720mg de matière active par litre d'eau lors de l'application sur le terrain, donc pour assurer une bonne imitation de ce qui se passe sur le terrain les concentrations utilisées dans ces essais doivent être inférieures ou égale à celle du terrain (720 mg/kg). En effet, les concentrations testées sont de l'ordre 0, 45, 90, 360 et 720 mg de matière active (Chlorpyriphos –éthyl) par kg de sol.

#### **II.1.1.2. Préparation des concentrations Manèbe**

Le Manèbe est un fongicide, sa dose d'emploi est de 1kg par 1000 litres d'eau, avec une densité matière active de 80% de masse du produit, ce qui correspond à 800 mg de matière active par litre d'eau. Les concentrations testées pour ce fongicide sont donc 0, 50, 100, 400 et 800 mg de Ethylène bis de manganèse par kg de sol.

### II.1.2. Contamination des vers de terre

Chaque pesticide est appliqué avec cinq concentrations d'ordre croissant, et chaque concentration est répartie sur une boîte de polyéthylène à couvercle perforé pour permettre l'aération, contenant 1 kg de sol mouillé jusqu'à 60 % de sa CRE (capacité de rétention en eau) (Alexander et *al.*, 2012). Dix individus matures en bonne santé, avec un clitellum bien développé, et de taille et poids semblable sont mis dans chaque boîte.

Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons fait quatre répétitions pour chaque concentration (Fig. 15).

Par conséquent, pour chaque pesticide 200 vers de terre de l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* sont utilisés. Donc pour les deux pesticides, le nombre total des vers de terre utilisés dans le test de toxicité aigu est de 400.



Figure 15: Présentation de l'enceinte des biotests

### II.2. Test de toxicité chronique

C'est un test sur la reproduction, dont le but est de mesurer les effets d'une exposition prolongée des vers de terre à un sol contaminé sur leur survie et le succès de leur reproduction ainsi que sur la croissance subséquente de leur progéniture. Il s'agit d'un essai de toxicité sur un sol entier, qui n'est pas renouvelé pendant toute la durée de l'essai (56 jours).

Les vers de terre utilisés dans ce test appartiennent à l'espèce *Eisenia foetida*. Et pour fournir le nombre d'individu nécessaire pour le test, nous avons procédé à une lombriculture des individus de l'espèce *Eisenia foetida* pendant deux générations.

### **II.2.1. Préparation des concentrations des pesticides**

Afin d'éviter la mortalité des vers de terre, les doses choisies dans ce test sont inférieures ou égales à celles utilisées dans le test de toxicité aiguë. Les concentrations appliquées pour le Dursban sont 0 ; 2 ; 4 ; 8 et 16 mg de matière active par kg de sol.

Pour le Manèbe les concentrations qu'on a utilisé sont 0 ; 6.25 ; 12.5 ; 25 et 50 mg de matière active par kg de sol

### **II.2.2. Contamination des vers de terre**

La même démarche du test de toxicité aigu a été suivie, sauf que les vers de terre utilisés dans cette expérience appartiennent à l'espèce *Eisenia foetida*, et la quantité du sol utilisé est de 500g pour chaque boîte OECD (1984) ; ISO (1998). La raison de choisir l'espèce *Eisenia foetida* pour ce test est la capacité et la vitesse élevée de reproduction de cette espèce (Tomlin, 1981). Donc le nombre de vers de terre de l'espèce *Eisenia foetida* utilisé pour le test de toxicité chronique est de 400 vers

## **III. Méthodes d'exploitation des résultats obtenus**

Dans le but d'analyser objectivement les résultats obtenus de cette étude, nous avons procédé par une analyse descriptive, se basant sur l'interaction graphique afin de déterminer l'ampleur de la mortalité des individus en fonction des semaines et des concentrations utilisées. Ce qui est des déductions relatives à la significativité des différences, nous avons utilisé l'analyse de variance à un critère de signification ANOVA et pour plus de détail nous avons procédé par une comparaison post-hoc (comparaison planifiée) en utilisant le logiciel A5.5 (1999).

---

# Chapitre III

## Résultats

## I. Caractéristiques physico-chimique du sol

Les analyses physico chimique effectués sur le sol utilisé dans les essais de toxicité sont les suivantes : Granulométrie, Capacité de rétention en eau, pH et le carbone organique.

### I.1. Analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique du sol de la station CAM de Baccaro, nous ont permis de déterminer les différentes proportions de chacun des constituants du sol (Tab. 03)

**Tableau 03 : Résultats de l'analyse granulométrique du sol de la station CAM de Baccaro**

Paramètre	Valeur
Argile	8.2 %
Sable	79,4 %
Limon	12.4 %
Texture	Sableux limoneuse

Les résultats du tableau révèlent une texture sableux- limoneuse avec un taux de sable supérieur à 75%.

### I.2. Analyses Physico-chimiques

Les résultats des analyses physico- chimiques du sol utilisé dans les essais de toxicité sont représentés dans le tableau 04.

**Tableau 04 : Résultats des analyses physico- chimique du sol de la station CAM de Baccaro.**

Paramètre	Valeur
Capacité de rétention en eau (% de masse)	29 %
PH eau	7,94
Carbone organique	3 %

Connaitre la capacité de rétention en eau du sol est nécessaire pour ajuster l'humidité du sol pendant les essais de toxicité (OECD 1984, 2004).

## II. Diversité et abondance des vers de terre

### II.1. Identification de la diversité des vers de terre

La consultation bibliographique des clés de détermination et la recherche dans la systématique des Lumbricidae nous a permis de recueillir les principales caractéristiques pouvant servir à l'identification des espèces échantillonnées sur le terrain.

Après la démarche de détermination soit au laboratoire, soit par les spécialistes, l'étude taxonomique des populations de vers de terre dans les deux stations d'échantillonnage nous a révélé l'existence de cinq espèces appartenant à la classe des Oligochaeta, famille des Lumbricidae, dont l'une de ces espèces comporte deux sous espèces.

Les espèces échantillonnées sont présentées dans la hiérarchie suivante :

Famille : Lumbricidae: (CLAUS, 1880)

Genre : *Allolobophora* (Eisen, 1874)

Espèce : *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826)

: *Allolobophora moebii* (Rosa, 1894)

Genre : *Aporrectodea* (Orley, 1885)

Espèce : *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)

Sous-espèce : *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (Savigny, 1826)

: *Aporrectodea caliginosa trapésoides* (Dugès, 1828)

Genre : *Eisenia* (Michaelsen, 1900)

Espèce : *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

Genre : *Octodrilus* (Omodeo, 1956)

Espèce : *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828)

Les caractéristiques anatomiques et les principales clefs de détermination des espèces de vers de terre récoltés sont représentées dans le tableau 05 a et b

**Tableau 05 a : Clé d'identification des espèces de vers de terre échantillonnées**

Espèces Caractères	<i>Allolobophora rosea</i> (Savigny, 1826)	<i>Allolobophora</i> <i>moebii</i> (Rosa, 1894)	<i>Aporrectodea</i> <i>caliginosa caliginosa</i> (Savigny, 1826)
Longueur (mm)	25-86	150- 175 mm	36 - 168
Largeur (mm)	2-3	3-5	2.8 – 5
Nombre de segments	83-158	195-214	76 - 150
Forme	Cylindrique avec aplatissement clitellien avec queue apparemment tronquée	Cylindrique	Cylindrique aplatie au niveau caudal
Pigmentation	couleur rosâtre, clitellum jaune orangé	verte au niveau de la partie dorsale	brune
Prostomium	Epilobique 1/3(1/2), fermé	épilobique 1/3	Epilobique 1/2ouvert dans certains individus 1/3 fermé
Soies	Etroitement géminées	Etroitement géminées	Géminées, les soies ab sont écartées des soies cd
Clitellum	(24)25-32(33)	(52)53-61	(26) 27 - (32) 34
Forme du clitellum	Forme de selle, en relief parfois segmenté dorsalement	Forme de selle avec bande clitellaire en 56-61	Forme de selle à parois lisse
Pores males	Ponctiformes en 15 avec atrium d'extension horizontal peu développé en 14-16	Se localisent au niveau du segment 16	Petits en 15avec un atrium peu développé

**Tableau 05 b : Clé d'identification des espèces de vers de terre échantillonnées**

Espèces Caractères	<i>Aporrectodea caliginosa</i> <i>trapésoides</i> (Dugès, 1828)	<i>Eisenia foetida</i> (Savigny, 1826)	<i>Octodrilus</i> <i>complanatus</i> (Dugès, 1828)
Longueur (mm)	80- 137	26-130	70-198
Largeur (mm)	3-5	2-4	5-13
Nombre de segments	130-169	60-120	122-189
Forme	Cylindrique, queue plate ou trapézoïdale	Cylindrique avec aplatissement caudale léger	Cylindrique avec aplatissement clitellien et caudal
Pigmentation	Couleur variable de gris ardoise à rose	Rouge violacé, avec des zones inter segmentaires plus pâles	Brune a grise foncée parfois brun rougeâtre
Prostomium	Epilobique	Epilobic, 1/2 ferme	Epilobique 1/3 ferme
Soies	Etroitement géminées	Etroitement géminées	Non géminées
Clitellum	(26)27– (34)35	26-32	1/2 28-37
Forme du clitellum	Forme de selle	Forme de selle, assez développé	Forme de selle, n'est pas segmente dorsalement
Pores males	situés en 15, de grandes fentes	Situés 15, entourée d'un croissant glandulaire	Petits en 15, atrioms males absents

Les résultats relatifs à la diversité des vers de terre dans chacune des stations d'échantillonnages sont regroupés dans le Tableau 06.

**Tableau 06 : Répartition de la diversité des vers de terre selon les stations**

Station Espèce	Bejaia	INRAA d'Oued-Ghir
<i>Aporrectodea caliginosa caliginosa</i>	+	+
<i>Aporrectodea caliginosa trapezoides</i>	+	+
<i>Allolobophora moebii</i>	+	+
<i>Allolobophora rosea</i>	+	+
<i>Octodrilus complanatus</i>	+	0
<i>Eisenia foetida</i>	+	0

+ : signifie que l'espèce est présente dans la station, 0 : signifie l'absence de l'espèce

Les espèces *Allolobophora moebii*, *Allolobophora rosea* et *Aporrectodea caliginosa* comprenant les deux sous espèces *Aporrectodea caliginosa caliginosa* et *Aporrectodea caliginosa trapezoides* sont répertoriées dans les deux stations d'échantillonnage. Tandis que les espèces *Octodrilus complanatus* et *Eisenia foetida* sont retrouvées uniquement dans la station Bejaia.

## II.2. Abondance des vers de terre

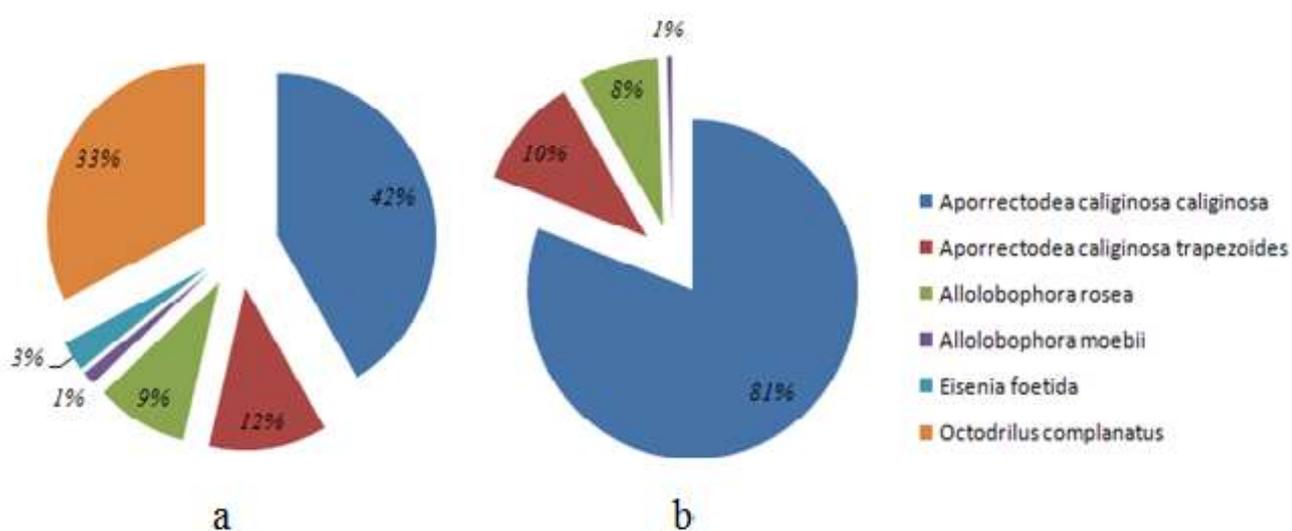
Dans notre étude, l'échantillonnage établi a révélé que la sous espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* est la plus dominante en terme de nombre d'individus dans les deux stations d'échantillonnage. Les résultats sont détaillés dans le tableau 07 et la figure 16 qui montrent les proportions et les nombre de vers de terre récoltés par espèce dans chacune des deux stations d'étude.

**Tableau 07 : Effectifs et fréquences des espèces de vers de terre recensées dans les deux stations**

Station Espèce	Bejaia		INRAA d'Oued- Ghir		Total
	n	Fc	n	Fc	
<i>Aporrectodea caliginosa caliginosa</i>	124	42%	316	81%	440
<i>Aporrectodea caliginosa trapésoides</i>	36	12%	42	10%	78
<i>Allolobophora rosea</i>	28	9%	31	8%	59
<i>Allolobophora moebii</i>	4	1%	2	1%	6
<i>Eisenia foetida</i>	9	3%	0	-	9
<i>Octodrilus complanatus</i>	97	33%	0	-	97
Total	298		391		689

n : nombre d'individus, Fc : fréquence centésimale.

Lors de notre investigation sur le terrain nous avons récolté 689 individus adultes de Lombricidae avec toutes les espèces confondus. La majorité des individus sont prélevés dans la station INRAA de Oued-ghir (391 individus), le nombre des vers adultes prélevés au niveau de la station Bejaia est de 298 individus. L'espèce la plus abondante est *Aporrectodea caliginosa caliginosa* avec un total de 440 individus, par contre l'espèce ayant une abondance minimale est *Allolobophora moebii* avec uniquement six individus.



a : Station Bejaia, b : Station INRAA Oued Ghir

**Figure 16: Abondance des espèces des vers échantillonnés dans les stations d'étude**

Il est clair que l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* est la plus abondante ayant une fréquence de 42% dans la station Bejaia et de 81% dans la station Oued ghir. L'espèce la moins fréquente est *Allolobophora moebii* ayant une fréquence de 1% dans chacune des deux stations (Figure 16).

### III. Essais de toxicité des pesticides sur les Lombricidae

#### III.1. Test de toxicité aigüe sur l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa*.

Après quatre semaines d'exposition des vers de terre de l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* aux différentes concentrations des deux pesticides, la survie des vers exposés est déterminée en dénombrant les individus survivants

##### III.1.1. Effet du Manèbe (l'éthylène bis de manganèse)

Les taux de survie des vers de terre en fonction des concentrations de l'éthylène bis de manganèse (Manèbe) après quatre semaines d'exposition sont présentés dans le tableau 08.

**Tableau 08: Effet du Manèbe sur la survie des vers de terre *Aporrectodea caliginosa caliginosa***

Temps d'exposition Concentrations Mg/kg	t=0		1 Semaine		2 semaines		3 semaines		4 semaines	
	n	Fc	N	Fc	n	Fc	n	Fc	n	Fc
Témoin	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%
50	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%
100	40	100%	40	100%	39	97.5%	39	97.5%	36	90%
400	40	100%	40	100%	39	97.5%	38	95%	34	85%
800	40	100%	39	97.5%	37	92.5%	36	90%	33	82.5%

n : nombre d'individus vivant, Fc : fréquence centésimale des vers de terre survivants

##### Après une semaine du traitement.

On a enregistré la mort d'un seul individu à la concentration la plus forte 800 mg/kg. Alors que aucun vers n'est mort aux autres concentrations.

##### Après deux semaines.

Aucune mortalité n'est enregistrée à 0 et à 50 mg/kg. Seulement un seul vers mort est observé à 100 et à 400 Mg/kg. A la concentration la plus forte 800 mg/kg, on note 37 individus vivants soit 92.5% de survie.

Après trois semaines.

Aucune mortalité n'est observée à la concentration 0 et 50 mg/kg. Le nombre de vers vivants n'a pas changé à la concentration 100mg/kg. On note 38 vers vivants à la dose 400 mg/kg soit 95% des vers. Pour la dose la plus forte 800 mg/kg, 36 individus vivants sont enregistrés (90% d'individus).

