

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDRAHMANE MIRA BEJAIA



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie Physico-Chimique

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : pharmacotoxicologie

**Revue bibliographique de quelques effets néfastes des pesticides
sur les vers de terre**

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Présenté par :

Hamzaoui Wissam & Madi Abderrahim

Soutenu le : **13/09/2023**

Le jury est composé de :

Mme **AKSAS A**

Présidente

Mr **ZAIDI H**

Examineur

Mme **KADJI H**

Encadrante

Année Universitaire : 2022/2023.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes très chers parents :

Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour, mon attachement et mon affection. Je vous offre cet humble travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

Je dédie aussi ce travail à ma chère sœur SONIA et son mari, ma famille, en particulier ma tante LOUIZA et son mari SMAIL et ma grand-mère Pour leur amour et leur incontestable appui.

A ma chère cousine LIZA, et à tous ceux qui sont chers.

WISSAM HAMZAOUÏ

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance qu'ils trouvent ici, expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A toute ma famille

A mon cher frère lamine

Ma sœur KAHINA, NESRINE et sans mari LYES Sans oublier ma petite nièce NELYA

A tous les gens qui me connaissent et que je connais.

MADI ABDERRAHIM

REMERCIEMENTS

En terminant notre mémoire de fin d'études, il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements au miséricordieux tout puissant, car son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aura pu être possible.

Nous commençons par remercier Mme KADJI HAFSA qui nous a fait l'honneur d'être notre promotrice, nous la remercions profondément pour son aide précieuse, ses conseils, sa gentillesse, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Nous présentons nos sincères remerciements à tous nos enseignants qui nous ont enseignés durant nos études.

Nous remercions toute les personnes qui ont contribuées à la réalisation de ce travail.

Un grand merci aux membres du jury qui ont acceptés d'évaluer ce travail.

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	

Introduction.....	1
--------------------------	----------

CHAPITRE 1 : Généralités sur les pesticides

1.1.Définition	3
1.2.Objectifs de l’application des pesticides.....	3
1.3.Composition d’un pesticide.....	4
1.3.1. Ingrédients actifs	4
1.3.2. Ingrédients inertes.....	5
1.4.Classification	5
1.4.1. Classification chimique.....	5
1.4.2. Classification biologique.....	6
1.4.3. Classification selon le mode d’action	7
1.4.4. Classification selon l’utilisation	8
1.4.5. Classification selon la toxicité	9
1.5.Propriétés des pesticides.....	9
1.5.1. Propriétés physiques.....	9
1.5.2. Propriétés chimiques.....	9
1.5.3. Propriétés biologiques.....	11
1.6.Modes d’action des pesticides.....	11

1.6.1. Mode d'action des herbicides	11
1.6.2. Mode d'action des fongicides.....	12
1.6.3. Mode d'action des insecticides.....	13
1.7. Pesticides utilisés en Algérie	14
1.8. Effets des pesticides sur l'environnement et la santé humaine.....	15

CHAPITRE 2 : Généralités sur les vers de terre

2.1. Définition	17
2.2. Classification taxonomique	17
2.2.1. Classification écologique.....	18 /19
2.2.2 Anatomie.....	20
2.2.3. Anatomie externe	21
2.2 .4 Anatomie interne	22
2.4. Régénération.....	23
2.5. Cycle de vie et la période d'activité	23
2.6. Régime alimentaire.....	24
2.7. Intérêt des vers de terre sur l'environnement.....	25
2.8. Distribution.....	25

CHAPITRE 3 : Effet des pesticides sur les vers de terre

3.1. Effet des pesticides sur le comportement des vers de terre	27
3.1.1. Effet sur la mortalité	28
3.1.2. Effet sur la croissance	29
3.1.3. Effet sur la reproduction	30

3.2.	Effet sur l'anatomie externe des vers de terre	31
3.2.1.	Effet sur le corps des vers de terre	32
3.2.2.	Effet sur le Poids corporel du ver de terre	32
3.2.3.	Effet sur la Longueur	32
3.3.	Effet sur l'anatomie interne des vers de terre.....	33
3.4.	Effet sur l'histopathologie des vers de terre.....	34
3.4.1	Effet histo-pathologiques des pesticides sur les deux vers de terre <i>Metaphire posthuma</i> et <i>Lampito mauritti</i>	34
3.4.2.	Effet histo-pathologique sur <i>L'Eisenia fetida</i>	38
3.4.3.	Effet neurologique.....	40
Conclusion	43

Liste des références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 1 : Produits chimiques agricoles y compris les pesticides (P) et leur activité	7
Tableau 2 : Taux de mortalité enregistrée chez vers testés	28

Liste des figures

Figure 1 : Structures chimiques des ingrédients actifs de : (a) La molécule de méthyle metsulfuron- ; (b) la molécule de niclosamide ; (c) la molécule du flumetsulame	4
Figure 2 : Exemple de réaction d'oxydation de p, p'-Dichlorobenzophénone	10
Figure 3 : Exemple de réaction de réduction de Malathion	10
Figure 4 : Exemple de réaction d'hydrolyse de l'Atrazine	11
Figure 5 : Mode d'action d'un herbicide	12
Figure 6 : Mode d'action d'un fongicide protecteur	13
Figure 7 : Cibles des insecticides neurotoxiques	13
Figure 8 : L'utilisation des pesticides en Algérie	14
Figure 9 : Processus de pollution environnementale par les pesticides	15
Figure 10 : Exemple d'un ver de terre épigé	18
Figure 11 : Exemple d'un ver de terre anécique	19
Figure 12 : Exemple d'un ver de terre endogé	19
Figure 13 : Schéma caractérisant l'anatomie externe d'un ver de terre : (a) pygidium ; (b) Clitellum ; (c) prostomium/tête ; (d) soies	20
Figure 14 : Anatomie interne d'un ver de terre	21
Figure 15 : Ver de terre enroulé pour survivre aux périodes défavorables	24
Figure 16 : Effet du fongicide Propicol-70 sur les paramètres de reproduction des vers de terre <i>Eisenia fetida</i>	30
Figure 17 : Cocons des vers de terre	31
Figure 18 : <i>Eisenia fetida</i>	32
Figure 19 : Effet des herbicides sur la longueur du ver de terre <i>E. fetida</i>	33
Figure 20 : Effet du profénofos (3,55 mg cm ²) sur la morphologie du ver de terre.	33

Figure 21 : Segmentation métamérique intacte chez le ver de terre <i>Lampito mauritti</i> (A) et <i>Metaphire posthume</i> (B) dans des conditions contrôlées	34
Figure 22 : (A) : Ruptures multiples à la longueur du corps et suintement de liquide cœlomique, nœud comme glandulaire apparition sur le clitellum et la région postérieure du ver de terre <i>Lampito mauritti</i> . (B) : Enroulement du ver de terre avec libération d'une quantité abondante de mucus avec perturbation du segment et dégradation de la paroi corporelle chez le ver de terre <i>Metaphire posthuma</i> .	34
Figure 23 : Nature intacte des muscles et de la couche d'ectoderme chez le ver de terre témoin <i>Lampito Mauritti</i> (A) et <i>Metaphire Posthuma</i> (B).	34
Figure 24 : Élargissement des cellules ectodermiques et expansion des espaces entre les cellules longitudinales muscles avec prolifération de cellules glandulaires et érosion de la paroi ectodermique de <i>Lampito Mauritti</i>	36
Figure 25 : Élargissement de la paroi corporelle, nécrose des cellules glandulaires et lésions partielles avec gonflement nuageux des muscles longitudinaux, lésions des muscles circulaires et longitudinaux et perte d'intégrité structurelle des muscles longitudinaux et érosion des tissus internes et ectodermiques entraînant des dommages totaux à la paroi corporelle.	37
Figure 26 : Effet du phorate sur la morphologie tégumentaire du ver de terre, <i>Eisenia fetida</i> pendant 48 h d'exposition	38
Figure 27 : Altérations histo-pathologiques du muscle et de la paroi corporelle du ver de terre, <i>Eisenia fetida</i> après 48h d'exposition à la concentration de phorate (LC50).	39
Figure28 : Présentation schématique de l'action des récepteurs Néonicotinoïdes de l'acétylcholine en présence d'acétylcholine et d'une substance Néonicotinoïdes	41

Liste des abréviations

FAO : Food and Agriculture Organization

US-EPA : Environmental Protection Agency

PCB : Polychlorobiphényles

P : Pesticide

DL50 : Dose létale qui tue 50%

VP : Vapeur

OH : Radical hydroxy

P'-DDT : p'-Dichlorodiphényltrichloroéthane

P'-DDE : p'-dichlorodiphényldichloroéthylène

P'-DDD : p'-Dichlorobenzophénone

H⁺ : Ion hydrogène

pH : Potentiel hydrogène

GABA : Acide g aminobutyrique

MO : Matière organique

DAR : Dose agricole recommandée

2,4-D : 2,4-dichlorophénoxyacétique

PFF : Profénofos

OP : Organophosphoré

AChE : l'acétylcholinestérase

GST : glutathion-S-transférase

IPM : Integrated Pest Management

IGR : Régulateur de Croissance des Insecticides

INTRODUCTION

Introduction

Les pesticides sont des substances chimiques exerçant une activité de contrôle contre les pesticide, animaux et végétaux de culture considérés nuisibles par l'homme pour ses activités. Naturels ou de synthèse, ils sont majoritairement destinés à la protection des cultures et ont permis le développement d'un modèle d'agriculture réputé « moderne ». En effet, l'agriculture conventionnelle basée sur un mode de production intensive repose entièrement sur l'utilisation de ces biocides. Ce modèle cultural est devenu dominant à travers le monde au cours de la seconde moitié du XXème siècle et s'établit, de plus en plus, dans de nombreux pays. Durant les premières périodes d'application, il en a résulté une bonne récolte et une bonne productivité, mais au cours des quatre dernières décennies, la productivité du sol s'est réduite (Gupta et *al.*, 2014).

Bien que l'agriculture biologique gagne en importance, l'application de pesticides synthétiques est encore pratiquée. Ces derniers sont aussi utilisés dans le contrôle d'un large éventail de vecteurs de maladies humaines et animales, réduisant ainsi la mortalité et la propagation des épidémies de plusieurs maladies. C'est l'essentiel des avantages de l'usage des pesticides. Ces produits chimiques étant faciles d'accès et d'emploi, peu chers et se révélant très efficaces à large échelle, ont été soupçonnés de présenter un risque sur la santé des humains et leur environnement, ainsi que sur la flore et la faune terrestre, notamment les vers de terre (Maksymiv, 2015).

Les vers de terre sont considérés parmi les organismes les plus importants de la faune invertébrée du sol de part leur rôle majeur dans la dynamique des nutriments du sol, en modifiant leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques (Kooch & Jalilvand, 2008). Ces êtres vivants permettent d'augmenter la souplesse du sol, la porosité et la capacité de la rétention en eau ce qui nécessite donc moins de labour et d'irrigation, ce qui leur confèrent une qualification d'ingénieurs de l'écosystème vu les effets prononcés sur la structure du sol en raison de leurs activités de fouille, d'ingestion de sol et de production de moulages (Jansirani et *al.*, 2012).

Ils sont présents dans la majorité des écosystèmes terrestres, principalement en régions tempérées et tropicales et sont dotés d'un rôle économique très important en aviculture, et sont souvent utilisés dans le processus de vermicompostage et la valorisation des déchets organiques (Francis et *al.*, 2003 ; Vijaya et *al.*, 2012).

Aujourd'hui, l'effet des pesticides sur les vers de terre est considéré comme un problème majeur car l'utilisation intensive de ce dernier affecte également d'une manière directe des

Niveaux alimentaires supérieurs, vu que les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères préfèrent les vers de terre comme nourriture (Gupta et *al.*, 2014).

De ce fait, et pour cette panoplie de données scientifiques, nous avons orienté l'objectif de cette présente étude vers une synthèse des travaux de recherche élaborés à l'échelle nationale et locale portant sur le diagnostic et l'analyse de quelques effets anatomiques et physiologiques des pesticides sur la faune terrestre et plus particulièrement les vers de terre.

A cet effet, le manuscrit est structuré en trois chapitres, dont le premier est consacré à la présentation des pesticides, le deuxième aux vers de terre et le troisième est réservé à l'impact des pesticides sur l'anatomie et la physiologie des vers de terre.



CHAPITRE 1

Généralités sur les pesticides

1.1.Définition

Boland & al. (2004) et Idrissi & al. (2010) ont rapporté que les pesticides sont tous les produits chimiques ou biologiques destinés à détruire des éléments vivants considérés comme nuisibles (microbes, animaux ou végétaux) ou destinés à s'opposer à leur développement, incluant les espèces non désirées de plantes ou d'animaux responsables de dommages durant ou interférant avec la production, le traitement, l'entreposage ou la commercialisation des aliments, des denrées agricoles, du bois, les vecteurs des maladies humaines ou animales et les organismes nuisibles des matériaux, locaux et habitats.

Les mêmes auteurs ont précisé également que les pesticides désignent tout aussi bien la substance active, la spécialité commerciale ou préparation composée d'une ou plusieurs substances actives ainsi qu'un certain nombre d'adjuvants, solvants, ingrédients inertes, substances résiduelles et métabolites qui sont des molécules qui apparaissent au cours de la dégradation du produit.

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) définit quant à elle, les pesticides comme « toute substance ou mélange de substances destinées à prévenir, détruire ou combattre tout organisme nuisible, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, les espèces indésirables de plantes ou d'animaux, à causer des dommages ou à entraver de toute autre manière la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois et des produits du bois ou des aliments pour animaux, ou des substances qui peuvent être administrées aux animaux pour lutter contre les insectes, les arachnides ou d'autres organismes nuisibles présents dans ou sur leur corps » (Agrawal et Sharma, 2010).

1.2.Objectifs de l'application des pesticides

D'après Boland & al. (2004), les traitements aux pesticides ont deux objectifs principaux : préventif ou curatif

Un traitement aux pesticides préventif a pour but de protéger à l'avance la culture ou les produits stockés contre toute infection de maladie, infestation de ravageurs ou compétition de mauvaises herbes nuisibles.

Un traitement curatif a pour but de détruire ou de limiter le développement d'une population d'organismes nuisibles.

A cet effet, ces auteurs ont distingué :

- ✓ **Des pesticides de contact** : qui doivent parvenir directement aux organismes nuisibles pour avoir de l'effet. Plus la brume pulvérisée n'est fine, mieux elle pourra pénétrer la culture et ainsi tuer l'organisme en question.
- ✓ **Des pesticides systémiques** : qui s'adhèrent et pénètrent la surface de la plante puis se dispersent dans toute cette dernière. Des pesticides qui restent quelque temps dans le sol et qui sont ensuite absorbés par les racines des plantes figurent également parmi les pesticides systémiques. Pour qu'ils soient effectifs, il n'est pas nécessaire de les disperser en brume fine comme pour les pesticides de contact.

1.3. Composition d'un pesticide

Selon L'Agence Américaine pour la Protection de l'Environnement (US-EPA), la composition d'une formulation pesticide contient des ingrédients « Actifs » et « Inertes » (non-actifs).

Ingrédient(s) actif(s) + autre(s) ingrédient(s) inerte(s) = produit pesticide

1.3.1. Ingrédients actifs

Selon Bettiche (2017), ces ingrédients sont des produits chimiques toxiques, qui permettent de :

- ✓ Protéger les végétaux ou produits végétaux contre un organisme nuisible ;
- ✓ Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux ;
- ✓ Assurer la conservation des végétaux ;
- ✓ Détruire les végétaux ou parties de végétaux indésirables.

Nous citons à titre d'exemples les molécules ci-après :

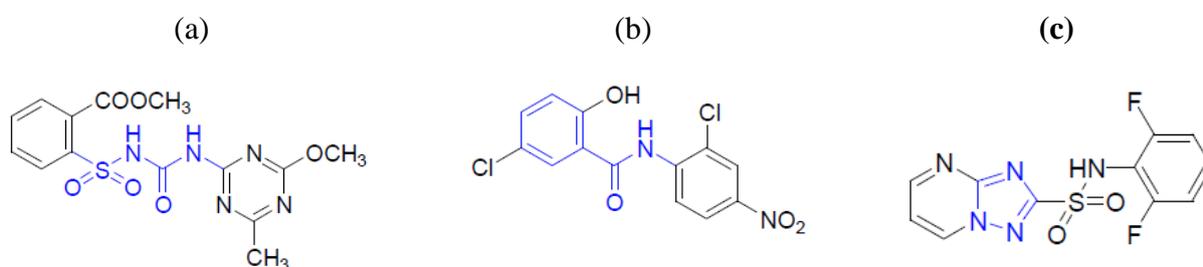


Figure 1 : Les structures chimiques des ingrédients actifs de : **(a)** La molécule de metsulfuron-méthyle ; **(b)** la molécule de niclosamide ; **(c)** la molécule du flumetsulam (Dion & al., 2007).

Dans la molécule de metsulfuron-méthyle (Fig. 1a), on reconnaît les groupes actifs suivants : *urées, sulfonylurées, triazines et tétrazines, guanidines et acide benzoïque et dérivés* (le dérivé ester). Dans la molécule de niclosamide (Fig. 1b), on identifie les groupes des *alcools, des phénols, des chlorophénols, des organochlorés, des amides, des nitrobenzènes, des anilines, des anilides et des benzamides*. Dans la molécule du flumetsulame (Fig. 1c), on distingue les groupes suivants : *diazines, triazoles, guanidines, anilines, amides, anilides et organohalogénés* (Dion & al., 2007). (La liste des groupes chimiques classés par priorité est donnée dans l'Annexe 1).

1.3.2. Ingrédients inertes

Sont des matières sans action pesticide, considérer aussi comme produits chimiques, des composés et d'autres substances, y compris des produits alimentaires courants et certains matériaux naturels par exemple le kérosène. Les ingrédients inertes sont utilisés pour de nombreuses raisons, notamment pour rendre un pesticide plus facile à utiliser ou pour améliorer son efficacité et d'obtenir une meilleure dispersion ou stabilité du produit. On retrouve notamment la cellulose comme exemple. Ces composés n'apparaissent pas sur l'étiquette du pesticide (Bettiche, 2017).

1.4. Classification

Les pesticides se répartissent en près de 150 familles chimiques et l'hétérogénéité de ce vaste ensemble de produits rend difficile toute classification, assistant à des ressemblances et redondances très apparentes entre des classifications de critères différents.

A cet effet, nous nous sommes focalisés dans cette revue bibliographique aux classifications les plus documentées et citées dans les divers travaux de recherches orientés vers les classifications des pesticides.

1.4.1. Classification chimique

Selon Boland & al. (2004), il existe trois catégories de pesticides :

A. Composés inorganiques

Les pesticides inorganiques sont basés sur des éléments chimiques qui ne se dégradent pas, on mentionne comme exemple le sulfure et les chlorates. Ils appartiennent à diverses familles, telles que : *les Avermectines, les Benzimidazoles, les Carbamates, les Chloronitriles, les Néonicotinoïdes, les Organochlorés, les Organophosphorés, les Pyréthrinoïdes de synthèse, les Triazines et les Thiazoles*.

B. Composés organiques

Sont dérivés chimiquement des produits pétroliers, comportant au moins un atome de chlore. Ce nom est employé pour désigner la famille plus vaste des composés organohalogénés. Les plus connus sont hydrocarbures aromatiques polycycliques halogénés, comprenant les polychlorobiphényles (PCB), les dioxines et les furanes.

C. Bio pesticides

Sont des substances dérivées de plantes ou d'animaux. Ils peuvent également consister d'organismes et comprennent des moisissures, des bactéries, des virus et des nématodes, des composés chimiques dérivés de plantes ainsi que des phéromones d'insectes.

1.4.2. Classification biologique

D'après Calvet (2005), cette classification dépend essentiellement des organismes vivants ciblés, on retrouve plusieurs catégories de pesticides telles que : les insecticides, les fongicides et les herbicides.

Il existe aussi les acaricides, les rodenticides, les molluscicides, les nématiques, les régulateurs de croissance des plantes et d'autres (Bettiche, 2017).

1.4.3. Classification selon le mode d'action

Miglani et Bisht (2019) ont rapporté les grandes pesticides classes suivantes :

A. Le mode d'action des herbicides (Exp : Acetochlor)

Sont des substances utilisées pour lutter contre les mauvaises herbes nuisibles et autres végétaux qui poussent en même temps que l'espèce souhaitée, ce qui entraîne une mauvaise croissance de la plante et perturbe la photosynthèse.

B. Le mode d'action des fongicides (Exp : Carbendazim)

Sont utilisées pour détruire ou inhiber la prolifération des champignons/maladies qui infectent les plantes/animaux. Ce qui provoque la perturbation des processus respiratoires et l'inhibition de la division cellulaire.

C. Le mode d'action des insecticides (Exp : Méthyl Parathion)

Forment le groupe de pesticides qui représentent le plus de risques pour l'homme Ils sont utilisés pour prévenir l'attaque des insectes qui détruisent les plantes ou les animaux, tout en agissant sur le système nerveux, sur la respiration cellulaire ou sur la régulation de la croissance.