Après un mois

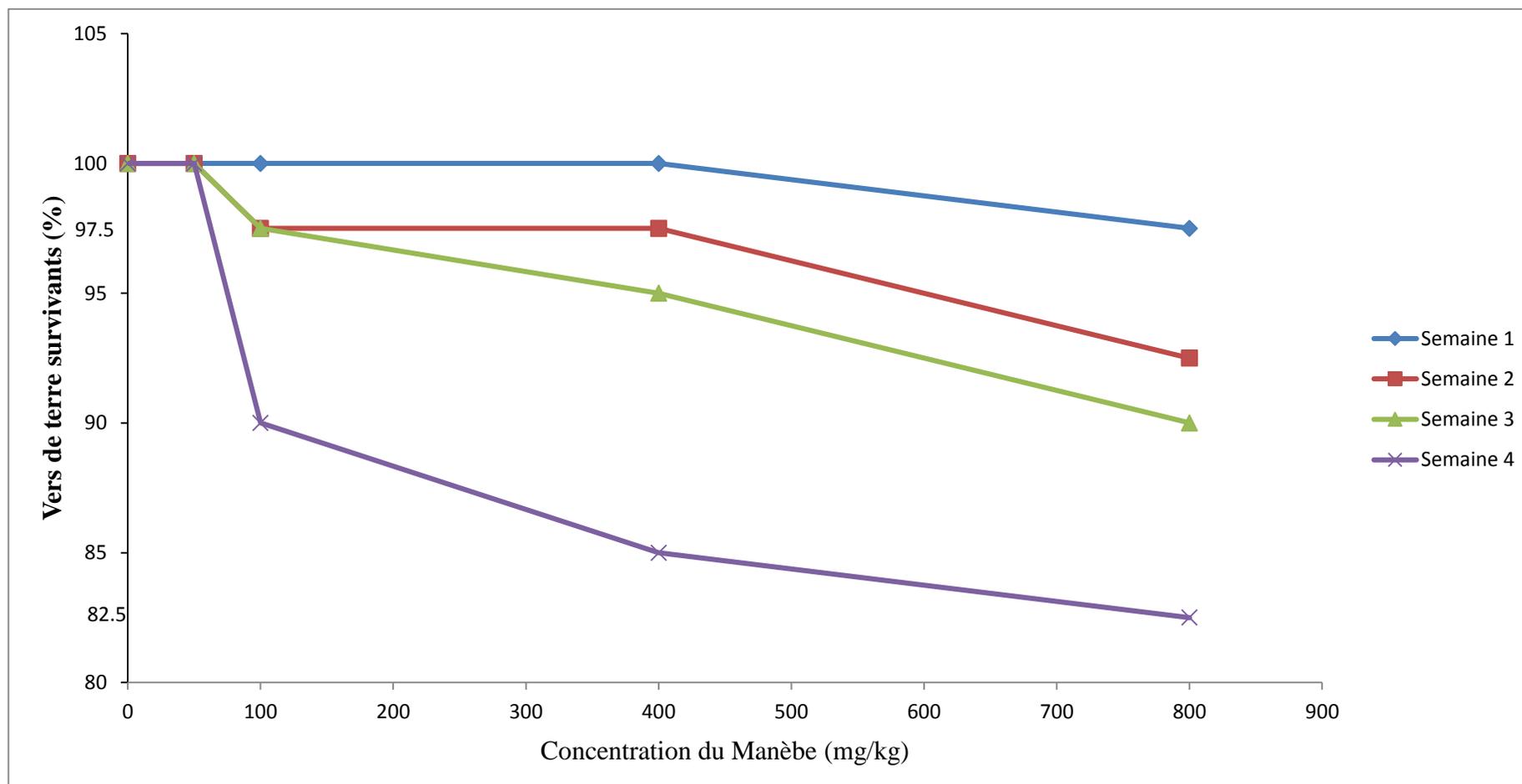
La mortalité la plus importante observée est de 17.5% à la dose 800 mg/kg, soit 82.5% de vers vivant, alors qu'aucune mortalité n'a été enregistrée au témoin et à la dose minimale 50 mg/kg. A la concentration 100 mg/kg, on note 36 vers vivants soit 90%, et pour la dose supérieure à la précédente, 400mg/kg nous avons observé 34 vers vivants.

Les pourcentages des vers survivants sont présentés dans le graphe d'interaction (Fig.17).

**III.1.1.1. Détermination de la DL<sub>50</sub> Manèbe (Ethylène bis de manganèse)**

Après quatre semaines d'exposition des vers aux différentes concentrations, la mortalité de la plus haute dose (800 mg/kg) n'a pas dépassé 17.5%, soit sept individus mort sur quarante. En effet les résultats obtenus à travers ce test montrent que ce fongicide n'est pas très toxique.

La détermination de la DL<sub>50</sub> n'est pas possible dans un essai de toxicité dans le cas où on n'a pas obtenu une mortalité supérieure ou égale la 50%.



**Figure 17: Pourcentages des vers survivants en fonction des concentrations du Manèbe pendant les quatre semaines d'exposition**

### III.1.1.2. Analyse des données relatives au test de toxicité aigüe du Manèbe

Le graphe d'interaction montre une régression de la survie des animaux durant les quatre semaines, mais cela s'accroît surtout durant la 4<sup>ème</sup> semaine et pour les concentrations 100, 400 et 800 mg/kg.

En utilisant le test LSD par la comparaison post-hoc, il a été mis en évidence globalement une différence significative au seuil de l'erreur 5% entre le témoin et les concentrations 50, 100, 400 et 800 mg/kg durant les quatre semaines (Tab. 09).

Entre autre, une différence importante a été signalée durant la 2<sup>ème</sup> semaine entre la concentration 800 mg/kg et celle de 50 mg/kg ainsi que le témoin, et durant la 3<sup>ème</sup> semaine entre toujours la concentration 800 mg/kg et celles de 50 et 100 mg/kg. Cela est expliqué par le fait que le taux de mortalité était assez important à ce maximum de concentration par rapport à d'autres.

**Tableau 09: Comparaison post-hoc par le test LSD pour le test de toxicité aigu du Manèbe**

Test LSD; Variable: S1 (Manèbe.sta)					
	0	50	100	400	800
0		1.0000	1.0000	1.0000	0.1347
50	1.0000		1.0000	1.0000	0.1347
100	1.0000	1.0000		1.0000	0.1347
400	1.0000	1.0000	1.0000		0.1347
800	0.1347	0.1347	0.1347	0.1347	

Test LSD; Variable: S2 (Manèbe.sta)					
	0	50	100	400	800
0		1.0000	0.3757	0.3757	<b>0.0152</b>
50	1.0000		0.3757	0.3757	<b>0.0152</b>
100	0.3757	0.3757		1.0000	0.0879
400	0.3757	0.3757	1.0000		0.0879
800	<b>0.0152</b>	<b>0.0152</b>	0.0879	0.0879	

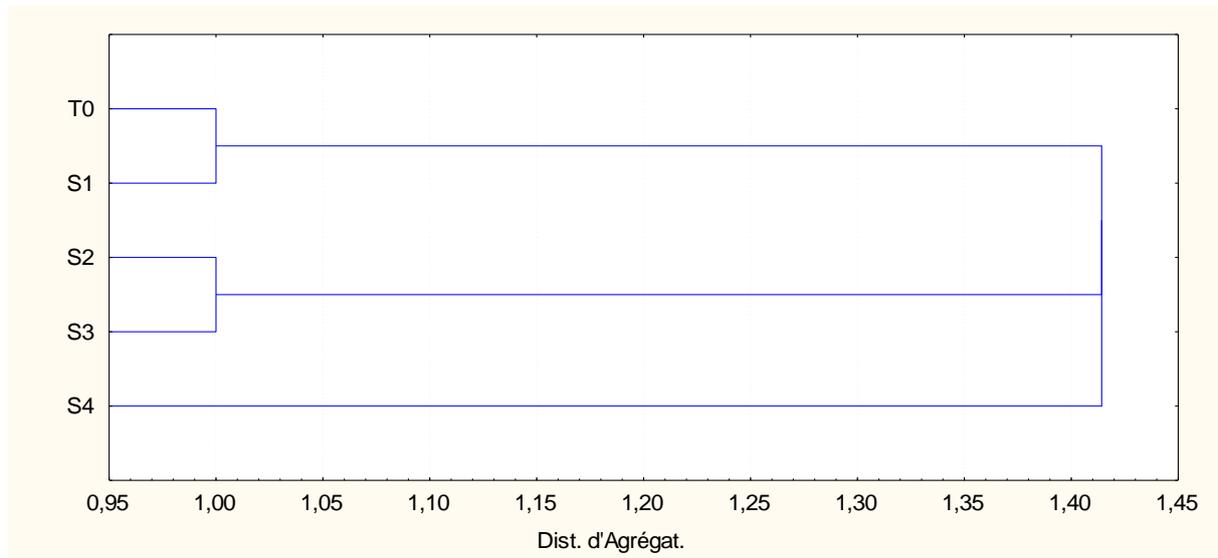
Test LSD; Variable: S3 (Manèbe.sta)					
	0	50	100	400	800
0		0.1194	0.4219	1.0000	0.1194
50	0.1194		0.4219	0.1194	<b>0.0048</b>
100	0.4219	0.4219		0.4219	<b>0.0256</b>
400	1.0000	0.1194	0.4219		0.1194
800	0.1194	<b>0.0048</b>	<b>0.0256</b>	0.1194	

Test LSD; Variable: S4 (Manèbe.sta)					
	0	50	100	400	800
0		0.5566	0.5566	0.2478	0.1535
50	0.5566		0.2478	0.0914	0.0526
100	0.5566	0.2478		0.5566	0.3814
400	0.2478	0.0914	0.5566		0.7678
800	0.1535	0.0526	0.3814	0.7678	

### *Classification des semaines*

Lors de l'application de la CAH en fonction de la survie, il a été obtenu le regroupement suivant (Fig. 18).

- **Groupe 1** : S0 et S1
- **Groupe 2** : le couplet (S0, S1) et le couplet (S2, S3).
- **Groupe 3**: S4 et (S0, S1, S2, S3).



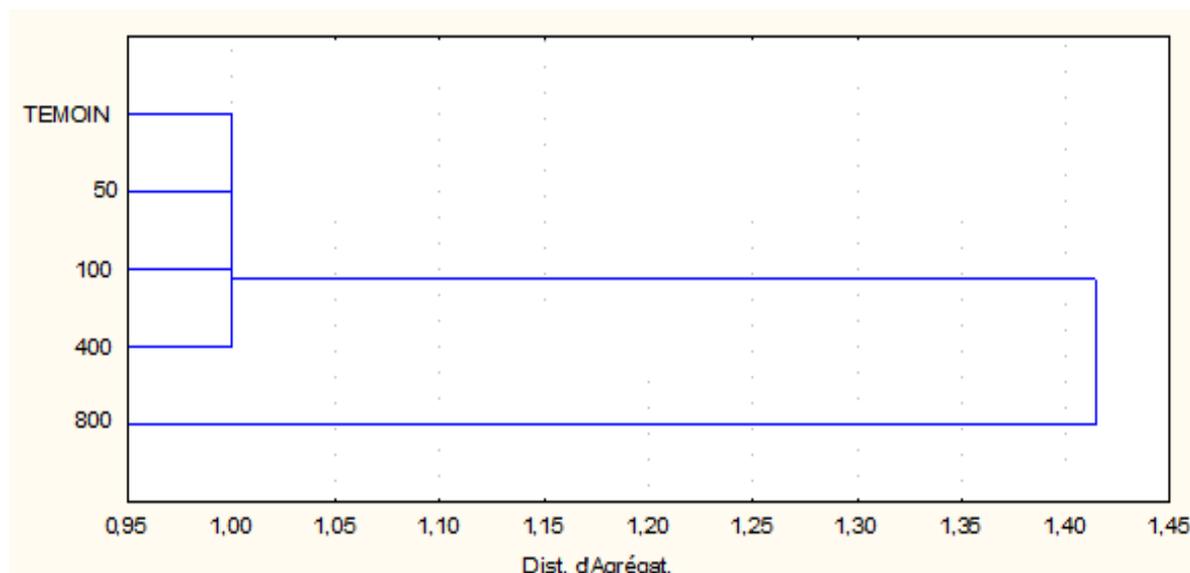
**Figure 18: Classification Hiérarchique Ascendante des semaines pour le test de toxicité aigu du Manèbe**

Les résultats de cette analyse confirment la régression de la survie des animaux en partant du moment de l'application du pesticide jusqu'à la dernière semaine de test pour toutes les concentrations confondues.

### *Classification des concentrations*

Lors de l'application de la CAH en fonction de la survie (Fig. 19), on a constaté le regroupement suivant :

- **Groupe 1** : le témoin et les concentrations 50, 100 et 400 mg/Kg.
- **Groupe 2** : la concentration 800 mg/Kg. et le premier groupe.



**Figure 19: classification Hiérarchique Ascendante des concentrations appliquées lors de test de toxicité aigüe du Manèbe**

Il en ressort de cette classification un rapprochement logique du témoin et les concentrations 50, 100 et 400 mg/kg car les moyennes sont proches. Alors que, l'isolement de la concentration 800 mg/kg revient à la plus grande moyenne de mortalité enregistrée dans le groupe.

### III.1.2. Effet du dursban (Chlorpyrifos-Ethyl)

Le nombre de vers de terre survivants en fonction des concentrations du Chlorpyrifos – éthyl (Dursban) après quatre semaine d'exposition sont présentés dans le tableau 12.

**Tableau 10: Effet du Dursban sur la survie des vers de terre *Aporectodea caliginosa caliginosa***

Temps d'exposition Concentrations Mg/kg	t=0		1 Semaine		2 semaines		3 semaines		4 semaines	
	n	Fc	n	Fc	n	Fc	N	Fc	n	Fc
Témoin	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%	40	100%
45	40	100%	27	67.5%	24	60%	14	35%	14	35%
90	40	100%	16	40%	12	30%	3	7.5%	2	5%
360	40	100%	2	5%	0	0%	0	0%	0	0%
720	40	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

n : nombre d'individus vivant, Fc : fréquence centésimale

Après une semaine

En dehors de la concentration témoin, la mortalité est enregistrée sur toutes les autres concentrations, le taux de mortalité augmente en fonction des concentrations croissantes.

On a enregistré une dose létale à 720 mg/kg, à cette concentration, tous les vers de terre exposés sont morts. A la concentration 360 mg/kg, la quasi-totalité des individus sont morts, deux individus ont survécu (5% de survie).

A la dose 90 mg/kg, 16 individus survivants sont enregistrés soit 40% de survie. Pour la concentration la plus faible 45 mg/kg, on note 27 individus vivants (67.5% de vers sont survivants)

Après deux semaines d'exposition

Un enregistrement est bien clair d'une nouvelle dose létale, 360 mg/kg. En effet le taux de mortalité est proportionnel à la concentration appliquée.

A la dose 90 mg/kg, 12 vers sont vivants (30% de survie). A la dose minimale 45 mg/kg, 24 individus vivants sont observés (60% de survie).

Après trois semaines d'exposition

A la dose 45 mg/kg 14 individus sont vivants soit (35% de survie). Et on enregistre à la dose 90 mg/kg, 3 individus vivants (7.5% de survie).

Après quatre semaines d'exposition

A 45 mg/kg on note 14 individus vivants soit 35% de survie. Et à la concentration 90 mg/kg on note deux vers survivent (5% de survie).

Les proportions des vers de terre survivants en fonction des concentrations du Dursban sont présentées dans le graphe d'interaction (Fig. 20)

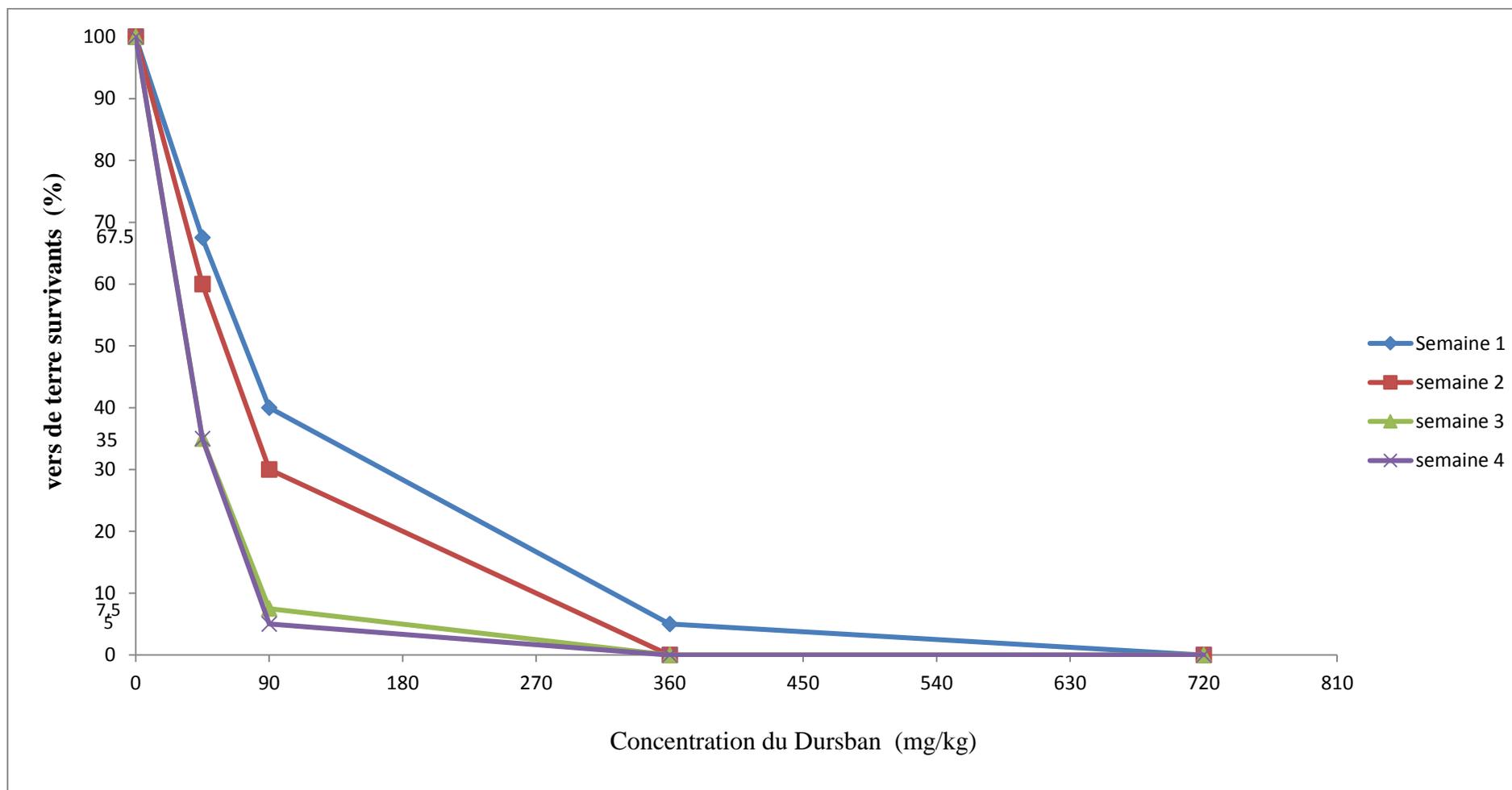


Figure 20 : Pourcentages des vers survivants en fonction des concentrations du Dursban pendant les quatre semaines d'exposition

Selon le tableau et le graphe on peut déduire que le Dursban présente un effet très toxique aux vers de terre, des doses létales ont été enregistrées, 720 mg/kg après une semaine et 360 mg/kg en 14 jours.

#### **III.1.2.1. Détermination de la $DL_{50}$ après 7 jours et 14 jours d'exposition du Dursban (Chloropyriphos- éthyle)**

Il est facile de déterminer la  $DL_{50}$  à partir du graphe d'interaction, en visant le point qui correspond au 50% de survie de vers de terre sur l'axe des (Y) et en le projetant à partir des courbe de la première semaine et deuxième semaine vers l'axe des concentrations du Dursban (l'axe des X).

La démarche et les résultats sont représentés dans la figure 21 qui représente la section (45 à 90 mg/kg) du graphe d'interaction (pourcentages des vers survivants en fonction des concentrations Dursban) pendant la première et la deuxième semaine.

Pour les vers de terre de l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa*, la  $DL_{50}$  déterminée après 7 jours d'exposition au Chlorpyriphos- éthyle est de 73.6 mg/kg. Après 14 jours d'exposition des lombricidae de l'espece *Aporrectodea caliginosa caliginosa* au Chlorpyriphos-éthyle la  $DL_{50}$  déterminée est de 60 mg/kg

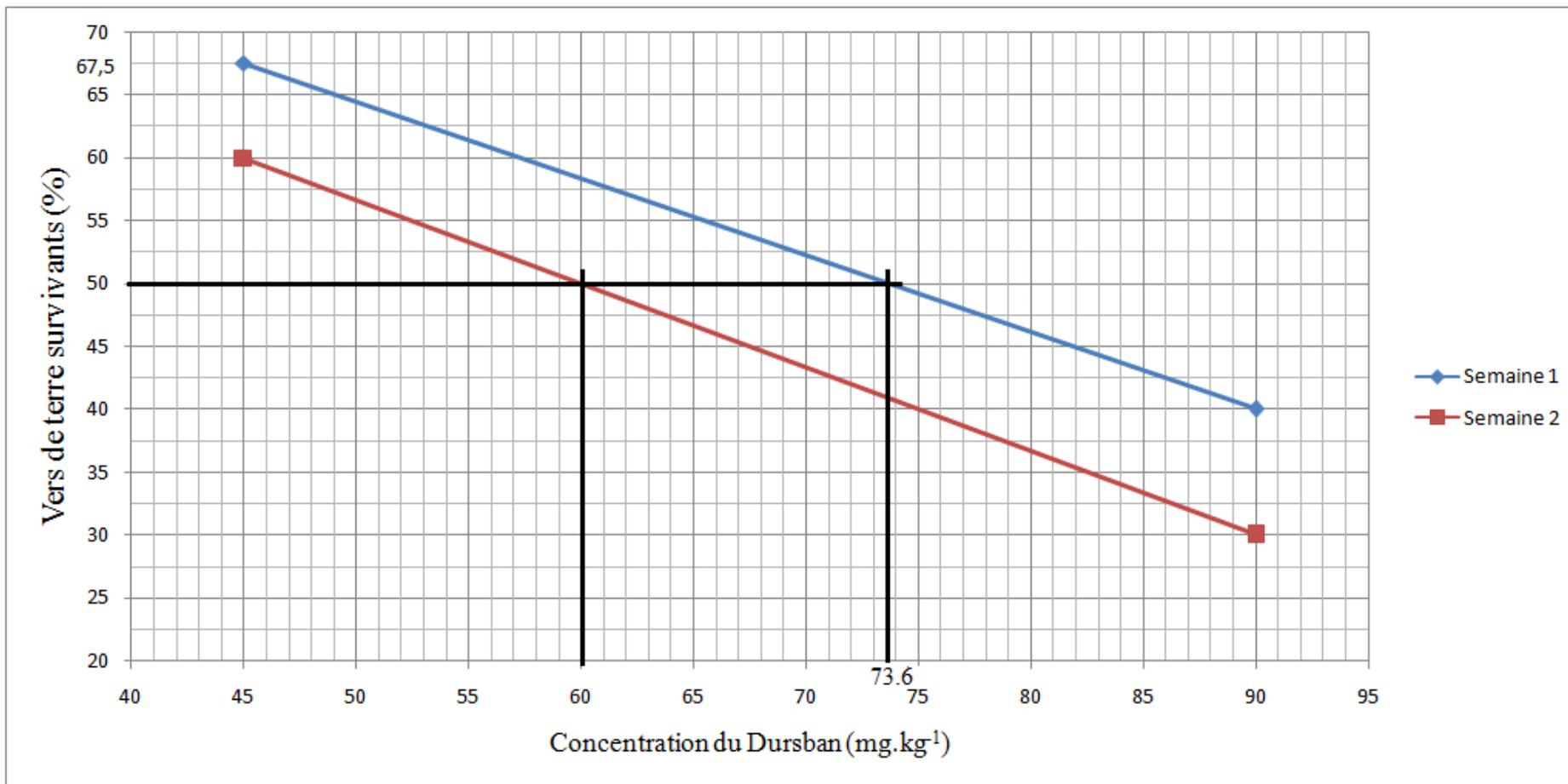


Figure 21: Détermination de la DL<sub>50</sub> (7 jours et 14 jours) après l'application du Dursban

### III.1.2.2. Analyse des données relatives au test de toxicité aigüe du Dursban

Le graphe d'interaction montre une régression nette de la survie des animaux dès la concentration 45 mg/Kg jusqu'à 720 mg/Kg durant toutes les semaines. L'ampleur de la mortalité a été à son maximum pour les concentrations 360 et 720 mg/Kg durant la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> semaine.

Par la comparaison post-hoc en utilisant le test LSD (comparaison planifiée), il a été mis en évidence une différence très hautement significative au seuil de l'erreur 5% pour toutes les concentrations et durant toutes les semaines, excepté le témoin et le temps 0. Globalement, il a été identifié une corrélation très forte entre les résultats liés aux concentrations 360 et 720 mg/kg surtout pour la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> semaine (Tab.11)

**Tableau 11 : Comparaison post-hoc par le test LSD pour le Dursban**

Test LSD; Variable: S1 (Dursban.sta)					
	0	45	90	360	720
0		0.0471	0.0011	0.0001	0
45	0.0471		0.0872	0.0008	0.0004
90	0.0011	0.0872		0.0342	0.0177
360	0.0001	0.0008	0.0342		0.7439
720	0	0.0004	0.0177	0.7439	

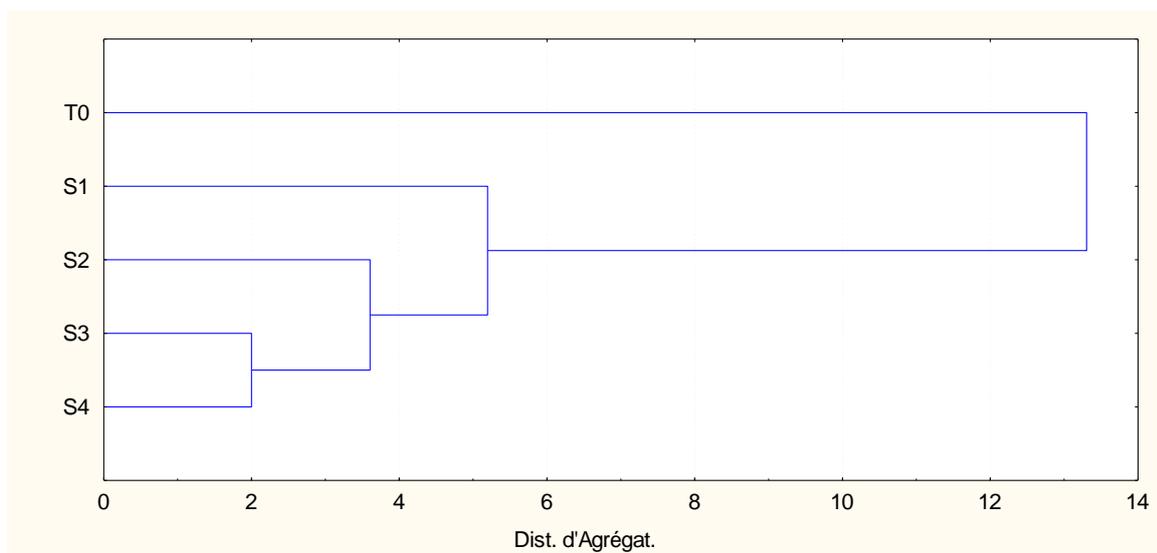
Test LSD; Variable: S2 (Dursban.sta)					
	0	45	90	360	720
0		0.0187	0.0002	0	0
45	0.0187		0.0522	0.0007	0.0007
90	0.0002	0.0522		0.0522	0.0522
360	0	0.0007	0.0522		1
720	0	0.0007	0.0522	1	

Test LSD; Variable: S3 (Dursban.sta)					
	0	45	90	360	720
0		0.0009	0.0001	0	0
45	0.0009		0.0582	0.0216	0.0216
90	0.0001	0.0582		0.6157	0.6157
360	0	0.0216	0.6157		1
720	0	0.0216	0.6157	1	

Test LSD; Variable: S4 (Dursban.sta)					
	0	45	90	360	720
0		0.0007	0.0001	0	0
45	0.0007		0.0370	0.0185	0.0185
90	0.0001	0.0370		0.7296	0.7296
360	0	0.0185	0.7296		1
720	0	0.0185	0.7296	1	

Lors de l'application de la CAH (Fig. 22), un regroupement en fonction de la survie était ainsi :

- **Groupe 1** : S3 et S4
- **Groupe 2** : le couplet (S3, S4) et S2.
- **Groupe 3**: S1 et le groupe (S2, S3, S4).
- **Groupe 4**: T0 et le groupe (S1, S2, S3 et S4)



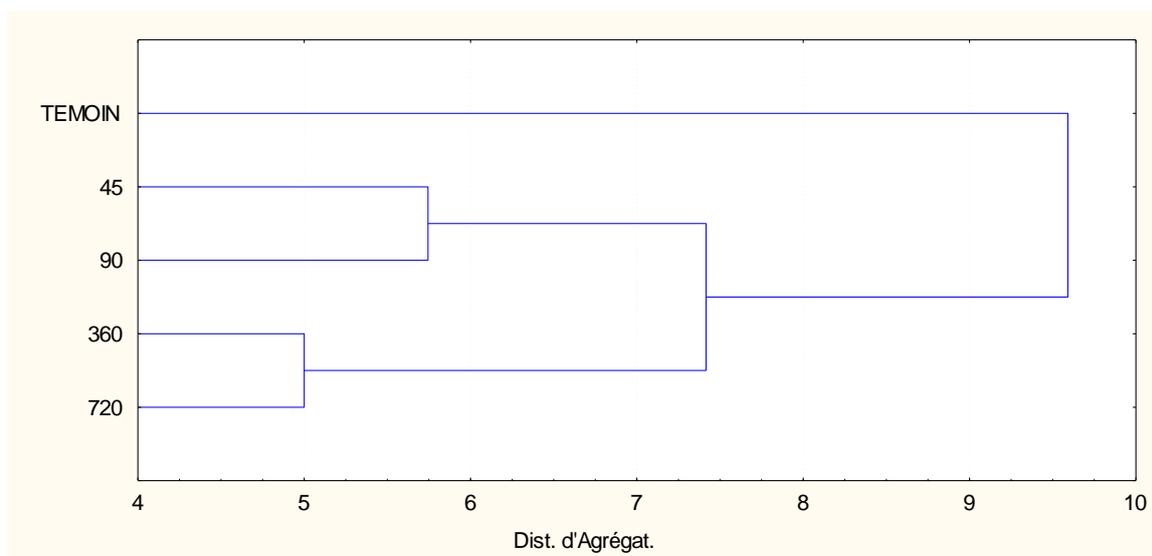
**Figure 22: Classification Hiérarchique Ascendante des semaines pour le test de toxicité aigu du Dursban**

Cette analyse reflète exactement les résultats révélés par l'ANOVA. Il en ressort un rapprochement très apparent entre la 2<sup>ème</sup>, la 3<sup>ème</sup> et la 4<sup>ème</sup> semaine vu le taux de mortalité qui était à 100% surtout pour les concentrations 360 et 720 mg/kg.

#### ***Classification en fonction des concentrations***

Lors de l'application de la CAH (Fig. 23) un regroupement en fonction de la survie était ainsi :

- ***Groupe 1*** : 720 mg/ et 360 mg/Kg.
- ***Groupe 2*** : 90 mg/Kg et 45 mg/Kg.
- ***Groupe 3*** : le groupe (720, 360) mg/Kg et le groupe (90, 45) mg/Kg.
- ***Groupe 4***: le témoin et le groupe (720, 360, 90 et 45) mg/Kg

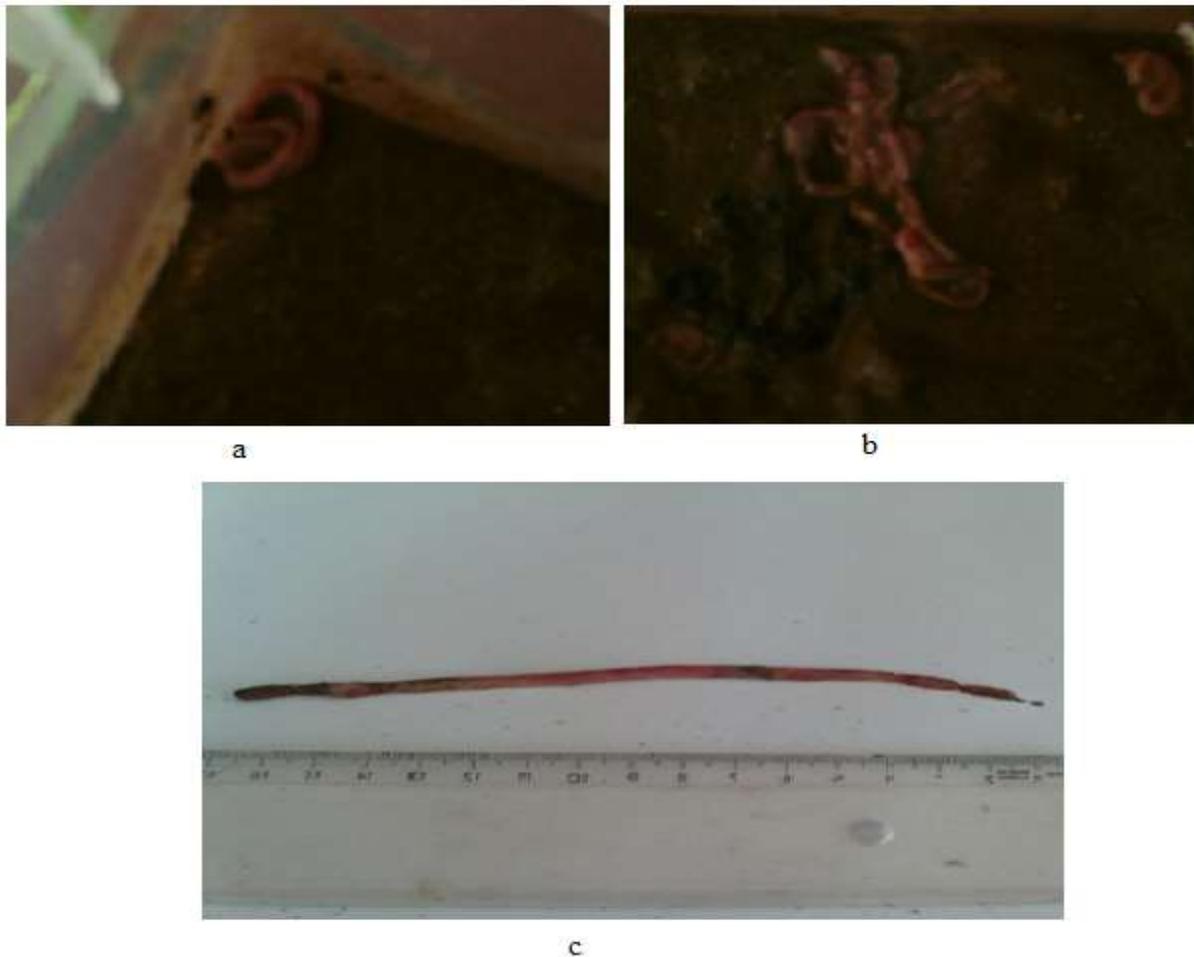


**Figure 23 : Classification Hiérarchique Ascendante des concentrations appliquées lors du test de toxicité aigu du Dursban.**

Cette application confirme les résultats retrouvés précédemment. Il s'agit d'un rapprochement intime entre les concentrations 360 et 720mg/kg qui ont donné une mortalité de 100%. Un autre rapprochement logique a été mis entre les concentrations 45 et 90 mg/kg pour lesquelles il a été noté un taux variant entre 82,5 et 92,5%. Quant à l'isolement du témoin du reste reflète tout simplement l'absence totale de la mortalité (100% de survie).