1.4.4 Classification selon l'utilisation

Cependant, Boland & al. (2004) ; Idrissi & al. (2010), ont séparés les pesticides en deux grands groupes selon leur utilisation.

A. Les pesticides à usage agricole (ou produits phytopharmaceutiques)

Sont des substances chimiques minérales ou organiques, de synthèse ou naturelles. Elles sont utilisées pour la protection des végétaux contre les maladies et contre les organismes nuisibles aux cultures (Idrissi & al., 2010).

Les centaines de pesticides agricoles chimiques peuvent être classés selon le type de ravageur ou de maladie qu'ils combattent (Tab. I) (Boland & al., 2004).

Tableau I : Produits chimiques agricoles y compris les pesticides (Polychlorobiphényles) et leur activité (Boland & al., 2004).

Catégories	Activités
Algicide	Tue les algues, sur le bois par ex
Anorexigène	Prévient que les animaux se nourrissent de la culture ou du produit stocké
Appât	Attire les animaux provoquant des fléaux
Bactéricide (P)	Tue ou inhibe la croissance des bactéries
Fongicide (P)	Désinfectant pour moisissures et champignons
Fumigant (P)	Gaz ou fumée contre les ravageurs ou les moisissures dans les produits stockés
Herbicide	Tue ou inhibe la croissance des mauvaises herbes
Régulateur de croissance d'insectes	Modifie les phases de développement ou de croissance des insectes
Insecticide (par ex. aphicide) (P)	Tue ou nuit aux insectes (par ex. aux pucerons)
Miticide / acaricide (P)	Tue ou nuit aux acariens (ou araignées)
Molluscicide	Tue les escargots et les limaces
Nématocide (P)	Tue les nématodes
Repousseur d'indésirables	Eloigne les animaux causant des fléaux
Rodenticides	Tue les rats, les souris, les rongeurs
Stérilisant	Stérilise les insectes par voie chimique
Termiticide (P)	Tue ou nuit aux termites

B. Les pesticides à usage non agricole (ou biocides)

Sont similaires aux premiers, utilisés par exemple en hygiène publique (lutte antivectorielle) et dans d'autres applications comme la conservation du bois, la désinfection, ou certains usages domestiques (Idrissi & al., 2010).

1.4.5 Classification selon la toxicité

En 2009, l'Agence de Protection de l'Environnement a établi une classification des pesticides en fonction de leur toxicité avec comme critère DL50 (DL50) exprimée en milligrammes par kilogramme de poids corporel (mg/kg PC). Il y a 5 classes de pesticides établies selon leur risque pour les humains (CCOHS, 2018) :

A. Pesticides extrêmement dangereux

- ✓ *Par voie orale* : DL 50 (mg/kg PC) <5.
- ✓ *Par voie cutanée* : DL 50 (mg/kg PC) <50.

B. Pesticides très dangereux

- ✓ *Par voie orale* : DL 50 (mg/kg PC) entre 5 à 50.
- ✓ *Par voie cutanée* : 50-200 mg.

C. Pesticides modérément dangereux

- ✓ *Par voie orale* : DL 50 (mg/kg PC) entre 50- 2000.
- ✓ *Par voie cutanée* : DL 50 (mg/kg PC) entre 200 à 20.000.

D. Pesticides légèrement dangereux

DL 50 (mg/kg PC) > 2000.

E. Pesticides susceptibles de présenter un risque aigu

DL 50 (mg/kg PC) > 5000.

1.5. Les propriétés des pesticides

1.5.2. Les propriétés physiques

Les propriétés physiques d'un pesticide particulier déterminent son mode d'action, son dosage, son mode d'application et les mesures ultérieures de la dynamique chimique de l'environnement (Stoytcheva, 2011).

A. Poids moléculaire

Le poids moléculaire d'une substance correspond à la somme des poids atomiques individuels de tous les atomes présents dans cette molécule. Il constitue une propriété distinctive entre différents insecticides. Toutefois, une exception se présente pour les insecticides stéréo-isomères, qui ont des poids moléculaires si Miliaires et se distinguent uniquement par l'arrangement spatial des groupes au niveau de centres chiraux spécifiques.

B. Pression de vapeur (VP)

La pression de vapeur d'une substance représente sa capacité à se volatiliser et à se convertir en vapeur. Lorsqu'il s'agit de pesticides, des pressions de vapeur élevées peuvent entraîner une dérive de vapeur et une contamination. Les pesticides solubles dans l'eau ont tendance à s'accumuler dans les ressources aquatiques, car les pesticides à faible pression de vapeur ne se déplacent pas facilement dans l'air. De plus, les pesticides non solubles dans l'eau peuvent s'accumuler dans le sol.

C. Solubilité

La solubilité désigne la capacité d'une substance spécifique à se dissoudre dans un solvant spécifique. La solubilité des pesticides dans l'environnement revêt une grande importance, car les pesticides hautement solubles dans l'eau ont tendance à ne pas s'accumuler dans les sols et les organismes vivants en raison de leur polarité élevée. Cela suggère qu'ils subissent une dégradation par hydrolyse, qui est la réaction privilégiée en présence d'eau.

1.5.3. Les propriétés chimiques

Une fois rejetés dans l'environnement, les pesticides sont soumis à une série de processus interdépendants complexes regroupés sous le terme de "chimie des pesticides », On trouve :

A. Réaction d'oxydation

L'oxydation des pesticides est un processus réactif dans lequel l'oxygène dissous dans l'environnement réagit avec les pesticides. Les radicaux hydroxy (OH) sont les principaux agents qui provoquent l'oxydation chimique des pesticides dans l'eau ou l'air. On cite comme exemple, le P, p'-DDT (Fig. 2) peut subir à la fois des réactions de réduction et d'oxydation Dans le sol en présence de micro-organismes tels qu'Entérobactérie aérogènes, ainsi que sous l'influence de la lumière UV et/ou d'un catalyseur à base de fer. Ces réactions conduisent à la formation de produits réduits tels que le P, p'-DDE et le P, p'-DDD, ainsi que des dérivés oxydés qui finissent par se convertir en P, p'-DDT. Certains de ces dérivés oxydés peuvent également se transformer en p, p'-dichlorobenzophénone (Stoytcheva 2011).

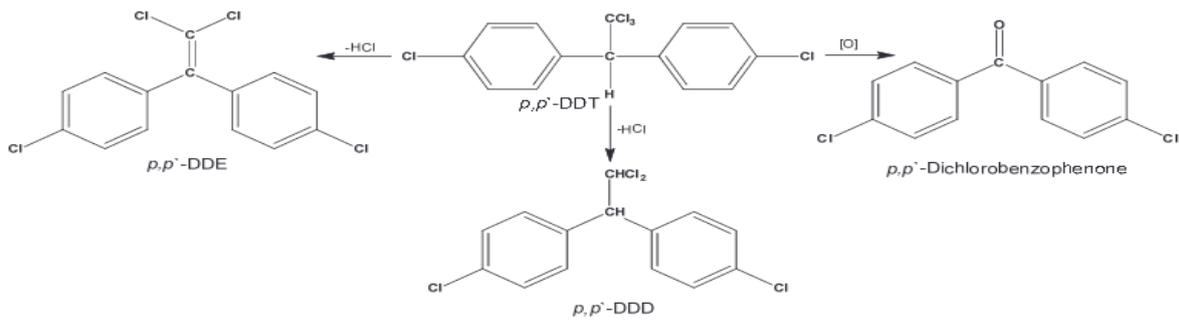


Figure 2 : Exemple de réaction d'oxydation de p, p'-Dichlorobenzophénone (Stoytcheva, 2011)

B. Réaction de réduction

Est un processus chimique au cours duquel l'état d'oxydation d'un pesticide est réduit. Dans l'environnement, l'agent réducteur est le H⁺ (ion hydrogène). Par exemple, dans un milieu aquatique acide, le Malathion subit une réaction de réduction progressive où l'un des groupes éthyle est remplacé par H⁺. Cela conduit à la formation de deux isomères fonctionnels du monoacide malathion à la fin de sa demi-vie (Fig. 3) (Stoytcheva, 2011).

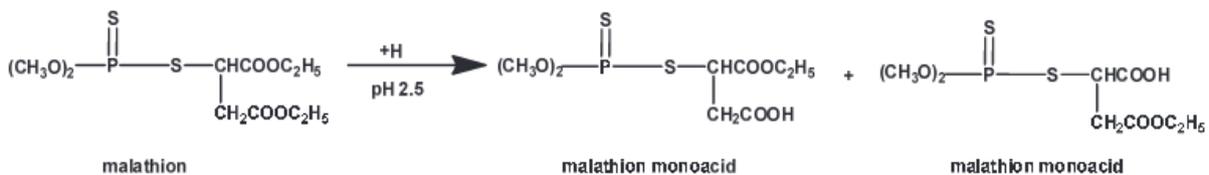


Figure 3 : Exemple de réaction de réduction de Malathion (Stoytcheva, 2011)

C. Réaction d'hydrolyse

L'hydrolyse est l'une des réactions les plus courantes de la plupart des pesticides, dépendante du pH dans laquelle les pesticides réagissent avec l'eau. La plupart des organophosphorés et carbamates ont des propriétés particulièrement montrées être très sensibles à la réaction d'hydrolyse dans des conditions alcalines (Calvet, 2005 et Stoytcheva, 2011). L'exemple suivant (Fig. 4) montre l'hydrolyse de l'Atrazine :

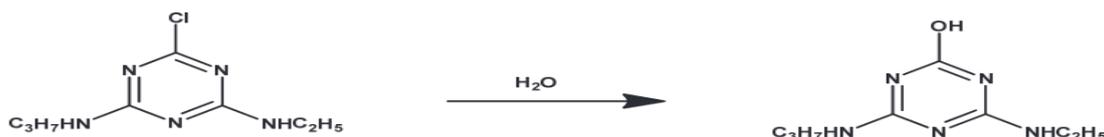


Figure 4 : Exemple de réaction d'hydrolyse de l'Atrazine (Stoytcheva, 2011)

D. Ionisation des molécules pesticides

L'ionisation des pesticides a un impact significatif sur le devenir des pesticides dans l'environnement, en particulier dans le sol. En effet, l'ion est hautement soluble dans l'eau et non volatil dans des conditions environnementales naturelles (George & *al.*, 1992).