### III.1.2.3. Description de signes observables de toxicité sur les vers de terre

Pendant la période d'exposition des vers de terre aux pesticides notamment le Dursban, les vers de terre contaminés ont manifesté des perturbations. En premier temps les vers mourants remontent en surface et s'enroulent sur eux-mêmes. Après ce comportement, nous observons un rejet du liquide cœlomique accompagné des lésions sanglantes. Ce phénomène est observé essentiellement au niveau de la partie postérieure de l'animale, cette dernière subit des étranglements à plusieurs niveaux, et par suite l'animale meurt (Fig.24).



a: enroulement du ver ; b: sortie du liquide cœlomique ; c: sanction de la partie postérieure du corps

**Figure 24 : Différents signes exprimés après exposition au Dursban**

Il est clair que le Dursban dont la matière active est le Chloropyriphos-éthyle est plus toxique que le Manèbe dont la matière active est l'éthylène bis de manganèse même à une faible dose et courte durée (32.5% de mortalité en une semaine pour le Dursban pour une dose de 45 mg/kg, contre 17.5% de mortalité après un mois d'exposition pour le Manèbe à 800 mg/kg ).

### III.2. Essais de toxicité chronique sur l'espèce *Eseinia foetida*.

#### III.2.1. Effet du Manèbe

Les taux de mortalité des vers de terre en fonction des concentrations de l'éthylène bis de manganèse (Manèbe) après un mois d'exposition, et le nombre de juvéniles trouvés ainsi que leur poids après deux mois d'exposition sont détaillés dans le tableau 12.

**Tableau 12: Effet du Manèbe sur la reproduction et sur la prise du poids des juvéniles (*Eseinia foetida*)**

Paramètres Concentration Mg/kg	Nombre d'individus adultes après 4 semaines	Nombre des juvéniles après 8 semaines	Poids des juvéniles en mg	Poids moyen des juvéniles mg/ind
Témoin	40	174	2537	14.58 ± 1.36
6.25	40	167	2196	13.15 ± 2.04
12.5	40	177	2636	14.89 ± 0.85
25	40	182	2310	12.69 ± 1.73
50	40	117	1680	14.35 ± 2.08

#### *Après un mois d'exposition*

Sur toutes les concentrations appliquées, aucune mortalité des vers adultes n'est enregistrée

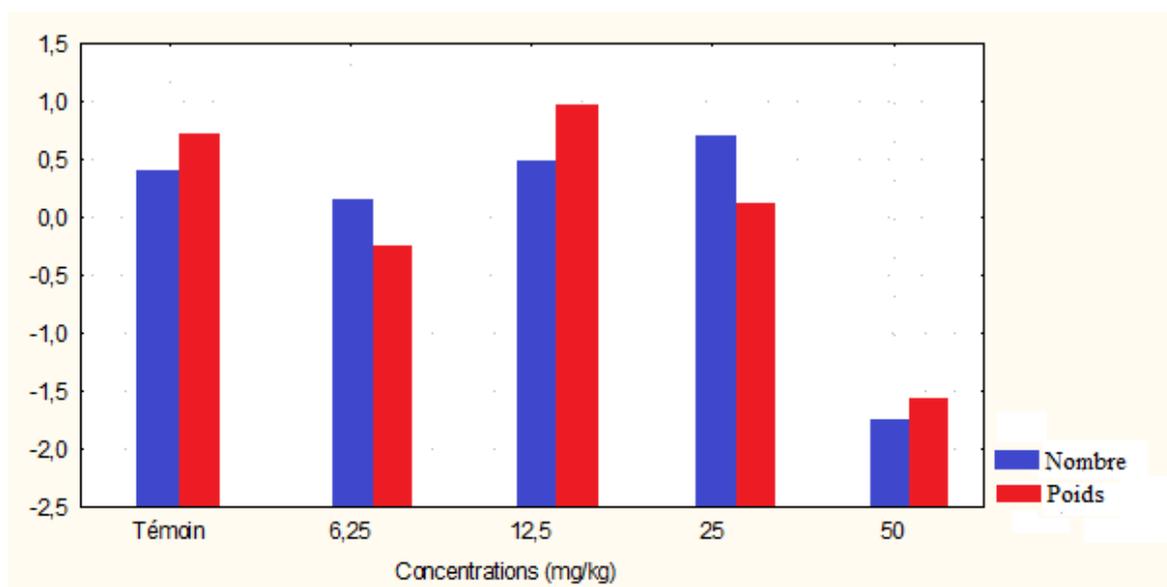
#### *Après deux mois d'exposition*

Les variations des trois paramètres mesurés (nombre, poids et poids moyen des vers) ne sont pas liées aux doses du Manèbe (6.25, 12.5 et 25) mg/kg. Les effets négatifs sont observés à partir de 50 mg/kg.

On enregistre dans la concentration 25 mg/Kg le taux de reproduction le plus élevé (182 juvéniles), pour le poids et le poids moyen, la plus haute mesure est signalée à la dose 12.5 mg/Kg (2636 mg et 14.89 mg/ind).

Le taux de reproduction le plus faible est mesuré à 50 mg/Kg (117 individus), et le poids moyen le plus bas (12.69 mg/ind) est signalé à 25 mg/Kg (la concentration dont le taux de reproduction est le plus haut).

Il est évident que le Manèbe n'est pas reprotoxique à ces doses appliquées, sauf à la concentration 50 mg/kg (Fig. 25)



**Figure 25 : Histogramme d'interaction entre l'effectif des juvéniles et leur poids moyens après 8 semaines en fonction des concentrations du Manèbe.**

### III.2.2. Effet du Dursban

Les taux de mortalité des vers de terre en fonction des concentrations du Chlorpyriphos –éthyl (Dursban) après un mois d'exposition, et le nombre de juvéniles trouvés et aussi leur poids après deux mois d'exposition sont détaillés dans le tableau 13.

**Tableau 13: Effet du Dursban sur la reproduction et sur la prise du poids des juvéniles (*Eisenia foetida*)**

Paramètres Concentration Mg/kg	Nombre d'individus adultes après 4 semaines	Nombre des juvéniles après 8 semaines	Poids des juvéniles en mg	Poids moyen des juvéniles mg/ind
Témoin	40	173	3051	17.63 ± 1.86
2	40	156	2377	15.24 ± 2.03
4	40	140	1991	14.22 ± 1.23
8	40	109	1379	12.65 ± 0.79
16	38	82	873	10.64 ± 1.22

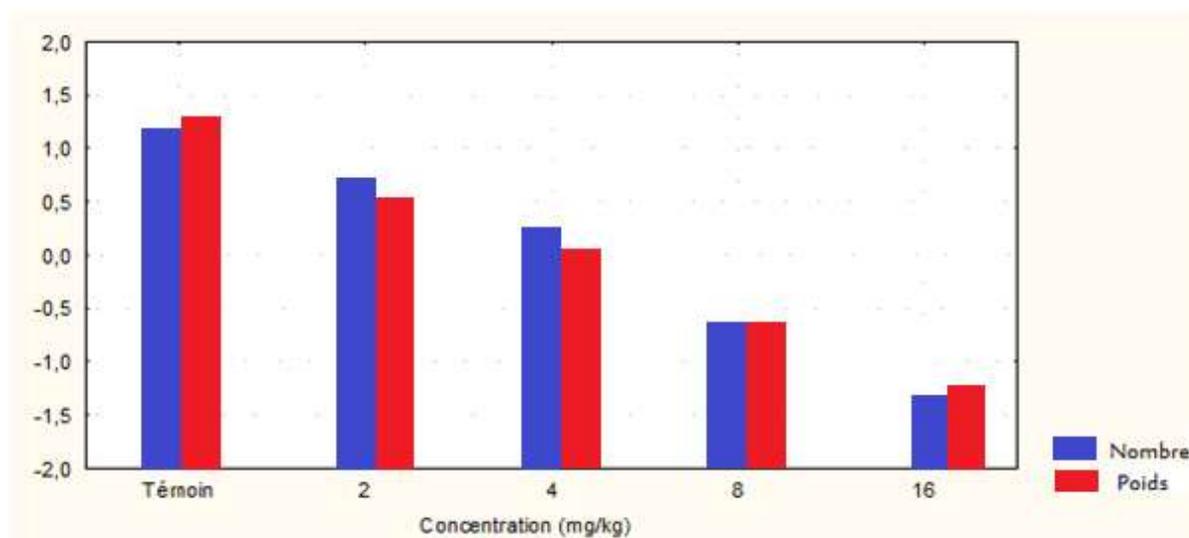
### *Après un mois d'exposition*

On a enregistré deux individus morts à la concentration la plus haute 16 mg/kg, tandis qu'aucune mortalité n'est signalée dans les autres doses 0, 2, 4 et 8 mg/kg

### *Après deux mois d'exposition*

Le nombre, le poids et le poids moyen de la descendance est inversement proportionnel aux concentrations appliquées. Les valeurs des trois paramètres diminuent avec l'augmentation de la dose (Tab. 13 et Fig. 26),

On enregistre les valeurs les plus hautes des 3 paramètres à la concentration témoin : 173 individus issus de la reproduction des vers adultes, dont le poids est de 3051 mg et d'un poids moyen de 17.63 mg/ind. Ces valeurs décroissent en augmentant la dose jusqu'aux valeurs minimales enregistrées à la dose maximale 16 mg/kg: 82 individus dont le poids est de 873 mg avec un poids moyen de 10.64 mg/ind.



**Figure 26: Histogramme d'interaction entre l'effectif des juvéniles après 8 semaine et leur poids moyens en fonction des concentrations du Dursban**

Il est claire que le Dursban a un effet important sur la croissance et la prise du poids des juvéniles à partir de 2 mg/kg, par contre le Manèbe, ses effets négatifs sur la reproduction sont observées à la dose 50 mg/kg.

---

# Chapitre IV

## Discussion

## **I. Caractéristiques physico-chimique et caractéristique du sol**

Le but d'effectuer cette analyse est d'assurer la conformité de ce sol avec les conditions du (OECD 1984 ; 2004).

Les résultats de l'analyse granulométrique du sol de la CAM de Baccaro révèlent une texture sableux- limoneuse avec un taux de sable supérieur à 75%. Ces résultats sont conformes aux conditions de l'OECD (1984) et (2004).

Des études précédentes ayant travaillé sur l'analyse granulométrique du sol de la CAM de Baccaro ont déterminé une texture sablo-limoneuse (Aiteur et Nabti, 1997); (Chemani et Bachir, 2003). Achour (2011) ayant travaillé sur le sol de la station CAM de Baccaro a montré que le sol a une texture sableuse avec un taux de sable grossier de 75,20% et un taux de sable fin de 8,90 %.

Le pH mesuré du sol de notre étude est de 7.9. Des échantillons prélevés sur le même sol de la station CAM de Baccaro par Aiteur et Nabti, (1997) ; Chemani et Bachir, (2003).ont révélé un pH alcalin qui égale à 7.9

Dans ce sens, le taux de pH mesuré n'est pas défavorable pour les vers de terre pendant l'acclimatation et pendant les essais de toxicités. Selon la littérature les sols neutres et alcalins sont favorables à la prolifération des Lombricidae alors que les sols acides sont défavorables pour les vers de terre (Spurgeon and Hopkin. 1996).

Le taux de Carbone organique mesuré est de 3%. Ce taux faible en matière organique est conforme avec les conditions de test de toxicité

## **II. Diversité et abondance des vers de terre**

A l'état actuel, la littérature concernant les Lombricidae en Algérie reste très limitée. Le problème majeur rencontré lors de certains travaux sporadique est la systématique complexe de ce taxon zoologique.

### **II.1. Identification de la diversité des vers de terre**

Au cours de cette étude, nous avons tenu compte de regrouper plusieurs critères anatomiques qui nous ont permis de dresser une clé de confirmation des espèces échantillonnées sur le terrain. La taille du corps, la position et la forme du clitellum, la couleur et la pigmentation et la forme du prostomium restent des critères importants pour la détermination des espèces de Lombricidae. En effet les auteurs qui se sont intéressés à la systématique de ce taxon, se sont focalisés sur les principales caractéristiques anatomiques telle que la taille, la forme du corps,

la catégorie écologique, le clitellum et la forme du prostomium (Bouché, 1972 ; Gates 1972 ; Baker et Barrett, 1994 ; Sims et Gerard , 1999).

Les stations d'échantillonnages choisis, représentées par des champs de pâturages non labourés et non cultivés constituent des milieux très favorables pour la prolifération et le bon développement des Lombricidae, ce qui explique la cohabitation des cinq espèces échantillonnées. Selon Mickaël, (2006) le type d'occupation du sol influence la diversité des macro-détritivores du sol y inclus les vers de terre. Lavelle et Spain (2001) ont trouvé que diversité des vers de terre les plus élevées se trouve dans les pâturages fertilisés et la plus basse dans les sols acides ou arides. De plus les endroits où l'échantillonnage a été fait sont situés à des faibles altitudes (5 à 10 mètres), et selon Decaëns (2010), la biodiversité terrestre diminue avec l'augmentation de l'altitude, ceci est aussi le cas des vers de terre comme signalé par Bouché (1972). Par contre, Bazri et *al.*, (2013) ont montré que l'altitude n'est pas un facteur déterminant.

La synthèse bibliographique de la diversité des Lombricidae en Algérie révèle la présence de 41 espèces signalées par plusieurs auteurs. A partir de cette initiative de recherche dans la littérature, nous avons établi un recueil regroupant les 41 espèces décrites en Algérie par des différents auteurs (Annex 5). Le nombre d'espèces déterminées diffèrent dans les différentes régions du pays : 31 espèce signalés par Omodeo *el al.*, (2003), 18 espèce dans l'est algérien (Bazri et *al.*, 2013), 11 espèces dans le secteur de Metidja (Baha ,1997), 11 espèces dans le secteur constantinois (Ouahrni, 2003), 5 espèces dans la vallée de la Soummam dans la Kabylie (Kherbouche et *al.*, 2012), 4 espèces sont trouvées dans la région de Annaba (Zeriri et *al.*, 2013) et 3 espèces dans la région de Biskra (Boukria 2012).

Les espèces signalées dans cette étude représentent un pourcentage de 12.5% du total des espèces retrouvées en Algérie, et il faut savoir qu'elles figurent dans la liste des vers de terre recensées en Algérie.

A partir des travaux menés sur les vers de terre en Algérie, nous avons tenté de donner un aperçu général comparé sur la répartition des espèces identifiées dans la présente étude et dans autres régions du pays.

1) *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (Savigny, 1826) ou *Nictodrilus caliginosus* (Bouché, 1972): elle a été trouvé dans les deux zones d'échantillonnage. Cette espèce a été déjà recensée dans la région de Bejaia par Kherbouche et *al.*, (2012). L'espèce présente une aire de distribution vaste, elle se trouve dans les régions humide, ainsi que dans les régions arides (Boukria, 2012).

2) *Aporrectodea caliginosa trapésoides* (Dugès, 1828) : Cette espèce est présente dans les deux stations d'échantillonnage. Elle a été répertoriée dans le climat Aride (Boukria 2012) et dans tous les étages bioclimatique en Algérie, y inclus la région de Bejaia (Bazri et al, 2013).

3) *Allolobophora rosea* (Savigny 1826) : Sa présence est bien notée dans les deux stations d'échantillonnage. Elle a été trouvée dans tous les étages bioclimatiques en Algérie (Bazri et al., 2013). Cette espèce est déjà recensée dans la région de Bejaia par Kherbouche et al., (2012).

4) *Allolobophora moebii* (Rosa, 1894) : L'échantillonnage établi sur le terrain décèle la présence de cette espèce dans les deux stations d'échantillonnage. Elle a été répertoriée à El-Metidja par Baha, (1997). Cette espèce peut vivre dans plusieurs étages bioclimatique (humide, subhumide et le semi-aride) (Bazri et al., 2013).

5) *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828) : cette espèce a été échantillonné uniquement dans la station de Bejaia, car cette zone se caractérise par un sol riche en débris végétaux et en fumier de bovin. L'espèce a été signalée dans la région de Bejaia (Kherbouche et al., 2012). Sa présence a été signalée aussi dans les régions arides (Boukria, 2012).

6) *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) : Echantillonnée seulement dans la station Bejaia. La richesse du sol en fumier de bovin de cette station justifie la présence de cette espèce. En effet l'espèce est connue sous le nom du vers de fumier, elle a été trouvée dans le climat semi-aride inferieur (Bazri et al., 2013) et dans des endroits chauds et secs (Zeriri et al., 2013).

Les limites de l'aire de distribution d'une espèce sont déterminées par la combinaison de plusieurs facteurs écologiques; température, lumière, humidité de l'air, nourriture (Dajoz, 1985). A l'intérieur des aires de distribution les vers de terre colonisent certains milieux définis, dans lesquels ils trouvent les conditions qui leurs sont favorables (Zirbes et al., 2009).

## II.2. Abondance des vers de terre

L'échantillonnage établi révèle la dominance de l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* dans les deux stations. Ceci est expliqué par le climat humide pendant l'échantillonnage. Dans ce sens Bazri, (2014) a trouvé que cette espèce prolifère

dans les endroits dont les tranches pluviométriques hautes et dans les sols riches en argile. En effet c'est le cas dans la pluviométrie dans la région de Bejaia.

### **III. Essais de toxicité des pesticides sur les *Lombricidae***

#### **III.1. Test de toxicité aigu sur l'espèce *Aporectodea caliginosa caliginosa*.**

##### **III.1.1. Effet du Manèbe (l'éthylène bis de manganèse)**

A partir des résultats obtenus, l'éthylène bis de manganèse cause de faible mortalité aux vers de terre, et ceci peut être expliqué par le fait que le Manèbe appartient aux fongicides de la famille des dithiocarbamates, qui sont peu solubles dans les lipides et très solubles dans l'eau. Ce fongicide s'accumule faiblement dans les tissus animaux et par conséquent ils seraient facilement dilués dans l'eau et dispersés après la pluie ou après irrigation (Fabre et Truhaut, 1954).

Les mêmes concentrations de cette molécule active (l'éthylène bis de manganèse) ont été testées sur un bio indicateur des agroécosystèmes : *Armadillitium sp*, les résultats obtenus révèlent que le Manèbe est moins toxique avec un taux de survie de 77.5% (31 individus vivant / 40) à la dose 800 mg/kg (Terki, 2015). Ces résultats sont très proches à ceux de notre étude dont le taux de survie des vers de terre est 82.5% (soit 33 individus vivant/40) à la concentration 800 mg/kg.

##### **III.1.1.1. La DL<sub>50</sub> Manèbe (Ethylène bis de manganèse)**

Lors de ce test de toxicité on n'a pas pu déterminer la DL<sub>50</sub> du Manèbe à cause de sa faible toxicité. Par ailleurs, la DL<sub>50</sub> de ce produit a été déterminée sur d'autres espèces de vers de terre. Dans ce contexte, Vermeulen et al., (2001) ont montré que l'effet de la toxicité du Mancozèbe (fongicide comme le Manèbe, dont la matière active est la même) sur l'espèce *Eisenia andrei* est relativement faible avec un DL<sub>50</sub> de 1262 mg/kg du sol après 14 jours. Tandis que De Silva et al., (2010) ont trouvé que la concentration de 500 mg/kg d'éthylène bis de manganèse est une DL<sub>50</sub> pour les vers de terre de l'espèce *Perionyx excavatus*.

##### **III.1.2. Effet du dursban (Chlorpyrifos-Ethyl)**

Le Dursban présente un effet très toxique sur les vers de terre, des doses létales sont enregistrées à des concentrations de l'ordre 720 mg/kg après une semaine et de 360 mg/kg en 14 jours.

Les effets toxique et la mortalité importante observés peuvent être expliqués par le fait que le Dursban appartient aux insecticides organophosphorés dont la liposolubilité est élevée, cette propriété leur permet de pénétrer facilement dans le tissu cutané de l'animale (Rice et al., 1997), après pénétration à l'intérieur de l'organisme, ces produits inhibent le fonctionnement

de l'acétylcholine estérase (neurotransmetteur au niveau du système nerveux) (Venkateswara et Kavitha, 2004 ; Kavitha et Venkateswara, 2007 ; Sanchez et *al.*, 2014) ce qui perturbe la transmission des messages nerveux, suivie par la mort de l'animale.

### III.1.2.1. Détermination de la DL<sub>50</sub> après 7jours et après 14 jours du Dursban (Chloropyriphos- éthyle)

L'effet toxique des insecticides organophosphoré a été démontré par plusieurs auteurs, la DL<sub>50</sub> 14 jours pour les vers de terre *Aporrectodea caliginosa* exposés aux Chlorpyrifos est de 91,78 mg/kg (Zhou et *al.*, 2007), Dans les mêmes conditions Hu et *al.*, (2004) notent une DL<sub>50</sub> de 83,63 mg/kg.

Lister et *al.*, (2011) notent que le Chlorpyriphos est très toxique pour les vers de terre de l'espèce *Lumbricus rebellus*, avec une DL<sub>50</sub> qui varie entre 26.6 et 38.9 mg/kg. Tandis que Ma et Bodt, (1993) ont signalé que les organophosphoré ont un faible effet toxique pour l'espèce *Eisenia foetida*, avec une DL<sub>50</sub> égale à 1077 mg/kg après 14 jours, ceci est le cas de l'étude de Chen et *al.*, (2014) qui ont trouvé que le Chlorpyriphos-éthyle a une DL<sub>50</sub> égale à 384.9 mg/kg après 14 jours pour l'espèce *Eisenia foetida*.

En comparant les résultats de la présente étude et ceux notés dans la littérature, nous constatons que la différence entre les valeurs de la DL<sub>50</sub> présentent une grande variation. Cette différence est en grande partie attribuable à la composition différente de substrat, condition d'environnement et la différence des espèces de vers de terre (Kula et Larink, 1997).

Il est connu que DL<sub>50</sub> varient avec la matière organique, la texture, le pH, la température, l'humidité, le temps d'exposition et d'autres facteurs (Belfroid et *al.*, 1993; Kula et Larink, 1997 ; De silva et *al.*, 2009).

Le Dursban a été testé aux mêmes concentrations (45, 90, 360 et 720 mg/kg) sur un bio indicateur des agroécosystèmes : le Cloporte *Armadillitium sp.* Les résultats de cette étude révèlent une La DL<sub>50</sub> de 83.8 mg/kg après une exposition de 14 jours (Terki, 2015). La différence entre ce résultat et le nôtre (60 mg/kg) reviens principalement à la différence d'espèces utilisées comme model biologique dans l'essai. Le cloporte est un crustacé terrestre dont le corps est protégé par une cuticule chitineuse et il vit dans la litière, par contre le vers de terre faisant partie des annélides et qui a un épiderme fin et vie à l'intérieur du sol, donc son organisme est en contact permanent avec les contaminants du sol, de plus son régime alimentaire

est composé essentiellement des particules du sol le rend très vulnérable aux contaminants par rapport aux cloportes.

### III.1.2.2. Les effets toxiques observables sur les vers de terre

Il est évident que le Dursban a sensiblement altéré la paroi du corps des vers de terre (sortie du liquide cœlomique, lésions sanglante et étranglement de la partie postérieure du corps). Les évaluations histopathologiques de Reddy et Rao (2008) ; Schreck et *al.*, (2008) ont révélé que les couches de membranes et de l'ectoderme cuticulaire ont été complètement désintégrées. Il est évident d'après les signes observés que les modifications morphologiques et comportementales étaient importantes lorsque les vers de terre ont été exposés aux pesticides organophosphorés.

Ce phénomène pourrait être lié au rejet de toxine accumulée par le biais de régénération connu chez les vers de terre ?

Plus la dose de la matière active est élevée plus l'Acétylcholine-estérase est inhibé, suite à cette perturbation les vers sont devenus agités. Ainsi pour faire face à l'effet toxique du chlorpyrifos-éthyle les vers de terre adaptent une stratégie d'élimination de la partie postérieure de leur corps. Le chlorpyrifos-éthyle a eu un effet toxique sur l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* après une exposition de sept jours. Ce phénomène a déjà été observé sur cette espèce, l'activité du Acétylcholine-estérase subie une diminution significative chez les vers de terre traités par rapport aux vers non contaminés (Reinecke and Reinecke 2007).

Après 14 jours d'exposition, la baisse d'activité d'Acétylcholine-estérase pourrait être liée à l'effet de la matière active sur cette enzyme. Cela peut indiquer un stress toxique sévère pour cette période de temps. Les enzymes ne peuvent pas faire face au stress toxique aiguë ce qui implique une inhibition, peut-être due à un dysfonctionnement cellulaire ou apoptose (Sweet et *al.*, 1999; Brown et *al.*, 2004). De plus, après 34 jours, une réduction de la teneur en protéine totale se produit chez les vers de terre exposés aux pesticides (notamment les insecticides) (Ismail et *al.*, 1997).

Il est clair que le Dursban dont la matière active est le chlorpyrifos-éthyle est plus toxique que le Manèbe (éthylène bis de manganèse) même à une faible dose et une courte durée. Il a été constaté une mortalité de 32.5% après une semaine pour le Dursban à la dose 45 mg/kg, contre 17.5% de mortalité après un mois d'exposition pour le Manèbe à 800 mg/kg.

## III.2. Test de toxicité chronique sur l'espèce *Eisenia foetida*.

### III.2.1. Effet du Manèbe

L'absence de l'effet du Manèbe sur la prise du poids des juvéniles de l'espèce *Eisenia foetida* est expliqué par le fait que ce fongicide n'est pas toxiques et par conséquent il exerce un effet toxique à des doses élevés que celle utilisées dans notre étude (6.25, 12.5, 25 et 50 mg/kg).

Les effets du Manèbe sur la reproduction sont observés à la concentration 50 mg/kg. Dans ce sens les résultats De Silva et *al.*, (2010) révèlent que les fongicides de la famille des dithiocarbamates affectent la reproduction des vers de terre en causant des malformation des spermatozoïdes.

### III.2.2. Effet du Dursban

Dans notre étude le nombre, le poids et le poids moyen de la descendance sont inversement proportionnel aux concentrations appliquées pour le Dursban (2, 4, 8 et 16 mg/kg).

Ces effets ont été signalé par Booth and O'Halloran (2001), à partir de 4 mg/kg, la production des cocons, le nombre des juvéniles et l'activité de la Acétylcholine estérase commencent à diminuer significativement. Ces constatations ont été observé (la prise du poids et le nombre de juvéniles) dans notre étude à partir de la dose 2 mg/kg

Même à une concentration relativement basse, les substances organophosphoré influencent négativement l'activité de l'appareil reproducteur en limitant la formation des gamètes mâles. Reddy et Rao (2008) ; Wang et *al.*, (2012) ont également montré impact négatif des pesticides organophosphorés sur les organes reproducteurs mâles, ces pesticides qui altèrent la prolifération cellulaire et affectent la structure de l'ADN des spermatogonies. Ainsi, selon Bustos et Goicochea (2002), les organophosphorés présentent une toxicité élevée à l'inhibition de l'acétylcholine-estérase et causent des dommages physiologiques.

Ces perturbations de l'appareil reproducteur sont liées à un nombre accru d'anomalies dans la formation des gamètes (Venkateswara *et al.*, 2003). Luo et *al.*, (1999) ont montré que les pesticides causent des dommages importants aux spermatozoïdes chez les vers de terre notamment la formation des spermatogonies.

L'effet reprotoxique du Dursban a bien été mis en évidence à la concentration de 16 mg/kg, dose à laquelle nous avons observé une diminution nette de natalité (82 juvéniles après 8 semaines). En général, les reprotoxiques affectent la fécondité et la fertilité, soit par une

toxicité directe pour les gonades ou le système reproducteur, soit en induisant un comportement ne permettant plus la reproduction (Gallien et Landriau, 2003). Ces produits peuvent dans le cas des perturbateurs endocriniens agir à des très faibles doses. Ils peuvent parfois aussi agir in intro en bloquant le développement normale des organes sexuels ou de gonades, bien avant la naissance de l'individu (Minier, 2004).

En terme de prise du poids, Mosleh *et al.*, (2003) supposent que les vers de terre manifestent une stratégie défensive en diminuant leur prise de nourriture afin d'éviter la prise des pesticides, cela est bien prouvé par la faible prise du poids des vers de terre exposés au pesticide.

Les vers de terre régulent la prise de pesticides par un apport alimentaire réduit ce qui induit une inhibition de la croissance.

A partir de 10 mg/kg une perte de poids des vers de terre survient dans les deux premières semaines (Sanchez *et al.*, 2014). Cela peut également être le résultat de la mobilisation de l'énergie dans la défense de l'organisme contre les pesticides et par conséquent l'énergie pour la croissance n'est plus disponible.

L'ensemble des résultats obtenus à travers le test chronique confirme la toxicité du Dursban sur la reproduction et sur la croissance des juvéniles

# Conclusion et perspectives

## Conclusion et perspectives

---

En utilisant le principe de la bio surveillance, ce travail qui vient d'être analysé vise à mettre l'accent sur les effets de l'utilisation des pesticides en agriculture sur un bio indicateur de la pollution des sols, le choix est porté sur le lombric comme un modèle biologique connu pour ses avantages considérables dans l'évaluation de la qualité des sols.

Dans un premier temps nous avons abordé notre travail par une enquête menée sur l'utilisation des pesticides dans la wilaya de Bejaia. Cette initiative montre bien que le Manèbe (éthylène bis de manganèse) et le Dursban (Chlorpyriphos-éthyl) sont les deux pesticides les plus largement utilisés dans les pratiques agricoles de la région.

Suite à ce constat nous avons tenté de réaliser des tests de toxicité de ces deux pesticides sur un modèle biologique appartenant au Lombricidae.

Cette étude a nécessité au préalable, d'effectuer des analyses physicochimiques et de déterminer les caractéristiques du sol de la station de la CAM de Baccaro. Les résultats de ces analyses ont révélé que le sol utilisé lors de notre expérimentation sur la toxicité des pesticides choisis, répond aux normes des tests de toxicité standardisés par l'OECD

L'échantillonnage des vers de terre établi dans deux stations (Bejaia ville et INRAA d'Oued-ghir) nous a permis de recenser cinq espèces de vers de terre appartenant toutes à la famille des Lombricidae : *Allolobophora rosea*, *Allolobophora molleri*, *Eisenia foetida*, *Octodrilus complanatus* et *Aporrectodea caliginosa*, cette dernière est retrouvée en deux sous-espèces, *Aporrectodea caliginosa caliginosa*, et *Aporrectodea caliginosa trapésoides*.

La répartition des espèces par station fait ressortir que certaines espèces telle que *Octodrilus complanatus* et *Eisenia foetida* sont inféodées à des types de sols particuliers enrichis par de couvert végétal fort et de fumier de bovin.

Parmi l'ensemble des espèces présentes, nous avons constaté que l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* est la plus abondante (63.8%) sur le terrain. Les caractéristiques du sol sur lequel nous l'avons échantillonné sont favorables et correspondent aux exigences de l'espèce

Nous avons retenu deux espèces pour les essais de toxicité. Pour le test de toxicité chronique nous avons pris comme model biologique l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* pour son abondance dans le terrain. Par contre l'espèce *Eisenia foetida* est utilisée dans le test chronique à cause de sa grande capacité de reproduction.

Dans cette étude les paramètres étudiés sont la survie des vers de terre (tests de toxicité aigu), la capacité de reproduction et le développement et la prise du poids des juvéniles (test chronique).

## Conclusion et perspectives

---

Pour le test de toxicité aigüe, le Dursban a présenté un effet très toxique, des doses létales de l'ordre 720 et 360 mg/kg sont enregistrées après une exposition aux pesticides, à des durées respectives de 7 et 15 jours. A l'issue de ce résultat nous avons déterminé pour les durées indiquées en dernier les valeurs de DL50 respectives de l'ordre de 73.6 et 60 mg/kg.

Le teste aigu adopté sur le Manèbe, révèle une toxicité moindre que le Dursban. Après une exposition de quatre semaines le taux de mortalité des vers de terre est de 17.5%, valeur nettement inférieure à 50% de la population. Des lésions sanglantes de surface, et sortie du liquide cœlomique et coupure de la partie postérieure sont observées après exposition des vers au Dursban

Pour le teste chronique effectué sur les vers de terre de l'espèce *Eisenia foetida*, le Dursban a significativement diminué la reproduction des vers adultes et la prise du poids des juvéniles à partir des faibles concentrations, 2 mg/kg. Par contre les effets négatifs du Manèbe sur la reproduction ne sont observés qu'à la dose 50 mg/kg.

Cette étude sur les effets des pesticides sur les vers de terre a suscité de nombreuses hypothèses de réflexion.

- Une des perspectives prioritaire est d'évaluer l'effet de mixture des pesticides sur les vers de terre afin de mieux reproduire ce qui passe réellement en culture.
- En menant des études sur la physiologie et les perturbations pouvant être décelées par des études histologiques
- Des études à l'échelle moléculaire pouvant également être effectuées, notamment les effets des pesticides sur les enzymes tel que : Catalase, Acétylcholine estérase, Polyphénol oxydase et Superoxyde dismutase pour bien comprendre les causes de la mortalité et la perturbation de la prise du poids des vers de terre.
- En basant sur le fait que les vers de terre ingèrent des quantités de sol pendant l'alimentation, il serait souhaitable donc d'étudier si les vers de terre pourraient purifier le sol des pesticides.
- Elargir l'échantillonnage de vers de terre sur différentes régions en Algérie
- Et en terminant par la suggestion d'évaluer la toxicité des pesticides sur différents niveaux trophique à partir des vers de terre, pour savoir s'il y aurait de bioaccumulation.