1.5.4. Les propriétés biologiques

Elles concernent les effets des pesticides sur les organismes et qui ont des mécanismes d'action très différents. Une distinction est généralement faite entre les propriétés toxicologiques lorsque l'on considère les effets sur l'homme et les propriétés éco toxicologiques lorsque l'on considère d'autres animaux et plantes vivants. Ces propriétés sont donc classées comme toxicologiques ou éco toxicologiques (Calvet & *al.*, 2005).

1.6. Modes d'action des pesticides

Le mode d'action décrit où et comment un pesticide particulier agit pour affecter ou tuer le ravageur cible. Les pesticides ayant le même mode d'action produisent généralement des effets ou des symptômes similaires (KPEP, 2016).

Dans ce présent travail, nous nous limitons à quelques exemples cités dans la bibliographie, vu qu'il y a un manque considérable d'information sur les modes d'action exactes exercés par les pesticides.

1.6.2. Le mode d'action des herbicides

Certains problèmes de mauvaises herbes sont contrôlés avec des herbicides. Ceci est accompli par un ou une combinaison de processus, à savoir :

- ✓ L'endommagement des cellules foliaires et provoque leur dessèchement ;
- ✓ Altération de l'absorption des nutriments ;

- ✓ Interférence avec la croissance et le développement ou l'interférence avec la photosynthèse.

Pour une meilleure efficacité, les herbicides doivent (Fig. 5) :

- ✓ Etre en contact adéquat avec la plante ;
- ✓ Etre absorbé par les plantes ;
- ✓ Etre distribué sur le site d'action sans être désactivé ;
- ✓ S'accumuler à des niveaux toxiques sur le site d'action.

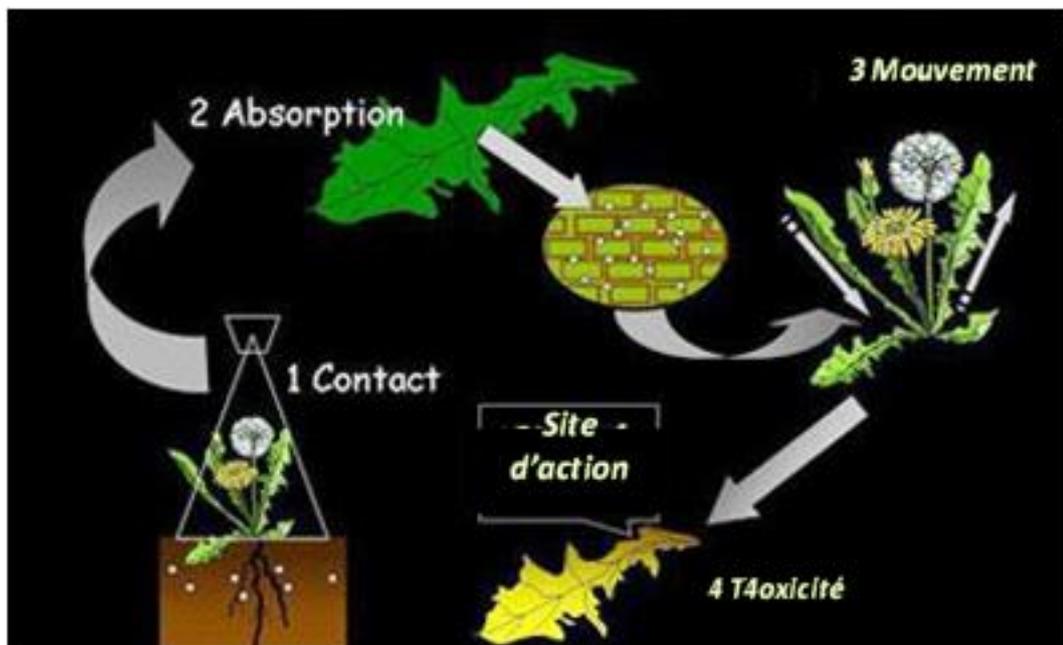


Figure 5 : Mode d'action d'un herbicide (KPEP, 2016)

1.6.3. Le mode d'action des fongicides

Les fongicides contrôlent les maladies causées par les champignons. Ils peuvent être appliqués sur les graines, le sol ou le feuillage. Par exemple les fongicides protecteurs sont appliqués avant le début d'une période d'infection pour protéger les feuilles, les fruits, etc. les fongicides protecteurs peuvent arrêter à la fois la germination des spores et la pénétration de l'hôte (Fig. 6) (KPEP, 2016).

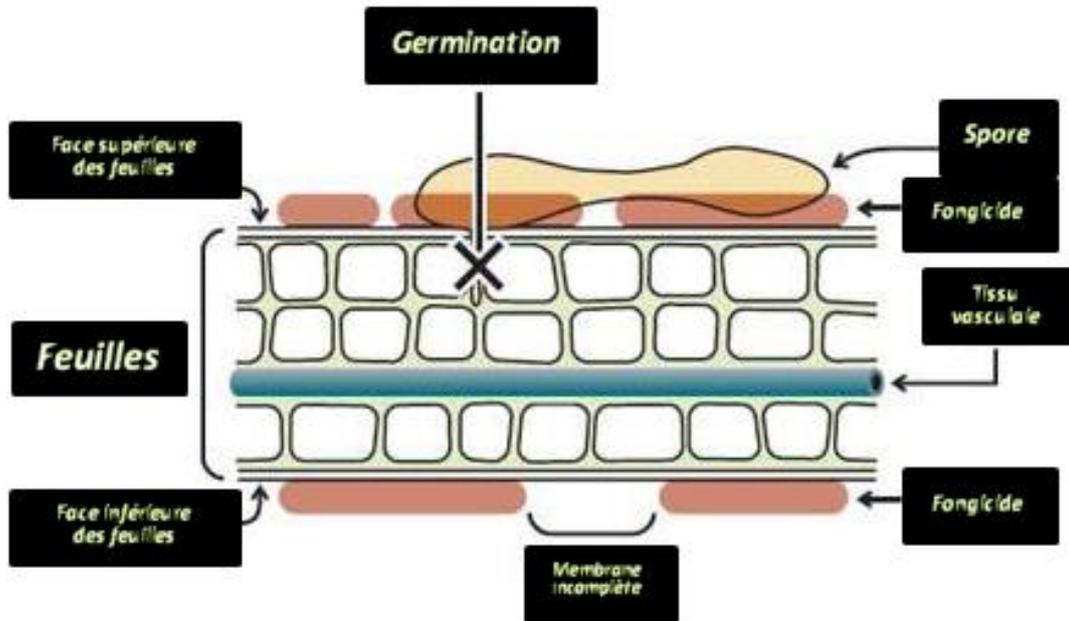


Figure 6 : Mode d'action d'un fongicide protecteur (KPEP, 2016)

1.6.4. Le mode d'action des insecticides

Selon Siegwart (2019), 90% du marché d'insecticides ciblent le système nerveux des insectes (insecticides neurotoxiques). Ces derniers ont comme mission la perturbation de la transmission de l'information au niveau de l'axone ou de la synapse (Fig. 7). Un des premiers modes d'action utilisés est celui de la Pyrèthres naturels et DDT (modulation de la fermeture du canal sodium voltage dépendant avec dépolarisation de la membrane nerveuse)

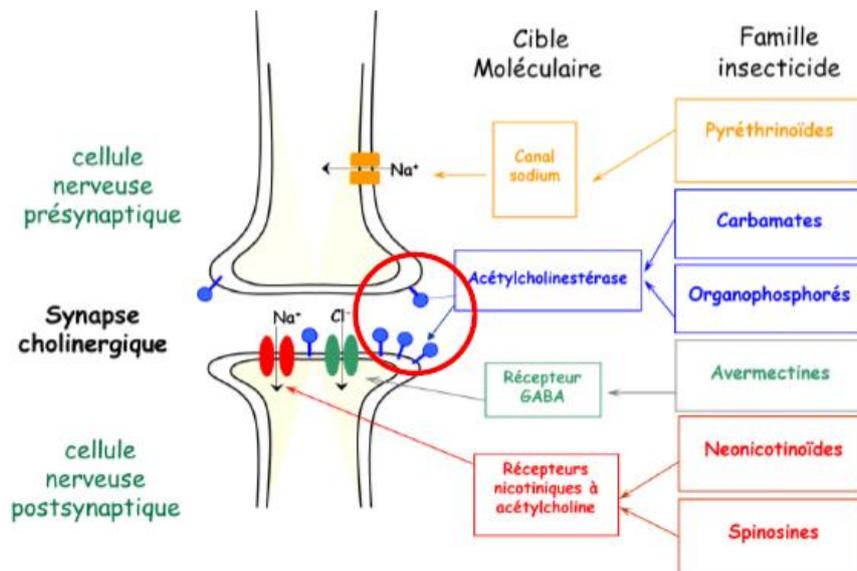


Figure 7 : Cibles des insecticides neurotoxiques (Siegwart, 2019).

- ✓ Pour le potentiel de la membrane, il est affecté par la pyréthrinoides
- ✓ Pour la transmission synaptique :
 - La Synapses cholinergiques* est inhibés soit par les carbamates et les organophosphorés, soit par la Néonicotinoïdes.
 - La Synapses glutaminergiques* des récepteurs GABA (acide g aminobutyrique) est inhibé par l'Avermectines.
- ✓ Pour l'acétylcholine estérase c'est une cible des organophosphorés et carbamates cette enzyme qui catalyse l'hydrolyse de l'acétylcholine (un neurotransmetteur). Réaction incluant la formation d'un intermédiaire acyl-enzyme : $\text{SerOH} + (\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ qui donne $\text{SerOCOCH}_3 + (\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$. Egalement la formation d'une Gorge aromatique grande et profonde ainsi que la présence d'un champ électrostatique qui guide le substrat.

1.7. Les pesticides utilisés en Algérie (Exp : LERATEX)

En Algérie, la fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides : Asmidal, Moubydal. Mais avec l'économie de marché actuelle, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et divers produits apparentés. Ainsi, environ 100 produits phytosanitaires sont homologués en Algérie, dont une quarantaine de variétés sont largement utilisées par les agricultures (Bouziani, 2007).

L'utilisation des pesticides à usage agricole est de plus en plus fréquente, suite à l'augmentation des superficies cultivées. Suivant le rapport de l'Association Algérienne pour la Protection de l'Environnement (Fig. 8), l'Algérie est classée parmi ceux qui utilisent le plus de pesticides, avec une consommation annuelle de 30 000 tonnes (Touhami, 2014).