# Références bibliographique

## Références bibliographiques

---

- **Achour Samira (2011)**- Etude de l'influence des vers de terre et du fumier de bovin sur les propriétés physiques de deux types de sol, du pourtour de la baie de Bejaia. Mémoire de Magister. Université de Bejaia
- **ACTA (2005)**- Index phytosanitaire ACTA 2005. 41<sup>ème</sup> édition. Paris. Association de coordination technique agricole. France.820 p.
- **ACTA (2004)** - Association de Coordination Technique Agricole, 2004. Index phytosanitaire, 40ème édition, 804p.
- **ADEME(2009)** - (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), Étude et Gestion des Sols, Volume 16, 3/4 .148 p.
- **Aiteur hassina, Nabti zahir (1997)** - Contribution à la caractérisation physique et chimique des sols de la CASSDEP de Tichy, Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme D.U.E.A en biologie. Page: 37
- **Alexander Neaman, Soledad Huerta, Sébastien Sauvé (2012)** - Effects of lime and compost on earthworm (*Eisenia fetida*) reproduction in copper and arsenic contaminated soils from the Puchuncaví Valley, Chile, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 80 (2012) 386–392
- **Amorim M J, Fordsmand S (2012)** - Toxicity of copper nanoparticles and CuCl<sub>2</sub> salt to *Enchytraeus albidus* worms: Survival, reproduction and avoidance responses. *Environmental Pollution* 164 (2012) 164e168.
- **Amr M, Halim Z, Moussa S (1997)** - Psychiatric disorders among Egyptian pesticide applicators and formulators. *ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 1997, p. 193-199.
- **Anis AMARA (2012)**- Evaluation de la toxicité de pesticides sur quatre niveaux trophiques marins : micro algues, échinoderme, bivalves et poisson. THÈSE DE DOCTORAT en cotutelle entre l'université de Tunis El-Manar et l'université de Bretagne occidentale.
- **Armand D (2002)**- Découvrir l'eau : Dégradation : La pollution par les pesticides. [En ligne] [http://www.cnrs.fr/cw/dossier/doseau/decouv/degradation/06\\_pollution.html](http://www.cnrs.fr/cw/dossier/doseau/decouv/degradation/06_pollution.html) Consulté le 12/09/2015.
- **Bachelier G, (1978)**- La faune des sols, son écologie et son action. IDT n°38 ORSTOM, Paris. 391 p.
- **Baha M, (1997)** - The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. *Trop. Zool.*10: 247-254.
- **Baha M, Berra S (2001)** - *Proselodrilus doumandjii* n. sp., a new lumbricid from Algeria. *Tropical Zoology* 14: 87-93,
- **Bailey G, White J (1964)** - Review of adsorption and desorption of organic pesticides by soil colloids with implications concerning pesticide bioactivity. *J. Agric. Food Chem.* 12, 324-332.
- **Baker G, Barrett V (1994)** - earthworm identifier, CSIRO Ausrtalia, 91p.
- **Baldi I, Brahim B, Brochard P, Dartigues J, Salamon R (1998)**- Effets retardés des pesticides sur la santé: état des connaissances épidémiologiques. *REVUE D'ÉPIDÉMIOLOGIE ET DE SANTÉ PUBLIQUE*, 1998, n° 46, p. 134-142,

## Références bibliographiques

---

- **Barret E (2006)**- Pesticides et eau souterraine: prévenir la contamination en milieu agricole. Direction des politiques en milieu terrestre, ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, Québec. 15 p. ISBN : 2-550- 46789.
- **Bazri K, Ouahrani G, Gheribi Z, Diaz Cosin (2013)**- La diversité des lombriciens dans l'Est algérien depuis la côte jusqu'au désert. *Ecologia mediterranea* – Vol. 39 (2) – 2013.
- **Bazri Kamel-eddin (2014)**- Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relation avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatique, dans l'est Algérien. These de Doctorat Université de Constantine
- **Beddard F (1892)** - On earthworms from Algeria and Tunisia. Proceedings of the Royal Physical Society of Edinburgh, Session 1892, Edinburgh
- **Belfroid A, Seinen W, van Gestel, K, Hermens J (1993)** -The acute toxicity of chlorobenzenes for earthworms (*Eisenia andrei*) in different exposure systems. *Chemosphere* 26, 2265–2277.
- **Bliefert C, Perraud R (2001)**- Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets. Paris: De Boeck Université, 2001, 477 p.
- **Boersma O, Kooistra M (1994)** - Difference in soil structure of silt loam typicfluvents under various agricultural management practices. *Agric. Ecosystem Environ.* 51(1-2), 21-42.
- **Booth LH, O'Halloran K (2001)** - A comparison of biomarker responses in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to the organophosphorus insecticides diazinon and chlorpyrifos. *Environ Toxicol Chem* 20:2494–2502.
- **BOUCHE M (1969)**- L'échantillonnage des peuplements d'Oligochètes terricoles. *In* Lamotte M., Bourlière F. (Eds). Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Masson et Cie, Paris, p 273-287.
- **Bouché M (1972)** - Les Lombriciens de France. *Ecologie et systématique, Ann. Zool. Ecol. Anim., INRA, n° spécial, 72-2, 671 p.*
- **Bouché M (1975)** - Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes. *In* Kilbertius, G., Reisinger, O., Mourey, A., Cancela da Fonseca, J.A. (eds) *Humification et biodégradation*. Pierron, Sarreguemines, France, pp. 157-168.
- **Bouché, M, Aliaga R (1986)** - Contre une dégradation physique et chimique des sols et pour leur optimisation économique, l'échantillonnage des lombriciens : une urgente nécessité. *La Défense des Végétaux*, 242, 30-36.
- **Boué H, Chanton R, Zoologie I invertébrés (1974)**- « Doin, éditeurs » 94 p
- **Boukria Asma (2012)**- Démécologie des peuplements Lombriciens dans la zone aride de l'est Algérien- Biskra- mémoire de Magister- Université de Biskra - .
- **Bouvier G, Blanchard O, Momas I, Seta N (2006)** - Environmental and biological monitoring of exposure to organophosphorus pesticides: application to occupationally and non-occupationally exposed adult populations. *Journal of exposure Science & Environmental Epidemiology*. 16(5): 417-426.

## Références bibliographiques

---

- **Bouvier G (2009)**- Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France. Synthèse des données d'utilisation, de contamination des milieux et d'imprégnation de la population. Affset. RAPPORT du groupe d'étude « Expositions, déterminants des expositions et imprégnation de la population générale aux pesticides ».
- **Bretscher K (1896)** - The Oligochaeta of Zurich. *Rev. Suisse Zool.*, 3: 499-532.
- **Briand O, Millet M, Bertrand F, Clement M, Seux R (2002)**- "Assessing the transfer of pesticides to the atmosphere during and after application. Development of a multiresidue method using adsorption on tenax and thermal desorption-GC/MS." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 374(5): 848-857.
- **Brown G, Edwards C, Brussaard L (2004)** - How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. In Edwards, C.A. (ed) *Earthworm ecology*. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 13-49.
- **Burrows H, Canle L, Santaballa J, Steenken S (2002)** - "Reaction pathways and mechanisms of photodegradation of pesticides." *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 67(2): 71-108.
- **Bustos E, Goicochea R (2002)** - "Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters." *Asian Journal of Andrology* 4(3): 195-199.
- **Calvet R, Tercé M, Arvieu J (1980)** - Adsorption des pesticides par les sols et leurs constituants. Caractéristiques générales de l'adsorption des pesticides. *Ann. Agron.* 1980, 31, 239-257.
- **Chaoui H, Keener H (2008)** - « Modeling the effectiveness of an electric field at repelling earthworms », *Biosystems engineering*, vol. 100, no 3, p. 409-421.
- **Chemani zahir, Bachir nouredine (2003)**- Étude de quelques caractéristiques physique et chimique des sols de la CASSDEP de Tichy, mémoire de fin de cycle en vue d'obtention du D.U.E.A en biologie. Page: 35
- **Chen Chen, Yanhua Wang, Xueping Zhao, Qiang Wang, Yongzhong Qian (2014)** - Comparative and combined acute toxicity of butachlor, imidacloprid and chlorpyrifos on earthworm, *Eisenia fetida*. *Chemosphere* 100, 111–115
- **Cluzeau D, Binet F, Vertes F, Simon J, Riviere J, Trehen P (1992)**- Effects of intensive cattle trampling on soil plant earthworms system in 2 grassland types. *Soil Biol. Biochem.* [En ligne]. Vol. 24, n°12, p. 1661-1665.  
Disponible sur: <[http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90166-U](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(92)90166-U)>
- **Coline DRUART (2011)**- Effets des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition. THÈSE doctorat Université de Franche-Comté
- **Curry, J (1998)** - Factors affecting earthworm abundance in soils, In MARIE VAUTHIER 2012. Evaluation des effets des modes d'exploitation et de la fertilisation sur les quatre catégories de lombrics au sein d'un système polyculture-élevage. 7p
- **DAJOZ R (1985)** - *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 505p.

## Références bibliographiques

---

- **Daniels Julie L, Olshan A F, Savitz D A(1997)**- Pesticides and childhood cancers. Environmental health perspectives, vol. 105, n° 10, p. 1068-1077
- **De Silva, Pathiratne A, Van Gestel (2009)** - Influence of temperature and soil type on the toxicity of three pesticides to *Eisenia andrei*. Chemosphere 76, 1410–1415.
- **De Silva, Asoka P, Cornelis A (2010)** - Toxicity of chlorpyrifos, carbofuran, mancozeb and their formulations to the tropical earthworm *Perionyx excavates*. Applied Soil Ecology 44, 56–60.
- **Decaëns T (2010)** - Macro ecological patterns in soil communities. *Global Ecol. Biogeogr.* 19, 3: 287-302.
- **Domenach H (2007)**- Démographie et environnement : vers une régulation planétaire ? La Jaune et la Rouge, 1: 11- 17. Disponible sur : [http://www.xenvironnement.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51%3Asept-2007&catid=36%3Ajaune-rouge&Itemid=41&limitstart=3](http://www.xenvironnement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=51%3Asept-2007&catid=36%3Ajaune-rouge&Itemid=41&limitstart=3)
- **Duyser JH, Vonk AW( 2003)**- « Atmospheric deposition of pesticides, PAHs and PCBs in the Netherlands » R 2003/255. TNO Environment, energy and process innovation.
- **EC (1991)** - "Council directive of 15 July 1991, concerning the placing of plant protection products on the market. 91/414/EC." Official Journal of the European Union **L230**: 1- 154.
- **EDIALUX (2002)** - Fiche de données de sécurité : Nom du produit: EMPIRE\* 200 INSECTICIDE, 7 p disponible sur : <http://www.edialux.be/fr/vf/Fds%20Empire.pdf>
- **Edwards C, Lofty j (1972)** - Biology of earthworms. Chapman and Hall, LTD London. 283p.
- **Edwards C (1988)** - Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. Agric. Ecosyst. Env. 24, p. 21-31.
- **Edwards C, Bohlen P. (1996)** - Biology and Ecology of Earthworms 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 p.
- **Edwards C (1998)** - Earthworm Ecology. Soil and water Conservation Society. Ankeny, Iowa: St Lucie Press, 389 p.
- **Edwards C A (2004)** - Earthworm Ecology, 3. CRC Press LLC, Boca Raton.
- **Eggleton P (2006)** - The termite gut habitat: its evolution and co-evolution. In: intestinal microorganisms of soil invertebrates. König H & Varma A (eds), Springer-Verlag, Berlin, pp. 373-403.
- **El Harti A, Raouane M (2009)** - Détermination de la région d'excrétion des substances rhizogènes chez *Lumbricus terrestris* L. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13(1), 85-92.
- **Elodie GUIGON- MOREAU (2006)** - Transfert des pesticides vers les eaux superficielles et l'atmosphère : caractérisation et modélisation sur le bassin versant de la Vesle. Thèse de Doctorat Université de Pierre et Marie Curie. Spécialité : Géosciences et Ressources naturelles
- **Environnement Canada (2004)**- Centre de technologie environnementale. Méthode d'essai biologique : Essais pour déterminer la toxicité de sols contaminés pour les vers de terre *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida* ou *Lumbricus terrestris*.

## Références bibliographiques

---

- **EPA (2000)** - US Environmental Protection Agency, 2000 (revision). Reregistration eligibility science chapter for Chlorpyrifos: Fate and environmental risk assessment chapter, 94p.
- **Ercegovich C, Frear D E H (1964)** - Metabolism of Herbicides, Fate of 3-Amino-1,2,4-triazole in Soils. *Agricultural and Food Chemistry*. 1964, 12, 26-29
- **European Commision (2010)** - Method validation and quality control procedures for pesticide residues analysis in food and feed, document N° SANCO/10684/2009. [http://ec.europa.eu/food/plant/protection/resources/qualcontrol\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/protection/resources/qualcontrol_en.pdf)
- **Fabre R, Truhaut R (1954)**- Toxicologie des Produits Phytopharmaceutiques. Société d'Édition d'Enseignement Supérieur - SEDES: Paris; 272p.
- **Fear N, Roman E, Reeves G, Pannett B (1998)** - Childhood cancer and paternal employment in agriculture: the role of pesticides. *BRITISH JOURNAL OF CANCER*, 1998, vol. 77, p. 825-829,
- **François R (2005)**- éléments d'écologie «Ecologie appliquée» 6<sup>e</sup> édition DUNOD .212 p.
- **Frédéric Francis, Éric Haubruge, Pham Tat Thang, La Van Kinh, Philippe Lebailly , Charles Gaspar( 2003)**- Technique de lombriculture au Sud Vietnam *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2003 7 (3–4), 171–175
- **Gallien, Landriau I (2003)** - Etude de l'altération fonctionnelle du système reproducteur par les perturbateurs endocriniens. Caractérisation des effets, identification des xéno-estrogènes impliqués et conséquences sur les populations de poissons en estuaire et Baie de Seine. Thèse de Doctorat. Université du Havre.
- **Gates, GE (1972)** - Burmese earthworms. An introduction to the systematic and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. *Transaction of American Philosophical Society* 62.
- **Gagaoua Yasmina, Ouali Farida (2012)** - Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en environnement et sécurité alimentaire. Université de Bejaïa
- **Garcia A, Benavides FG, Fletcher T, Orts E(1998)** - Paternal exposure to pesticides and congenital malformations. *Scandinavian Journal of work, Environment and Health* 1998, 24: 473-480.
- **Gil Y, Sinfort C (2005)** - "Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review." *Atmospheric Environment* 39(28): 5183-5193.
- **Gouzy A, Farret R, Gall AC (2005)** - Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien: approche par hiérarchisation, Rapport INERIS n° DRC – 05 – 45936 –95 – AGo.
- **Guénola P (2003)** - Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et la macro-bioporosité dans le contexte polyculture breton. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol. THESE de doctorat. Université DE RENNES 1 U.F.R Sciences de la vie et de l'environnement.

## Références bibliographiques

---

- **Hameed R, Cortez J, Bouché M (1993)** - Biostimulation of *Lolium perenne* L. growth with nitrogen excreted by *Lumbricus terrestris* L. Flow measurement in the laboratory. *Soil Biol. Biochem.*, 26, 483-493.
- **HSDB (2003)** - Manganese. Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine. Disponible sur: <http://www.toxnet.nlm.nih.gov>.
- **Hu Xiuqing Q, Cang T, Wu M (2004)** - Study on toxicity and safety evaluation of chlorpyrifos and fenpropathrin to earthworm (*Eisenia foelide*). *Pesticide Science and Administration*, 25 (2004) : 10–11.
- **INERIS (2012)** - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Version N°-2.3 juillet 2012
- **Ingham E, Slaughter M (2004)** - the soil foodweb – soil and composte as living ecosystems; International Conference SOIL AND COMPOST ECO-BIOLOGY September 15th – 17th 2004, León – Spain. 138 p, 127- 139
- **Inserm (2013)**- (Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale) Expertise collective. Pesticides, effets sur la santé, 2013. Disponible sur <http://editions.inserm.fr/zh5/109743>
- **Ippolito A, Carolli M, Varolo E, Villa S, Vighi M (2012)** - Evaluating pesticide effects on freshwater invertebrate communities in alpine environment: a model ecosystem experiment. *Ecotoxicology*. 21: 2051-2067.
- **Isabelle T, Odile P, Sandra C (2001)**- Effets chroniques des pesticides sur la santé: état actuel des connaissances. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*.
- **Ismail S M, Ahmed M, Mosleh Y, Ahmed Y (1997)** - Comparative toxicity, growth rate and biochemical effect of certain pesticides on earthworm *Aporrectodea caliginosa*. In: Proceedings of the Seventh National Congress on Pests and Diseases of Vegetables and Fruits in Egypt, Ismailia, Egypt, pp. 682–700.
- **ISO (1998)** - Soil Quality: Effects of Pollutants on Earthworms (*Eisenia fetida*) – Part 2: Method for the Determination of Effects on Reproduction. No. 11268-2. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- **ISO (2008)** - Soil Quality: Avoidance Test for Testing the Quality of Soils and Effects of chemicals on Behavior – Part 1: Test with Earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). ISO/DIS 17512-1.2. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- **Joshi N, Dabral M (2008)** - Life cycle of earthworms *Drawida nepalensis*, *Metaphire houlletii* and *Perionyx excavatus* under laboratory controlled conditions. *Life Science Journal*, Vol 5, No 4.
- **Kherbouche Djedjiga, France Bernhard-Reversat, Aissa Moali, Patrick Lavelle (2012)**- The effect of crops and farming practices on earthworm communities in Soummam valley, Algeria. *European Journal of Soil Biology* 48, 17-23.
- **Kidd H, James D (1991)** - The Agrochemicals Handbook, Second Edition. Royal society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, Carbaryl.