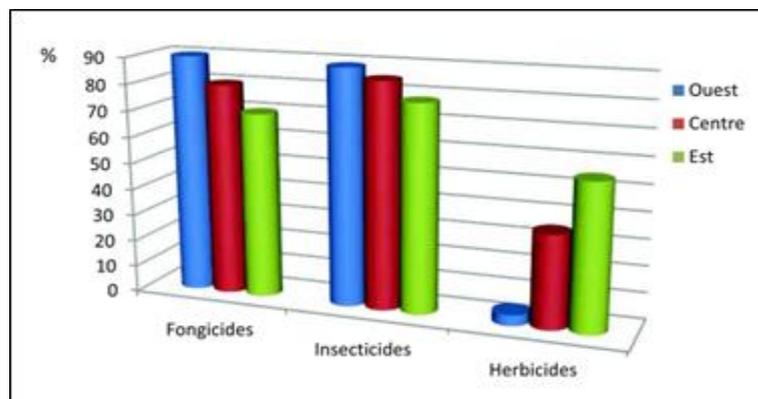


Figure 8 : L'utilisation des pesticides en Algérie (Moussaoui & al., 2019).

Selon le témoignage des agriculteurs du pays, l'utilisation comprenaient principalement des insecticides (42.5%) de divers groupes chimiques suivi par les fongicides (32.5%). L'utilisation des nématicides est très limitée (1.25%). Une absence totale d'utilisation d'herbicide (Rahmoune & al., 2018).

La loi n°87-17 du 1er août 1987 a attribué à la Commission Nationale des Produits Phytosanitaires à Usages Agricoles la responsabilité de contrôler des produits phytosanitaires, ainsi que tous les aspects liés à leur commercialisation, leur stockage et leur homologation.

Le Code de conduite international sur la gestion des pesticides adopté par les Etats membres de la FAO dont l'Algérie, stipule la possibilité d'interdire l'importation, la distribution, la vente et l'achat de pesticides très dangereux si les mesures de réduction des risques s'avèrent insuffisantes pour garantir une manipulation du produit qui n'engendre aucun risque inacceptable pour l'homme et pour l'environnement. (Manseur, 2018).

1.8 Les Effets toxiques des pesticides sur l'environnement et la santé humaine

Les pesticides sont devenus un besoin pour les agriculteurs, car ils permettent l'intensification de l'agriculture afin de couvrir la demande exprimée dans les marchés sur les produits agricoles. En vérité les pesticides ont un avantage concernant la protection des cultures et l'augmentation de la production, mais malheureusement leurs risques ont dépassé l'utilité de ces derniers, parce qu'ils endommagent l'environnement. Les pesticides ont contaminé presque toutes les parties de notre environnement. Selon (Vincent & al ;2000) les effets des pesticides sur l'environnement sont nombreux ; que ce soit sur la santé humaine, la faune et la flore, la contamination des eaux et/ou le sol. La figure ci-dessous explique le processus de pollution environnementale par les pesticides.

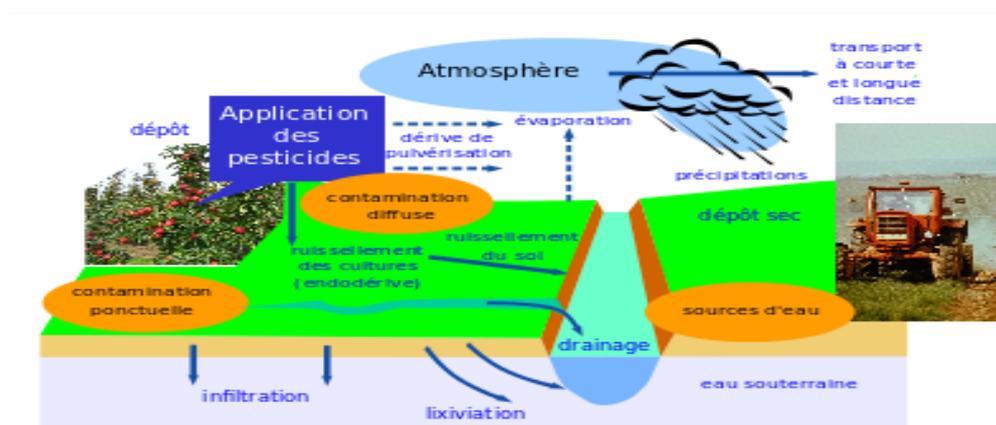


Figure 9 : Processus de pollution environnementale par les pesticides.

Les substances et les molécules issues des pesticides sont susceptibles de se retrouver dans l'air, le sol, les eaux et les sédiments, ainsi que dans les aliments. Ces substances et molécules présentent, par leur migration entre les compartiments de l'environnement, des dangers importants pour l'homme et les écosystèmes, avec un impact à court ou à long terme (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer,2015).

Dans le cadre de ce travail, et vu les risques multiples des pesticides, nous avons orienté notre recherche vers l'impact de ces produits chimiques sur les vers de terre qui sont jugés comme modèle biologique très fiable dans la compréhension de certains effets sur l'anatomie et la physiologie des organismes vivants.



Chapitre 2

Généralités sur les vers de terre

2.1.Définition

Les vers de terre sont des organismes invertébrés, également appelés lombrics représentent une composante majeure du macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres (Ibtissem & *al.*, 2013). Sont des Métazoaires, trophoblastes, coelomates et protostomes qui font partie des annélides. Ils sont principalement l'un des ingénieurs physiques de l'écosystème qui renouvellent la structure du sol (Lara et Eric, 1994).

2.2.Classification

Dans note revue bibliographique, notre attention s'est portée sur les classifications les plus largement documentées et citées dans les différentes études de recherche axées sur la classification des vers de terre.

2.2.1. Classification taxonomique

Les vers de terre, appartiennent à l'embranchement des Annélides (vers segmentés, caractérisés d'un corps formé d'une série d'anneaux), a la classe Clitellata et à la sous-classe des Oligochètes (littéralement : qui ont peu de poils), à l'ordre des Haplotaxida, sous-ordre des Lumbricina et à la famille des (Nitin & *al.*, 2021). La famille des Lombricidés se divise en plusieurs Genres : *Lumbricus*, *Eisenia* et *Allolobophora*, *etc.* (Edwards et Bohlen, 1996).

Règne	Animalia
Embranchement	Annelida
Classe	Clitellata
Sous classe	Oligochaeta
Ordre	Haplotaxida
Sous ordre	Lumbricina
Super famille	Lumbricoidea
Famille	Lumbricidae

2.2.2. Classification écologique

Bouché (1977), a dénombré environ 180 espèces de lombricidés, sont classés en trois grandes catégories écologiques. Suivant les critères :

- Morphologiques (pigmentation, taille),
- Comportementaux (alimentation, mobilité)
- Écologiques (longévité, prédation, survie à la sécheresse).

La classification écologique est la suivante :

A. Les épigés : (Exp : *Dendrobaena octaedra*)

Sont de petits vers pigmentaires de 1 à 18 mm, de couleur rouge sombre. Ils vivent généralement dans la litière de surface du sol. Ils creusent peu ou pas de galeries. Les vers de terre épigés sont des vers qui se nourrissent de matière organiques en décomposition. Ces derniers participent activement au fractionnement de la matière organique (MO) et ingèrent peu de matière minérale (Fig.10).



Figure 10 : Exemple d'un ver de terre épigé (<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>).

B. Les anéciques : (Exp : *Aporrectodea giardi*)

Sont de taille moyenne à géante (10 à 110 cm), on les appelle "lombrics », de couleur rouges-bruns au gris-noirs. Ils creusent verticalement des galeries plus ou moins ramifiées qui s'ouvrent au-dessus de la surface. Ils mènent une vie mixte et se nourrissent de débris organiques prélevés à la surface et les laissent avilir dans le sol

avant de les dévorer dans le sol. Ces derniers contribuent au mélange des matières organiques et minérales (Fig.11).



Figure 11 : Exemple d'un ver de terre anécique (<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr.>).

C. Les endogés :(Exp : *Octolasion cyaneum*)

Sont des vers dépigmentés de taille variable (1 à 20 cm), incolores ou très pâles, vivant généralement dans les premiers centimètres du sol et ne remontent rarement à la surface. Ils construisent des galeries temporaires, horizontales à subhorizontales très ramifiées et se nourrissent davantage de sol et de moins de matière organique. Ces vers de terre créent une structure grumeleuse qui joue un rôle sur la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol (Fig.12) (Nitin Kamboj & *al.*, 2021).



Figure 12 : Exemple d'un ver de terre endogé (<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr.>).

2.3. Anatomie

2.3.1. Anatomie externe

Les vers de terre ont un corps mou et extensible, cylindrique, allongé et à symétrie bilatérale, recouvert de mucus pour maintenir la peau humide. Ce dernier est Formé d'une succession d'anneaux semblables (métamérisation homonome) appelés les segments chaque segment possède quatre paires de soies qui permettent au ver de se déplacer sur et dans le sol (Bachelier, 1963). Ils s'étendent entre le premier segment dit « prostomium » situé au-dessus de la bouche jusqu'au dernier nommé « pygidium » qui entoure l'anus (Fig.13) (Bouché, 1972).

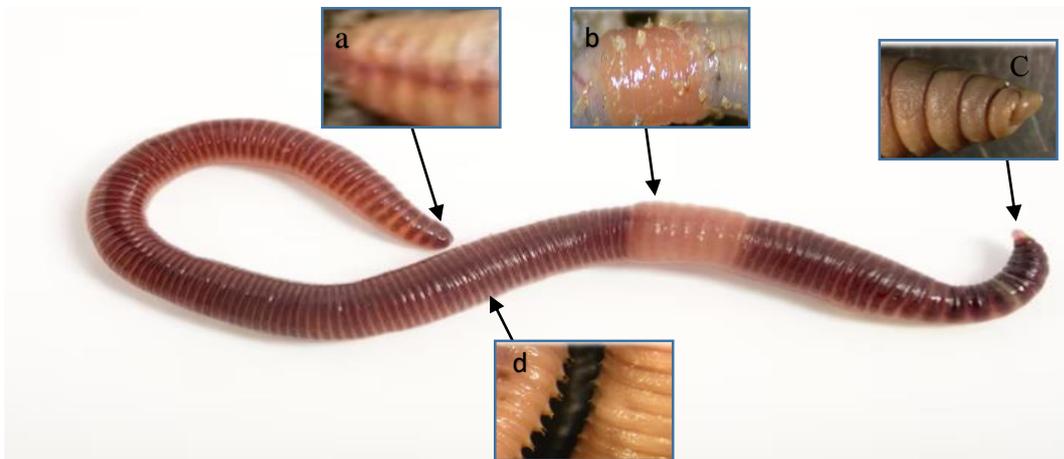


Figure 13 : Schéma caractérisant l'anatomie externe d'un ver de terre : **(a)** pygidium ; **(b)** Clitellum ; **(c)** prostomium/tête ; **(d)** soies (<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>).