## Références bibliographiques

---

- **Kula H, Larink O (1997)** - Development and standardization of test methods for the prediction of sublethal effects of chemicals on earthworms. *Soil Biol. Biochem.*29, 635–639.
- **Kwong T (2002)** - Organophosphate pesticides: biochemistry and clinical toxicology. *Therapeutic Drug Monitoring* 24, 144–149.
- **Lavelle Patrick (1978)**- Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : peuplements, populations et fonctionnement dans l'écosystème. Thèse d'Etat, Paris VI, Publication du Laboratoire de Zoologie de l'ENS.301p.
- **Lavelle P, Pashanasi B, Charpentier F, Gilot C, Rossi J, Derouard L, Andre J, Ponge J, Bernier N (1998)** - Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics, in: Edwards C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*, St. Lucie Press, Boca Raton, USA, 103–122.
- **Lavelle P, Spain A(2001)** - *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654 p.
- **Lhoste J, Grison P (1989)**- *La Phytopharmacie française chronique historique*. Paris, INRA.
- **Lister L, Svendsen C, Wright J, Hooper H L, Spurgeon D J (2011)** - Modelling the joint effects of a metal and a pesticide on reproduction and toxicokinetics in Lumbricid earthworms. *Environment International* 37 663–670.
- **Lukas Pffiffner (2013)**- Les vers de terre architectes des sols fertiles. Fiche technique Vers de terre, numéro de commande 1619, Édition suisse FiBL 2013 (Institut de recherche de l'agriculture biologique. FiBL) [www.shop.fibl.org](http://www.shop.fibl.org)
- **Luo Y, Zang Y, Zhong Y, Kong Z (1999)** - Toxicological study of two novel pesticides on earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere* 39, 2347–2356.
- **Ma W, Bodt J (1993)** - Differences in toxicity of the insecticide Chlorpyrifos to six species of earthworms (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) in standardized soil tests. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50, 864–870.
- **MAAPAR (2011)** - (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales). Guide des bonnes pratiques de désherbage en ZNA.
- **Magdelaine C (2013)** - Les pesticides ou produits phytosanitaires. 5 En ligne]: <http://www.notre-planete.info/ecologie/alimentation/pesticides.php#>. Consulté le 02/09/2015.
- **Mansour M, Feicht E, Behechti A , Scheunert I (1997)** - "Experimental approaches to studying the photostability of selected pesticides in water and soil." *Chemosphere* 35 (1-2): 39-50.
- **Markert B, Breure A, Zeichmeister H (2003)** - *Bioindicators & biomonitors : principes, concepts, and applications*. Elsevier. Amsterdam. 997 p.
- **Michaelsen W (1902)** - Neue Oligochaeten und neue Fundorte altbekannter. *Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg* 19, 3–54.
- **Michaelsen W (1938)** - On a collection of African *Oligochaeta* in the British Museum. *Proceedings of the Zoological Society of London, Series B*, 107, 501–528

## Références bibliographiques

---

- **Mickaël H (2006)** - Etude de la relation entre la diversité des macro-invertébrés et la dynamique de la matière organique des sols limoneux de Haute-Normandie. Thèse de doctorat. Université de Rouen
- **Minier C (2004)** - Contribution à l'évaluation du risque reprotoxique en Estuaire de seine. Programme Seine-Aval 2. Rapport Annuel. Université du Havre
- **Mirlean N, Roisenberg A, Chies JO (2007)** - "Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (southern Brazil)." *Environmental Pollution* 149(1): 10-17.
- **Mitchell A (1997)** - Production of *Eisenia foetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biol. Biochem.* 29, p. 763–766.
- **Monroy Fernando , Manuel Aira, José Ángel Gago, Jorge Domínguez( 2007)** - Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *C. R. Biologies* 330 (2007) 389–391.
- **Mosleh Y, Parise Palacios, Couderchet S, MandVernet G (2003)** - Acute and sublethal effects of two insecticides on earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) under laboratory conditions, *Environ. Toxicol.* 18 (2003) 1e8.
- **Mougin C, Boukcim H , Jolival C (2009)** - Soil Bioremediation Strategies Based on the Use of Fungal Enzymes. *Advances in Applied Bioremediation*, Springer Berlin Heidelberg. **17**: 123-149.
- **Neumann M, Liess M, Schulz R( 2003)** - A qualitative sampling method for monitoring water quality in temporary channels or point sources and its application to pesticide contamination. *Chemosphere.* 51(6): 509-513.
- **OECD (1984)** - guideline for testing of chemicals. "Earthworm, Acute Toxicity Tests"
- **OECD (2004)** - Guideline for Testing of Chemicals No. 222, Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida/andrei*). Organization for Economic Co-operation and Development. Paris, France.
- **Omodeo P, Rota E, Baha M (2003)** - The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb: a biogeographical and ecological characterization. *Pedobiologia.* 47: 458 – 465.
- **OMS (1991)** - L'utilisation des pesticides en agriculture et ses conséquences pour la santé publique. Organisation Mondiale de la Santé. Genève
- **Ouahrani G (2003)** - Lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse de Doc. Etat. Université Mentouri. 230 p. In Bazri. K, Ouahrani. G, Gheribi. Z, DÍAZ COSÍN. D. G. 2013, La diversité des lombriciens dans l'Est algérien depuis la côte jusqu'au desert. *Ecologia mediterranea* – Vol. 39 (2) – 2013.
- **PAN (Pesticide Action Network U.K) (2005)** - A catalogue of lists of pesticides identifying those associated with particularly harmful health or environmental impacts. United Kingdom. (2005). <http://www.pan-uk.org>
- **Panda S, Sahu S (1999)** - Effects of Malathion on the growth and reproduction of *Drawida willsi* (Oligochaeta) under laboratory conditions / *Soil Biology and Biochemistry* 31 (1999) 363-366.

## Références bibliographiques

---

- **Pankhurst C, Doube B, Gupta V (1997)** - Biological indicators of soil health. Wallingford; New York. CAB International. 451 p.
- **Paoletti M (1999)** - The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Vol. 74, p. 137-155.  
Disponible sur: < [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00034-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00034-1) >
- **Pelosi Celine (2008)** - Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. Contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les communautés Lombriciennes. THÈSE Doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech)
- **Peres G, Cluzeau D, Curmi P, Hallaire V, Chaussod R, Andreux F, Moncomble D (1996)**- The influence of the relationships between organic matter and earthworm community on vineyard soil structure. XII Int. Coll. on Soil Zoology. Dublin.
- **Piccolo A, Celano G, Conte P (2000)**- Methods of isolation and characterization of humic substances to study their interactions with pesticides. Pesticide/Soil Interactions 2000, 103-116.
- **Reddy N, Rao J (2008)** - Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos, Ecotoxicology and Environmental Safety 71 (2008) 574–582
- **Reinecke S, Reinecke A (2007)** - The impact of organophosphate pesticides in orchards on earthworms in the Western Cape, South Africa. Ecotoxicol. Environ. Saf. 66, 244–251.
- **Reini W, Bretveld, Chris MG Thomas, Paul T ,Scheepers, Gerhard A Zielhuis, Nel Roeleveld (2006)**- Review: Pesticide exposure: the hormonal function of the female reproductive system disrupted. Reproductive Biology and Endocrinology.
- **Rice P, Drewes C, Klubertanz T, Bradbury S, Coats J (1997)**- Acute toxicity and behavioral effects of Chlorpyrifos, permethrin, phenol, strychnine, and 2,4–dinitrophenol to 30-days-old Japanese Medaka (*Oryzias latipes*). Setac. Journals, 16: 696-704.
- **Romans J, Robertson L (1975)** - Some characteristics of the freely drained soils of the Etrick association in East Scotland. Geoderma. p. 297-317.
- **Ruben PUGA FREITAS (2012)**- Effet du ver de terre *Aporrectodea caliginosa* sur la croissance des plantes, leur développement et leur résistance aux pathogènes. Thèse de doctorat. Université Paris est. Spécialité : Sciences de l'Univers et de l'Environnement. P 107
- **Sanchez-Hernandez Juan C , Narvaez C , Sabat P , Martínez Mocillo S (2014)**- Integrated biomarker analysis of chlorpyrifos metabolism and toxicity in the earthworm *Aporrectodea caliginosa*. Science of the Total Environment 490 (2014) 445–455.
- **Scheu S (2003)** - Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives: The 7<sup>th</sup> international symposium on earthworm ecology · Cardiff · Wales · 2002. *Pedobiologia*, **47**, 846-856.
- **Schiavon M, Jacqin F (1973)** - Studies on the migration of two triazines as influenced by precipitation. *Symposium on Herbicides and the soil*. 80-90.

## Références bibliographiques

---

- **Schreck H, Geret F, Gontier L, Treilhou M (2008)** - Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa nocturna*. *Chemosphere* 71 1832–1839.
- **Schulz E, Graff O (1977)** - Evaluation of the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny) as a protein source. *landbauforschung völknerode* 27, p. 216–218.
- **Schulz R (2004)** - Field studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint source insecticide pollution: a review. *Journal of Environment Quality*. 33(2): 419-448.
- **Sims R, Gerard B (1999)** - Earthworms. FSC Publications, London, 167 p.
- **Slimani S, Boulakoud M S, Abdennour C (2011)**- Pesticide exposure and reproductive biomarkers among male farmers from north-east Algeria. *Scholars Research Library. Annals of Biological Research*, 2011, 2 (2): 290-297
- **Spurgeon D, Hopkin S (1996)** - Effects of variations of the organic matter content and pH of soils on the availability and toxicity of zinc to the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia* 40, 80-96
- **Sweet L, Passino D, Meier P, Omann G (1999)**- Xenobiotic induced apoptosis: significance and potential application as a general biomarker of response. *Biomarkers* 4, 237–253.
- **Terki S (2015)** - Evaluation de la toxicité des pesticides (Mancozebe et Dursban) sur un crustacé terrestre, *Armadillilium sp* : Bio-indicateur des agroécosystèmes. De la région de Bejaia. Mémoire de Master université de Bejaia 36p.
- **Tomlin A (1981)** - Élevage des vers de terre. Agriculture Canada. Canadex No 489. 4 pages.
- **Tondoh J, Monin L, Tiho S, Csuzdi C (2007)**- Can earthworms be used as bio-indicators of land-use perturbations in semi-deciduous forest?; *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 43, n°5, p. 585-592.  
Disponible sur: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00374-006-0144-z>>
- **Union Européenne (1998)**- Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février concernant la mise sur le marché des produits biocides.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0008:fr:NOT> .
- **United Nation (2013)** - World Population Policies. United Nations publication Sales No. E.14.XIII.2. 47p.
- **Venkateswara Rao J, Kavitha P (2004)** - Toxicity of azodrin on the morphology and acetylcholine esterase activity of the earthworm *Eisenia foetida*. *Environmental Research* 96 (2004) 323–327.
- **Venkateswara, Rao Surya Pavan, Madhavendra S (2003)** - Toxic effects of chlorpyrifos on morphology and acetylcholine esterase activity in the earthworm, *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 54 (2003) 296–301
- **Vermeulen L, Reinecke A, Reinecke S (2001)**- Evaluation of the fungicide manganese-zinc ethylene bis (dithiocarbamate) (mancozeb) for sublethal and acute toxicity to *Eisenia fetida* (*Oligochaeta*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 48,183–189.

## Références bibliographiques

---

- **Villeneuve F, Désire C (1965)** - Zoologie Bordas. 40 p
- **Wang Y, Cang T, Zhao X, Yu R, Chen L, Wu C (2012)**- Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia foetida*, *Ecotox. Environ. Saf.* 79. 122e128.
- **Zahm Shelia Hoar, Ward Mary H (1998)** - Pesticides and childhood cancer. *Environmental health perspectives*, vol. 106, p. 893-908,
- **Zeriri I, Tadjine A, Belhaouchet N, Berrebbah H, Djebbar M, Baha M (2013)**- Contribution to the identification of Oligochaeta: Lumbricidae in the region of Annaba in eastern Algeria. *European Journal of Experimental Biology*, 2013, 3(6):229-232.
- **Zhou S, Duan C, Hui F, Chen Y, Wang X, Yu Z (2007)**- Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *J. Environ. Sci.* 19 (7), 854–858.
- **Zirbes L, Caroline C, Dufey J, Pham K, Nguyen D, Frédéric F, Philippe L, Haubruge E, Yves B (2009)**- Mise en relation de la diversité des vers de terre et des caractéristiques du sol de Thua Thien Hue (Centre Vietnam), *Tropical Conservation Science* Vol.2(3):282-298.
- **Zicsi A (1962)** - Determination of number and size of sampling unit for estimating lumbricid populations of arables soils. In: PW Murphy (Ed.), *Progress in Soil Zoology*, Butterworth, London, p 68-71
- **Zmirou D, Dor F, Goldberg M, Hubert T P, Potelon J, Quenel P (2000)** - Quels risques pour notre santé ? Pollution, air, eau, aliments, bruit, nucléaire. Paris : Syros. P.300

# Annexes

## Annexe 1

	<b>T0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<b>T0</b>	0.00	1.00	1.73	2.00	3.16
<b>S1</b>	1.00	0.00	1.41	1.73	2.65
<b>S2</b>	1.73	1.41	0.00	1.00	1.73
<b>S3</b>	2.00	1.73	1.00	0.00	1.41
<b>S4</b>	3.16	2.65	1.73	1.41	0.00

**Matrice de distance euclidienne des semaines pour le test de toxicité aigu du Manèbe**

## Annexe 2

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>800</b>
<b>0</b>	0.00	1.41	1.00	1.41	1.73
<b>50</b>	1.41	0.00	1.73	2.45	2.65
<b>100</b>	1.00	1.73	0.00	1.00	1.41
<b>400</b>	1.41	2.45	1.00	0.00	1.00
<b>800</b>	1.73	2.65	1.41	1.00	0.00

**Matrice de distances euclidiennes des concentrations appliquées lors de test de toxicité aigu du Manèbe**

### Annexe 3

	<b>T0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<b>T0</b>	0.0	13.3	16.3	16.1	16.6
<b>S1</b>	13.3	0.0	5.2	6.6	6.0
<b>S2</b>	16.3	5.2	0.0	5.0	3.6
<b>S3</b>	16.1	6.6	5.0	0.0	2.0
<b>S4</b>	16.6	6.0	3.6	2.0	0.0

**Matrice de distances euclidiennes des semaines pour le test de toxicité aigu du Dursban**

## Annexe 4

	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>90</b>	<b>360</b>	<b>720</b>
<b>0</b>	0.0	9.85	9.59	16.4	18.5
<b>45</b>	9.8	0.00	5.74	7.4	9.5
<b>90</b>	9.6	5.74	0.00	9.2	9.9
<b>360</b>	16.4	7.42	9.17	0.0	5.0
<b>720</b>	18.5	9.49	9.95	5.0	0.0

**Matrice de distances euclidiennes entre les concentrations appliquées lors du test de toxicité aigu du Dursban**

## Annexe 5

N	Espèce	Auteur (s)
01	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Beddard (1892)
02	<i>Allolobophora longa</i>	Michaelsen (1938)
03	<i>Allolobophora chlorotica</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003); Kherbouch et al (2012) ; Bazri et al (2013) ; Zeriri et al (2013)
04	<i>Allolobophora borellii</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003)
05	<i>Allolobophora georgii</i>	Omodeo et al (2003)
06	<i>Allolobophora molleri</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003) ; Bazri et al (2013)
07	<i>Allolobophora moebii</i> *	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003)
08	<i>Allolobophora rosea</i> *	Omodeo et al (2003) ; Kherbouch et al (2012) ; Bazri et al (2013)
09	<i>Allolobophoridella eiseni</i>	Omodeo et al (2003)
10	<i>Amyntas sp</i>	Omodeo et al (2003)
11	<i>Aporrectodea trapezoides</i> *	Boukria (2012) ; Bazri et al (2013)
12	<i>Aporrectodea monticola</i>	Bazri et al (2013)
13	<i>Aporrectodea carochensis</i>	Bazri et al (2013)
14	<i>Aporrectodea tetramammalis</i>	Bazri et al (2013)
15	<i>Aporrectodea caliginosa</i> *	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003) ; Kherbouch et al (2012) ; Boukria (2012) ; Zeriri et al (2013) ;Bazri et al (2013)
16	<i>Dendrodrilus rubidus</i>	Michaelsen (1938)
17	<i>Octodrilus complanatus</i> *	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003) ; Kherbouch et al (2012) ; Boukria (2012) ; Bazri et al (2013) ; Zeriri et al (2013)
18	<i>Octolasion lacteum</i>	Michaelsen (1902); Bazri et al (2013)
19	<i>Criodrilus lacuum</i>	Omodeo et al (2003)
20	<i>Hormogaster redii</i>	Omodeo et al (2003) ; Bazri et al (2013)
21	<i>Eiseniella neapolitana</i>	Omodeo et al (2003)
22	<i>Eiseniella tetraedra</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003) ; Bazri et al (2013)
23	<i>Eisenia fetida</i> *	Omodeo et al (2003) ; Bazri et al (2013) ; Zeriri et al (2013)
24	<i>Eisenia parva</i>	Omodeo et al (2003)

25	<i>Eisenia xylophila</i>	Omodeo et al (2003)
26	<i>Lumbricus rubellus</i>	Omodeo et al (2003)
27	<i>Proctodrilus antipai</i>	Omodeo et al (2003) Bazri et al (2013)
28	<i>Helodrilus cfr. Oculatus</i>	Omodeo et al (2003)
29	<i>Prosellodrilus doumandjii</i>	Baha et Berra (2001) ; Omodeo et al (2003)
30	<i>Murchieona minuscula</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003)
31	<i>Dendrodrilus rubidus</i>	Omodeo et al (2003)
32	<i>Dendrobaena byblica</i>	Omodeo et al (2003) Bazri et al (2013)
33	<i>Dendrobaena lusitana</i>	Omodeo et al (2003)
34	<i>Octodrilus kabylianus</i>	Omodeo et al (2003)
35	<i>Octodrilus maghrebinus</i>	Omodeo et al (2003) Bazri et al (2013)
36	<i>Ocnerodrilus sp</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003)
37	<i>Microscolex dubius</i>	Omodeo et al (2003) ; Kherbouch et al (2012) ; Bazri et al (2013)
38	<i>Microscolex phosphoreus</i>	Baha (1997) ; Omodeo et al (2003) ; Bazri et al (2013)
39	<i>Dichogaster sp</i>	Omodeo et al (2003)
40	<i>Helodrilus antipai</i>	Baha (1997)
41	<i>Hydrilus ghaniae</i>	Ouahrani (2003)

Le signe \* signifie que l'espèce indiquée figure dans l'inventaire de notre étude.