A. La taille

La taille des vers de terre peut varier du simple au double au sein d'une même espèce suivant les conditions de vie des individus (Bachelier, 1978).

B. Les soies

Les vers de terre possèdent des soies rigides, peu nombreuses et de forme peu variées implantés directement dans les segments. Elles interviendraient dans le déplacement (Bachelier, 1978).

C. Les segments

Ces derniers sont situés les uns derrière les autres formant une série de segments extensibles et similaires, entre le prostomium et le pygidium. Permettent au ver de terre d'éjecter le fluide cœlomique réponse à des perturbations mécaniques ou chimiques (Bachelier, 1978).

D. La tête

Le prostomium (La bouche) forme l'extrémité antérieure du ver de terre (Bachelier, 1963).

E. Le Clitellum

C'est une région épaissie joue un rôle dans la reproduction de vers de terre et elle est souvent plus visible chez les adultes (Bachelier, 1978).

2.3.2. Anatomie interne

La structure interne de ces lombricidés est décrite comme ayant trois cylindres installés les uns dans les autres « tube dans un tube ». La section externe est formé par l'épiderme, connue sous le nom paroi corporelle et la section interne contient un long intestin qui traverse l'ensemble du corps. Entre ces deux tubes se trouve la cavité cœlomique qui est divisée à Chaque segment par un septum au sillon inter segmentaire (John, 2022).

Les différentes parties internes des vers de terre sont représentés ci-après (Fig.14) :

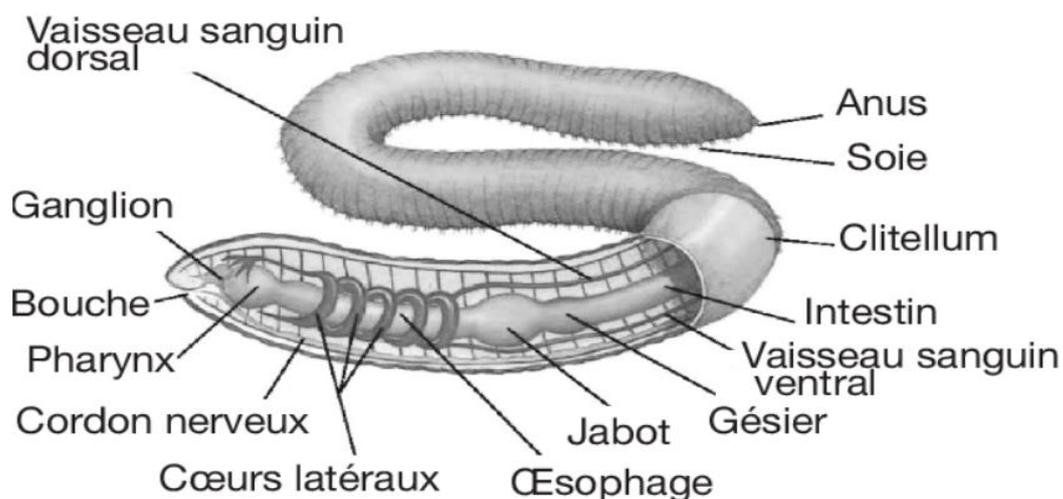


Figure 14 : Anatomie interne d'un ver de terre (<http://www.infovisual.info/fr>).

-
- ✓ **Le système nerveux** : Les vers de terre possèdent un système nerveux ventral relativement simple, mais fonctionnel. 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, qui porte deux ganglions cérébrales (Bachelier, 1963).
 - ✓ **Le système respiratoire** : Il n'y a pas de système respiratoire formalisé dans les vers de terre par conséquent. L'échange de gaz carbonique et de l'oxygène se fait à travers leur peau, qui est mince, humide et perméable aux gaz (Edwards et Lofty, 1977).
 - ✓ **Le système circulatoire** : ont un système circulatoire fermé (Bouché, 1972). Composé d'un vaisseau dorsal situé au-dessous du tube digestif qui transporte le sang (ou Hémolymphe), et un vaisseau ventral situé sous le tube digestif qui irriguent les différents tissus et organes. Ces derniers sont reliés par des vaisseaux latéraux, appelés encore cœurs latéraux. L'appareil de circulation des lombrics, renferme du sang parfois rouge (Bachelier, 1963).
 - ✓ **Le système digestif** : le système digestif s'étend sur toute la longueur de leur corps. Il comprend une bouche située à l'avant de la tête, un pharynx, un œsophage, un jabot c'est un organe de stockage connu sous le nom de gésier et un intestin où davantage d'enzymes sont ajoutées (chitinase, protéase). Ces enzymes améliorent la décomposition des aliments et favorisent la croissance des micro-organismes bénéfiques (John, 2022).
 - ✓ **Le système excréteur** : Les principaux organes excréteurs des vers de terre sont les néphridies, qui éliminent les déchets du liquide coelomique sous forme de déchets. Une paire de néphridies est présente dans chaque segment, à l'exception du premier et des trois derniers segments. Chaque néphridie se termine par une ouverture vers l'extérieur, qui est le néphridiopore. Ils sont situés sur la face latérale et s'étendent généralement en une seule chaîne le long du corps de chaque côté (Khalaf & al., 1965 ; Edwards et Lofty, 1977).
 - ✓ **Le système de reproduction** : Les lombrics sont hermaphrodites, ce qui signifie qu'ils possèdent aussi bien des organes mâles que des organes femelles. Les organes reproducteurs

sont situés dans les métamères antérieurs et postérieurs du corps la reproduction nécessite néanmoins l'accouplement de deux individus, sont prêts à s'accoupler gagnent la surface du sol durant la nuit ou au crépuscule pour chercher un partenaire L'autofécondation a été rarement observée (John, 2022).

2.4.Régénération

De nombreux vers de terre ont des capacités de régénération considérables. Si le corps est coupé en deux, la moitié avant peut généralement régénérer une nouvelle queue. Cependant, la seconde moitié est incapable de développer une nouvelle tête de corps. Chez les Lumbricidae, la régénération nécessitait la présence d'un grand nombre de cellules souches régénératives appelées néoblastes pour reconstruire le mésoderme. De plus, la différenciation épidermique et intestinale est nécessaire pour remodeler l'ectoderme et l'endoderme, tandis que la régénération des organes postérieurs du mésoderme est pilotée exclusivement par les cellules souches (Ilham & al.,2019).

2.5.Cycle de vie et la période d'activité

Appartenant à la macrofaune du sol, les vers de terre sont hermaphrodites et se développent Lentement sauf les épigés. Ils ne produisent qu'une seule génération par année qui produit au maximum huit embryons selon les espèces. Les épigés produisent une 100^{aine} de cocons, tandis que les anéciques et les endogés ne produisent qu'une 12^{aine} de cocons (Marion et Daniel, 2014). Le cycle de vie ou autrement dit biologique de ces deniers c'est le cycle complet de la production du ver depuis l'éclosion de juvéniles à partir de vers adultes amenés à maturité, dépend des espèces et des conditions climatiques (températures, humidité). La durée de vie varie de 3 mois pour les épigés à 5-8 ans pour les anéciques et endogés souches (Ilham & al .,2019).

Les vers de terre sont principalement actifs à la fin de l'hiver, au début du printemps et en automne. Le sol doit être humide et la température optimale est de 12°C. Lorsque les conditions sont défavorables (sol trop sec en été ou trop froid en hiver), les vers de terre anémiques et endogènes entrent en dormance, s'enroulent dans des masses de mucus et ralentissent leur métabolisme (Fig.15). Chez certaines espèces (tête noirs), cette période d'inactivité est contrôlée hormonalement et dure de juin à septembre. Chez d'autres espèces, l'inactivité est causée par des contraintes environnementales (telles que la sécheresse estivale). Leur activité reprend dès que la situation s'améliorera. Les épigées, en revanche, meurent à chaque période

défavorable et leur population survit sous forme d'embryons dans des cocons (Marion et Daniel, 2014).



Figure 15 : Ver de terre enroulé pour survivre aux périodes défavorables (Lukas, 2023).

2.6.Régime alimentaire

Les vers de terre se nourrissent essentiellement de débris végétaux morts, mais ne disposent pas d'enzymes digestives pour décomposer les cellules de la matière végétale. Voilà pourquoi ils mélangent la biomasse végétale avec de la terre minérale pour la digérer. Pour couvrir leurs besoins quotidiens en calories, ils doivent manger 10 à 30 fois leur propre poids. Pendant la nuit, les vers de terre pâturent le « gazon d'algues » produit pendant le jour à la surface du sol et tirent des débris végétaux morts dans leurs galeries, où des micro-organismes les « pré digèrent » en 2 à 4 semaines. Comme les vers de terre n'ont pas de dents, ils ne peuvent pas se nourrir de racines. Pour prospérer, ils ont besoin d'une alimentation riche en biomasse végétale, comme les racines mortes, les feuilles, et le fumier en décomposition (Lukas, 2023).

2.7.Intérêt des vers de terre sur l'environnement

Les vers de terre sont connus pour être ingénieurs de la santé et de la toxicité de l'écosystème en référence aux nombreuses fonctions du sol qu'ils influencent aussi bien vis-à-vis de l'état physique, chimique que biologique (Marion et Daniel, 2014).

Selon (Lara et Eric, 2009) Leur intérêt s'étend de :

- Aérer et l'améliorer de la structure du sol en augmentant sa porosité par la formation de galeries, et sa stabilité. Ils favorisent également la rétention d'eau et une meilleure infiltration des nutriments.
- D'ingérer et dégrader la matière organique, Les vers de terre se nourrissent de matière organique en décomposition, tels que les feuilles mortes et les débris végétaux. En digérant cette matière, ils la transforment en une substance riche en nutriments essentiels pour les plantes et joue encore un rôle de régulation des populations de ravageurs.
- Fertiliser le sol en déposant ces excréments dans le sol.
- Maintenir l'équilibre écologique en favorisant la diversité des micro-organismes et d'autres petites organismes qui vivent dans le sol par leurs présences.
- Protéger contre l'érosion à travers les galeries créées par ces derniers. En maintenant la structure du sol, ils contribuent aussi à prévenir les pertes de sol dues aux précipitations ou à d'autres facteurs.

Ils sont par ailleurs très sensibles aux modifications de leurs environnements, C'est pourquoi ils sont considérés comme bio-indicateurs pour évaluer les effets des pesticides.

Les vers de terre sont utilisés comme espèce de référence en pour l'écologie, la toxicologie, la physiologie et la biologie reproductive, car ils peuvent être facilement cultivés en laboratoire, arrivent à maturité en quelque semaine et a un taux de reproduction élevé (Rachi et Satpal, 2019).

2.8. Distribution

Les vers de terre sont des organismes très importants, leur rôle se trouve non seulement dans l'environnement, mais s'étend également à l'agriculture. On les trouve partout dans le monde et il en existe environ 1800 espèces. Cependant, une évaluation globale de leur distribution fait toujours défaut (Phillips & al., 2019).

Des études confirment l'abondance des espèces locales atteint généralement un pic dans les régions tempérées (150 individus par mètre carré en moyenne), contrairement à ce qui est observé chez les organismes aériens. Cependant, la diversité est plus importante sous les tropiques (60 espèces par site en moyenne contre une quinzaine seulement dans les régions tempérées), en raison d'une plus grande variabilité de la présence des espèces lorsqu'on passe d'un lieu à l'autre (bêta-diversité).

Une prospection systématique du nord de l'Algérie d'Ouest en Est, dans six régions, à savoir, Oran, Chellif-Mina, Alger, La Soummam, Constantine et Annaba. A permis de récolter 28 espèces d'oligochètes terrestres, qui appartiennent aux famille des *Lumbricidae*, des *Megascolecidae*, des, des *Acanthodrilidae* et des *Criodrilidea*.

Dans cette étude ont mis en évidence la présence de, espèces jamais signalées auparavant en Algérie et détectées en quelques exemplaires seulement. Les espèces qui ont une aire qui recouvre la totalité du nord de l'Algérie sont : *Microscolex phosphoreus*, *Microscolex dubius*, *Amynta sp*, *Octodrilus complanatus*, *Nicordrilus caliginosus*, *Allolobophora rosea*, *Allolobophora miniscula*, *Allolobophora borelli* et *Eisenia foetida*. Certaines sont localisées dans la zones du centre et dans la zone Est du nord d'Alger : *Eisenia tetraedra*, *Eisenia xylophila* *Octodrilus maghribinus*, *Allolobophora georgii*, *Helodrilus antipai* et *Allolobophora chlorotica*.

Une seule espèce est localisée dans la zones du centre et la zone Ouest du nord d'Alger : *Proselodrilus doumandjiin n. sp.*

Allolobophora molleri occupe des aires discontinue. Il s'agit alors probablement d'une espèce qui se maintient difficilement dans les conditions de milieu. Les espèces *Allolobophora rosea*, *Nicordrilus caliginosus* et *Octodrilus complanatus* sont abondantes dans les trois zones. Notons la rareté des espèces *Octodrilus maghribinus*, *Allolobophora antipai* et *Lumbricus rubellus* dans les trois zones du nord d'Algérie (Sekhara, 2008).



Chapitre 3

Effet des pesticides sur les vers de terre

Un manque important de connaissances sur le devenir des pesticides dans l'environnement et leurs effets non intentionnels entravent la compréhension et l'atténuation de leurs impacts sur les processus écologiques. Environ 46% des échantillons se sont révélés à haut risque de toxicité chronique, pouvant affecter la reproduction des lombrics, soit dans les champs de céréales traités, soit dans les habitats non traités considérés comme des zones refuges. Ces résultats apportent des informations importantes pour orienter la réglementation liée à l'utilisation des pesticides dans le contexte de la transition agro-écologique (Pelosi & *al.*, 2021).

Les vers de terre qui font partie de la faune du sol sont extrêmement exposés aux pesticides qui présentent des effets néfastes sur leur survie et leur reproduction. Ils peuvent affecter leur taux de mortalité, soit directement par un stress aigu ou indirectement en affectant leur reproduction, leurs fonctions neurologiques ou en provoquant des changements dans leurs comportements (Roriguez & *al.*, 2014).

Le degré de la toxicité des pesticides varie selon la matière active et la dose de ces derniers (Ilham & *al.*, 2019). En fait, de nombreuses études mettent en évidence la toxicité de ces produits sur les vers de terres. Dans ce chapitre, nous analysons plusieurs articles qui étudient les effets de quelques pesticides sur les vers de terre. Ces derniers s'intéressent à certaines espèces : *Eisenia fetida*, *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*, *Metaphire posthuma* et *Lampito mauritti*, *Aporrectodea trapezoides*, *Eudrilus eugeniae*.

3.1.Effet des pesticides sur le comportement des vers de terre

3.1.1.Effet sur la mortalité

En 2014, Jovana & *al.* ont montré les effets toxiques de trois pesticides sur les vers de terre dans une étude intitulée : « Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) Under laboratory conditions : Assessment of mortality, biomass and growth inhibition ». L'étude a examiné les effets de divers pesticides sur *Eisenia fetida*, révélant une gamme de réponses toxiques. Les résultats ont montré que la mortalité des vers augmentait de manière exponentielle avec la concentration du pesticide et la durée d'exposition, bien que l'insecticide et le limacide n'aient provoqué aucune mortalité à de faibles doses, mais ont montré une mortalité à des doses plus élevées après 14 jours. L'herbicide "Terbis" s'est avéré être le plus toxique parmi les pesticides testés. De plus, les insecticides "Galition" et le limacide "Gardene" ont augmenté le poids des vers de terre, tandis que "Terbis" a entraîné une diminution du poids. Les analyses statistiques n'ont pas montré de différence significative de la biomasse entre les vers de terre témoins et les vers traités à la quatrième semaine, mais des effets

significatifs ont été observés pour certains paramètres à la seizième et huitième semaine. Même à des concentrations inférieures à la dose agricole recommandée, "Terbis" a entraîné une diminution du poids des vers tout au long de l'étude.

D'un point de vue écologique, l'herbicide Triazine Terbis était le plus nocif pour *E. fetida*, suivi de près par l'insecticide organophosphoré Galition et le limacide Gardene. Cette évaluation a été basée sur la comparaison des valeurs de la concentration létale à 50 % (CL50) avec les doses agricoles recommandées (DAR) respectives. Il est apparu que Terbis était encore plus problématique que les autres pesticides, car sa valeur de CL50 était très proche de sa dose agricole recommandée, ce qui suggère un risque potentiel plus élevé de toxicité pour les vers de terre.

Cependant, il convient de noter que lors d'une exposition à l'acétamipride, un composé organochloré, la mortalité chez l'*Aporrectodea trapezoides* a été évaluée sur une période de 24 et 48 heures représentée dans le (tab. II). Les résultats ont montré que la mortalité était observée dès la première heure pour la concentration la plus élevée, soit 0,01 mg/cm². Le taux de mortalité le plus élevé a été enregistré chez les vers exposés à la concentration maximale d'acétamipride (0,01 mg/cm²) après 48 heures d'exposition, atteignant un taux de 100 %. De plus, la mortalité a augmenté à mesure que la concentration d'acétamipride augmentait et que la durée de l'exposition se prolongeait pour les autres doses testées. Ces observations suggèrent que l'acétamipride, en tant que composé organochloré, exerce un impact néfaste sur l'*Aporrectodea trapezoides*, avec une mortalité significative qui dépend à la fois de la concentration et de la durée de l'exposition (Houadeg, 2021).

Tableau II : Taux de mortalité enregistrée chez vers testés (Houadeg, 2021).

[C] _{Acétamipride}	24H		48H	
	Vers morts	Vers vivants	Vers morts	Vers vivants
0 mg.cm ⁻²	0 %	100 %	10 %	90 %
0,001 mg.cm ⁻²	10 %	90 %	20 %	80 %
0,002 mg.cm ⁻²	10 %	90 %	30 %	70 %
0,005 mg.cm ⁻²	30 %	70 %	60 %	40 %
0,010 mg.cm ⁻²	60 %	40 %	100 %	0 %

3.1.2.Effet sur la croissance

La croissance peut être considérée comme un paramètre sensible pour évaluer la toxicité chez les vers de terre. D'après les travaux de Houadeg, (2021), il ressort que la diminution du poids corporel observée chez les vers de terre pourrait être un indicateur plus sensible que la mortalité pour détecter les effets nocifs des pesticides. Cette réaction semblerait être étroitement liée à l'intensité de l'empoisonnement et à la durée d'exposition. En milieu de laboratoire, cette réduction de poids s'avérait plus significative après une période de 14 jours d'interaction avec les pesticides. De même ont évalué et constaté que le chlorpyrifos avait un effet néfaste sur la croissance chez ces derniers exposés à 5 kg/ha de chlorpyrifos après huit semaines. Certaines études ont montré que la croissance des lombrics semblait être plus gravement touchés au stade juvénile stade que le stade adulte.

En effet lors d'une exposition de 100 % aux insecticides, un symptôme distinct appelé "enroulement" se manifeste. Ce symptôme est étroitement lié à la diminution de poids des vers et semble avoir un impact sur les résultats. Ce phénomène peut être expliqué par les altérations induites par les pesticides organophosphorés sur la fonction musculaire. Ces composés chimiques provoquent une réduction de la mobilité chez les vers intoxiqués et semblent également restreindre leur capacité à s'alimenter, comme l'ont évoqué Bustos et Goicochea, (2002).

Une étude qui a été faite par Mosleh & al. (2003) a prouvé que la toxicité de aldicarbe, cyperméthrine, profénofos, chlorfluazuron, atrazine, endosulfan et métalaxyl dans les vers de terre *Aporrectodea caliginosa* et *Lumbricus terrestris* provoquent une réduction du taux de croissance.

3.1.3.Effet sur la reproduction

Dans cette étude, plusieurs aspects de la reproduction des vers de terre, tels que la viabilité, la maturation, la production de spermatozoïdes, la production de cocons et l'éclosion, ont été examinés en relation avec l'exposition à divers insecticides et produits chimiques. Il a été observé que ces effets étaient généralement liés à la concentration des produits chimiques, avec des conséquences plus graves à des concentrations plus élevées (Houadeg, 2021). Le nombre de juvéniles par cocon a également été utilisé comme indicateur sensible pour évaluer la toxicité d'un herbicide appelé acétochlore sur les vers de terre comme l'ont signalé Xiao & al. (2006). De plus, un comportement inhabituel appelé "enroulement" a été noté chez les vers exposés aux pesticides, ce qui a entravé leur capacité à se reproduire normalement.

Une évaluation plus approfondie des risques liés à deux formulations couramment utilisées d'herbicides à base de 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D) a été réalisée en étudiant leur impact sur la reproduction des vers de terre dans différentes conditions. L'herbicide à base de 2,4-D a eu des effets néfastes sur la reproduction du ver de terre *Eudrilus eugeniae*, entraînant une réduction du nombre de cocons, un taux d'éclosion des cocons plus faible, ainsi qu'une diminution du nombre de juvéniles par cocon. Ces résultats suggèrent que l'utilisation des herbicides à base de 2,4-D pourrait être potentiellement préjudiciable pour les vers de terre (Kouakou & al., 2017).