### Recueil des espèces de vers de terre retrouvées en Algérie

## **Résumé**

L'enquête établie sur le terrain auprès des agriculteurs de la vallée de la Soummam a montré que le Manèbe et le Dursban sont les deux pesticides les plus utilisés dans leur activité agricole. Afin d'évaluer la toxicité de ces deux produits sur la faune du sol, nous avons utilisé un modèle biologique faisant partie des Lombricidae, qui sont considérés comme des bio indicateurs de la pollution des sols. L'échantillonnage réalisé sur le terrain, nous a révélé la présence de 5 espèces appartenant à la classe des Oligochaeta : *Octodrilus complanatus*, *Allolobophora rosea*, *Eisenia foetida*, *Allolobophora moebii* et *Aporrectodea caliginosa*. Cette dernière se retrouve en deux sous-espèces, *Aporrectodea caliginosa caliginosa* et *aporrectodea caliginosa trapezoides*

Deux tests de toxicité sont effectués, le test de toxicité aigu et le test de toxicité chronique. Le test de toxicité aigu est effectué essentiellement sur l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* ayant une abondance plus importante sur le terrain et le test de toxicité chronique est effectué sur l'espèce *Eisenia foetida* pour sa grande capacité de reproduction.

Pour le test aigu les bio essais ont été réalisés avec le Manèbe (éthylène bis de manganèse) et le Dursban (Chlorpyriphos -éthyl) à des concentrations respectivement de 0, 50, 100, 400 et 800 mg/kg et 0, 45, 90, 360, 720 mg/kg.

Pour le test de toxicité chronique les concentrations utilisées sont 0, 6.25, 12.5, 25 et 50 mg/kg et 0, 2, 4,8 et 16 mg/kg pour le le Manèbe et le Dursban respectivement.

Les concentrations indiquées sont testées sur des lots de sol à texture sableuse contenant dix individus chacun. Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons fait quatre répétitions pour chaque concentration relatives aux pesticides étudiés.

Pour le test de toxicité aigüe, le Dursban a présenté un effet très toxique, en enregistrant une dose létale 720 mg/kg après sept jours, et une dose létal 360 mg/kg après 14 jours. La DL50 mesurée après 7jour est de 73.6 mg/kg, et la DL50 après 14 jours d'exposition est de 60 mg/kg. Le Manèbe se relevait moins toxique que le Dursban avec une mortalité de 17.5% à la concentration maximale 800 mg/kg, après une exposition de quatre semaines.

**Mots clés** : Toxicité, Vers de terre, Manèbe, Dursban, Bio surveillance, Bio indicateur

## Summary

The study took place on the land from the farmers of the valley Soummam, showed that Maneb (manganese ethylene bis) and Dursban (Chlorpyrifos ethyl) are the two main types of pesticides used in this area. To evaluate the toxicity caused by these two pesticides on soil fauna, a bio-indicator of soil pollution, Lombricidae, is used for this study. Sampling performed lumbricides field is carried out on non-treated soil pesticides. The identification of earthworms' samples revealed the presence of five species belonging to the class Oligochaeta: *Octodrilus complanatus*, *Allolobophora rosea*, *Eisenia foetida*, *Allolobophora moebii* and *Aporrectodea caliginosa*, the latter is found in two subspecies, *Aporrectodea caliginosa caliginosa* and *Aporrectodea caliginosa trapezoids*.

The dominant species are, however, *Aporrectodea caliginosa caliginosa*. Therefore, the acute toxicity test are made primarily on these species. The chronic toxicity test is carried out on the species *Eisenia foetida* for its high reproductive capacity.

For the acute test the bioassays were performed with Maneb and Dursban at concentrations of 0.50, 100, 400 and 800 mg / kg and 0, 45, 90, 360 and 720 mg / kg respectively. For the chronic test the concentrations were 6.25, 12.5, 25 and 50 mg/kg for Maneb and 2, 4, 8 and 16 mg/kg for the Dursban.

The indicated concentrations are tested on lots of sandy soil texture containing ten worms each. For a better exploitation of the results, we made four replicates for each concentration on pesticides studied.

For the acute toxicity test, the Dursban presented a very toxic effect, recording a lethal dose 720 mg / kg after seven days, and a lethal dose at 360 mg / kg after 15 days. The LD50 measured after 7 days is 73.6 mg / kg and the LD50 after 15 days of exposure was 60 mg / kg. The Maneb was less toxic than Dursban with 17.5% mortality at 800 mg / kg after a four-week exposure.

For chronic test, Dursban had adverse effect on adult worms' fecundity and growth of juveniles from low concentrations, 2 mg / kg. While the negative effects of Maneb are observed at the dose 50 mg / kg.

Keywords: Toxicity, Earthworms, Maneb, Dursban, Bio monitoring. Bio-indicator

## ملخص

أظهرت نتائج التحقيق المجرى حول استعمال المبيدات الحشرية الزراعية بولاية بجاية أن Dursban و Manèbe هما الأكثر استعمالاً في النشاطات الفلاحية في المنطقة. لتقييم سمية هذين المنتجين على حيوانات التربة قمنا باستخدام نموذج بيولوجي ينتمي إلى ديدان الأرض والتي تعتبر من مؤشرات التلوث البيئي للتربة. بعد أخذ عينات ديدان الأرض من التراب تبين تواجد خمس أنواع: *Octodrilus complanatus* ، *Alollobophora rosea* ، *Eisenia foetida* و *Alollobophora moebii* و *Aporrectodea caliginosa* حيث أن هذا الأخير متواجد بسلاطين هما *Aporrectodea caliginosa caliginosa* و *Aporrectodea caliginosa trapezoides*.

تم إجراء اختبارين سمية، اختبار السمية الحادة واختبار السمية المزمنة ، اختبار السمية الحادة على السلالة *Aporrectodea caliginosa caliginosa* واختبار السمية المزمنة على النوع *Eisenia foetida*.

التراكيز المستعملة أثناء اختبار السمية الحادة بالنسبة لـ Dursban و Manèbe هي 0، 50، 100، 400 و 800 مغ/كغ و 0، 6.25، 12.5، 25 و 50 مغ/كغ و 0، 2، 4، 8 و 16 مغ/كغ لكل من Manèbe و Dursban على التوالي.

تم اختبار التراكيز المذكورة على عينات من تربة رملية الملمس والتي تحتوي على عشرة ديدان لكل عينة.

للحصول على نتائج أفضل التشغيل، قمنا باستخدام أربعة تكرارات لكل تركيز من المبيدات المدروسة.

فيما يخص اختبار السمية الحادة، قام Dursban بتأثير سام جداً، مسجلاً جرعة قاتلة 720 ملغ / كغ بعد سبعة أيام، و جرعة أخرى مميتة 360 ملغ / كغ بعد 15 يوماً، كما تم قياس LD50 بعد 7 أيام كانت 73.6 ملغ / كغ و LD50 بعد 15 يوماً كانت 60 ملغ / كغ. بينما أظهر Manèbe سمية أقل مقارنة بـ Dursban حيث تم تسجيل موت 17.5% من الديدان بعد تعريضها للتركيز العالي 800 مغ/كغ لمدة 4 أسابيع.

أما نتائج اختبار السمية المزمنة أظهرت أن Dursban ذو تأثير سلبي ملحوظ على إنجابية الديدان البالغة وعلى اكتساب وزن الأحداث ابتداءً من تراكيز منخفضة جداً 2 مغ/كغ، أما التأثير السلبي لـ Manèbe على الانجابية فقد تم تسجيله عند التركيز 50 مغ/كغ فقط.

الكلمات المفتاحية: سمية، ديدان الأرض، Dursban، Manèbe، الرصد البيولوجي، مؤشر

بيئي

## Résumé

L'enquête établie sur le terrain auprès des agriculteurs de la vallée de la Soummam a montré que le Manèbe et le Dursban sont les deux pesticides les plus utilisés dans leur activité agricole. Afin d'évaluer la toxicité de ces deux produits sur la faune du sol, nous avons utilisé un modèle biologique faisant partie des Lombricidae, qui sont considérés comme des bio indicateurs de la pollution des sols. L'échantillonnage réalisé sur le terrain, nous a révélé la présence de 5 espèces appartenant à la classe des Oligochaeta : *Octodrilus complanatus*, *Allolobophora rosea*, *Eisenia foetida*, *Allolobophora moebii* et *Aporrectodea caliginosa*. Cette dernière se retrouve en deux sous-espèces, *Aporrectodea caliginosa caliginosa* et *aporrectodea caliginosa trapezoides*. Deux tests de toxicité sont effectués, le test de toxicité aigu et le test de toxicité chronique. Le test de toxicité aigu est effectué essentiellement sur l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa* ayant une abondance plus importante sur le terrain et le test de toxicité chronique est effectué sur l'espèce *Eisenia foetida* pour sa grande capacité de reproduction. Pour le test aigu les bio essais ont été réalisés avec le Manèbe (éthylène bis de manganèse) et le Dursban (Chlorpyrifos –éthyl) à des concentrations respectivement de 0, 50, 100, 400 et 800 mg/kg et 0, 45, 90, 360, 720 mg/kg. Pour le test de toxicité chronique les concentrations utilisées sont 0, 6.25, 12.5, 25 et 50 mg/kg et 0, 2, 4,8 et 16 mg/kg pour le Manèbe et le Dursban respectivement. Les concentrations indiquées sont testées sur des lots de sol à texture sableuse contenant dix individus chacun. Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons fait quatre répétitions pour chaque concentration relatives aux pesticides étudiés. Pour le test de toxicité aiguë, le Dursban a présenté un effet très toxique, en enregistrant une dose létale 720 mg/kg après sept jours, et une dose létal 360 mg/kg après 15 jours. La DL50 mesurée après 7jour est de 73.6 mg/kg, et la DL50 après 15 jours d'exposition est de 60 mg/kg. Le Manèbe se relevait moins toxique que le Dursban avec une mortalité de 17.5% à la concentration maximale 800 mg/kg, après une exposition de quatre semaines.

**Mots clés :** Toxicité, Vers de terre, Manèbe, Dursban, Bio surveillance, Bio indicateur

## Summary.

The study took place on the land from the farmers of the valley Soummam, showed that Maneb (manganese ethylene bis) and Dursban (Chlorpyrifos ethyl) are the two main types of pesticides used in this area. To evaluate the toxicity caused by these two pesticides on soil fauna, a bio-indicator of soil pollution, Lombricidae, is used for this study. Sampling performed lumbricides field is carried out on non-treated soil pesticides. The identification of earthworms' samples revealed the presence of five species belonging to the class Oligochaeta: *Octodrilus complanatus*, *Allolobophora rosea*, *Eisenia foetida*, *Allolobophora moebii* and *Aporrectodea caliginosa*, the latter is found in two subspecies, *Aporrectodea caliginosa caliginosa* and *Aporrectodea caliginosa trapezoides*. The dominant species are, however, *Aporrectodea caliginosa caliginosa*. Therefore, the acute toxicity test are made primarily on these species. The chronic toxicity test is carried out on the species *Eisenia foetida* for its high reproductive capacity. For the acute test the bioassays were performed with Maneb and Dursban at concentrations of 0.50, 100, 400 and 800 mg / kg and 0, 45, 90, 360 and 720 mg / kg respectively. For the chronic test the concentrations were 6.25, 12.5, 25 and 50 mg/kg for Maneb and 2, 4, 8 and 16 mg/kg for the Dursban. The indicated concentrations are tested on lots of sandy soil texture containing ten worms each. For a better exploitation of the results, we made four replicates for each concentration on pesticides studied. For the acute toxicity test, the Dursban presented a very toxic effect, recording a lethal dose 720 mg / kg after seven days, and a lethal dose at 360 mg / kg after 15 days. The LD50 measured after 7 days is 73.6 mg / kg and the LD50 after 15 days of exposure was 60 mg / kg. The Maneb was less toxic than Dursban with 17.5% mortality at 800 mg / kg after a four-week exposure. For chronic test, Dursban had adverse effect on adult worms' fecundity and growth of juveniles from low concentrations, 2 mg / kg. While the negative effects of Maneb are observed at the dose 50 mg / kg.

**Keywords:** Toxicity, Earthworms, Maneb, Dursban, Bio monitoring. Bio-indicator

## ملخص

أظهرت نتائج التحقيق المجرى حول استعمال المبيدات الحشرية الزراعية بولاية بجاية أن Dursban و Manèbe هما الأكثر استعمالاً في النشاطات الفلاحية في المنطقة. لتقييم سمية هذين المنتجين على حيوانات التربة قمنا باستخدام نموذج بيولوجي ينتمي إلى ديدان الأرض والتي تعتبر من مؤشرات التلوث البيئي للتربة. بعد أخذ عينات ديدان الأرض من التراب تبين تواجد خمس أنواع: *Alolobophora rosea*, *Octodrilus complanatus*, *Eisenia foetida*, *Allolobophora moebii* و *Aporrectodea caliginosa*. حيث أن هذا الأخير متواجد بسلاطين هما *Aporrectodea caliginosa caliginosa* و *Aporrectodea caliginosa trapezoides*. تم إجراء اختبارين سمية، اختبار السمية الحادة واختبار السمية المزمنة، اختبار السمية الحادة على السلالة *Aporrectodea caliginosa caliginosa* واختبار السمية المزمنة على النوع *Eisenia foetida*. أثناء اختبار السمية الحادة بالنسبة لـ Manèbe و Dursban هي 0، 50، 100، 400 و 800 مغ/كغ و 0، 45، 90، 360، 720 و 0 مغ/كغ على التوالي. والتراكيز المستخدمة في اختبار السمية المزمنة هي 0، 6.25، 12.5، 25 و 50 مغ/كغ و 0، 2، 4، 8 و 16 مغ/كغ لكل من Manèbe و Dursban على التوالي. تم اختبار التراكيز المذكورة على عينات من تربة رملية الملمس والتي تحتوي على عشرة ديدان لكل عينة للحصول على نتائج أفضل، قمنا باستخدام أربعة تكرارات لكل تركيز من المبيدات المدروسة. فيما يخص اختبار السمية الحادة، قام Dursban بتأثير سام جداً، مسجلاً جرعة قاتلة 720 مغ / كغ بعد سبعة أيام، و جرعة أخرى مميتة 360 مغ / كغ بعد 15 يوماً، كما تم قياس LD50 بعد 7 أيام كانت 73.6 مغ / كغ و LD50 بعد 15 يوماً كانت 60 مغ / كغ. بينما أظهر Manèbe سمية أقل مقارنة بـ Dursban حيث تم تسجيل موت 17.5% من الديدان بعد تعريضها للتركيز العالي 800 مغ/كغ لمدة 4 أسابيع. أما نتائج اختبار السمية المزمنة أظهرت أن Dursban ذو تأثير سلبي ملحوظ على إنجابية الديدان البالغة وعلى اكتساب وزن الأحداث ابتداءً من تراكيز منخفضة جداً 2 مغ/كغ، أما التأثير السلبي لـ Manèbe على الإنجابية فقد تم تسجيله عند التركيز 50 مغ/كغ فقط.

**الكلمات المفتاحية:** سمية، ديدان الأرض، Dursban، Manèbe، الرصد البيولوجي، مؤشر بيئي