Il semble que les résultats indiquent que le fongicide PROPICOL-7 a un effet négatif sur le ver de terre *Eisenia fetida*. (Fig.16) montre que les valeurs des paramètres de reproduction des vers exposés aux différentes concentrations de ce pesticide sont inférieures à celles du groupe témoin. Cela suggère que le PROPICOL-7 a un impact défavorable sur la reproduction de ces vers de terre (Bouchachia et Aissani, 2016).

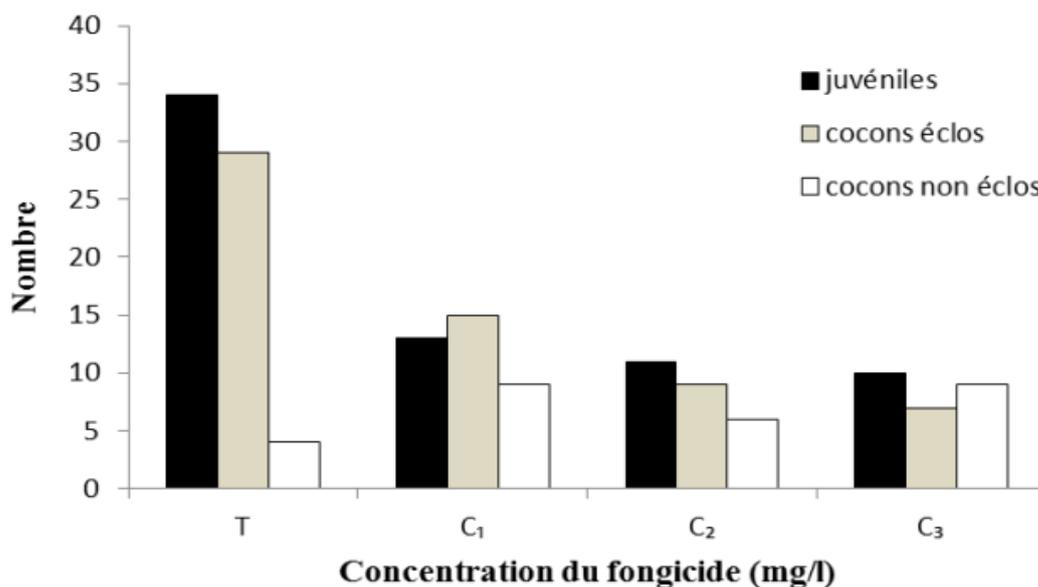


Figure16 : Effet du fongicide Propicol-70 sur les paramètres de reproduction des vers de terre *Eisenia fetida* (Bouchachia et Aissani, 2016).

Donc, l'utilisation du Propicol-70 à des doses agronomiques peut retarder croissance des juvéniles et une diminution de la production de cocons du ver de terre éclos et non éclos et donc le nombre de juvéniles ainsi que croissance, modifiant ainsi le temps de maturation.

3.2.Effet sur l'anatomie externe des vers de terre

3.2.1Effet sur le corps des vers de terre

Il semble que les pesticides utilisés à ces taux n'ont généralement pas montré d'effets au niveau individuel sur les vers de terres (Addison, 1996 ; Bauer et Römbke, 1997 ; Choo et Baker, 1998 ; Capowiez & al., 2005 ; Vermeulen & al., 2001), mais ils peuvent affecter leur croissance, leur reproduction et leurs morphologie externe (Choo et Baker, 1998 ; Correia et Moreira, 2010). Par exemple, l'utilisation du malathion, du diazinon et du méthamidophos montrent que ces les composés modifient la morphologie externe des vers de terre *Eisenia fetida* avec une diminution significative du poids corporel et provoquant contraction musculaire manifestée par des queues enroulées (Espinoza et Bustos, 2005). Ainsi que le Chlorpyrifos à des doses agronomiques peut retarder la croissance des juvéniles et une diminution de la production de cocons de *A. caliginosa* (Fig.17) (Alshawish et Booth, 2004). Le glyphosate peut affecter le cocon l'éclosion et donc le nombre de juvéniles ainsi que croissance, modifiant ainsi le temps de maturation (Springett et Gray, 1992 ; Yasmine et D'Souza, 2007 ; Correia et Moreira, 2010).



Figure17 : Cocons des vers de terre (Pelosi & al.,2014)

3.2.2.Effet sur le Poids corporel du ver de terre :

Le gain de poids corporel des vers de terre exposés aux herbicides et prise de poids minimale ($0,373 \pm 0,01$ gramme) a été trouvé chez l'adulte ver de terre traité avec une dose combinée de Pendiméthaline+Glyphosate de substrat. En cas de Glyphosate ($5.00\mu\text{l}/\text{kg}$) et Pendiméthaline ($3.00\mu\text{l}/\text{kg}$) individuellement, prise de poids de l'adulte le ver de terre était de $0,50 \pm 0,03$ gramme et $0,486 \pm 0,05$ gramme respectivement (Fig.18) (Gobi et Gunasekaran, 2010).



Figure18 : *Eisenia fetida* (Gobi et Gunasekaran, 2010).

3.2.3.Effet sur la Longueur :

L'exposition aux pesticides a entraîné une réduction dans la longueur du corps et cela peut être principalement dû à indisponibilité de l'énergie, ce qui a entraîné le faible gain de longueur des vers de terre exposés aux produits chimiques (Fig.19) (Jovana & al., 2014).

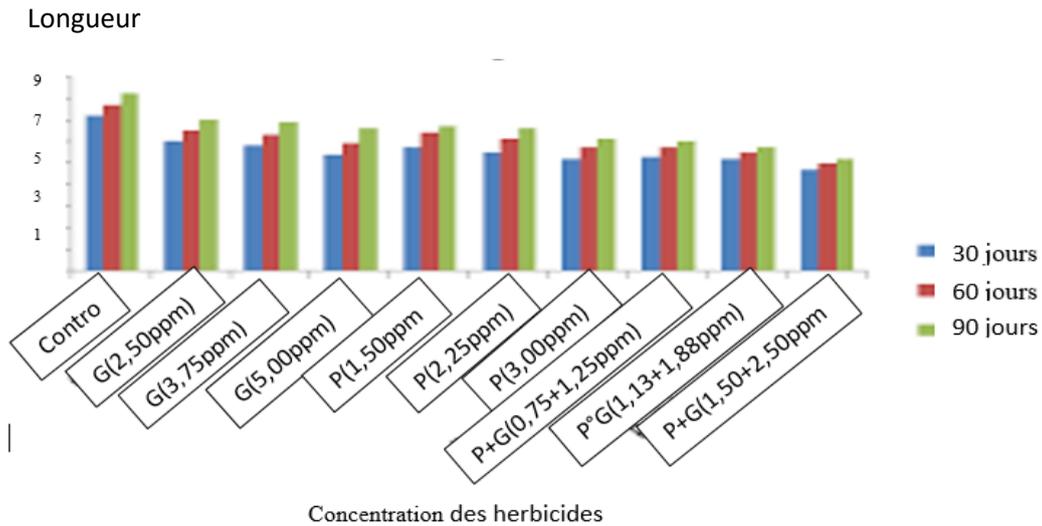


Figure19 : Effet des herbicides sur la longueur du ver de terre *E. fetida* (Gobi et Gunasekaran, 2010).

3.3.Effet sur l'anatomie interne des vers de terre

Le Profénofos (PFF, un insecticide OP) est un insecticide à large spectre, et acaricide foliaire non systémique avec contact et l'action de l'estomac. Dans l'étude actuelle, Il a été tenté d'évaluer les effets toxiques du PFF sur le ver de terre, *E. fetida*. Le travail principalement basé sur l'étude des dommages morphologiques avec un accent particulier sur l'enzyme cible, l'acétylcholinestérase (AChE) (in vivo et in vitro), et modifications histologiques de la paroi corporelle du ver de terre (Fig.20).

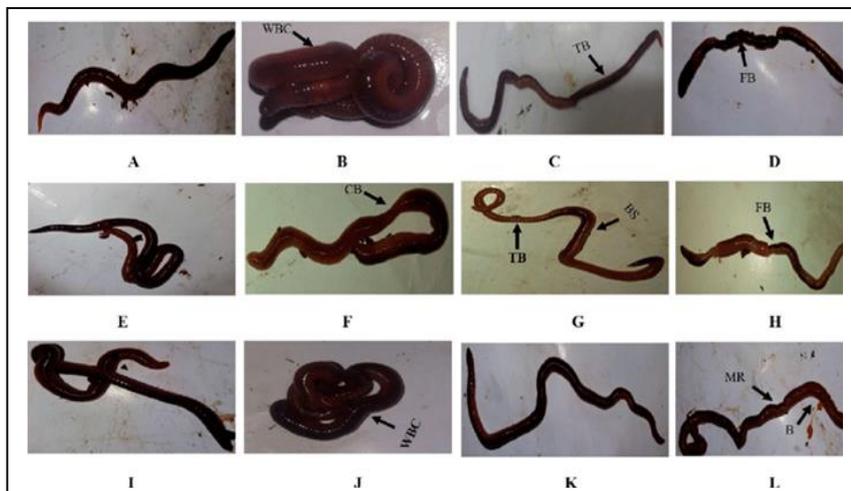


Figure20 : Effet du profénofos (3,55 mg cm²) sur la morphologie du ver de terre.

3.4.Effet sur l’histopathologie des vers de terre

Très peu d'études ont rapporté les effets histo-pathologiques des pesticides sur les vers de terre. Néanmoins quelques études ont été entreprise pour déterminer les changements morphologiques et histo-pathologiques provoqués par le phorate, un pesticide organophosphoré (OP) couramment utilisé, sur la paroi corporelle des deux vers de terre *Metaphire posthuma* et *Lampito mauritti*. L'expansion de l'agriculture dépend fortement de l'utilisation de pesticides ; ceux-ci sont généralement toxiques aux organismes du sol non ciblé, en provoquant des modifications anatomiques et physiologiques ou morphologiques changements dans les organes vitaux.

3.4.1 Effet histo-pathologiques des pesticides sur les deux vers de terre *Metaphire posthuma* et *Lampito mauritti*.

Les études ont signalé un effet nocif des organismes résultant d'une exposition antérieure ou continue aux agents toxiques. L'histologie de la paroi corporelle de *Metaphire posthuma* et *Lampito mauritti* a été étudiée en adoptant la méthode de routine à la paraffine. Les changements morphologiques se comparent à des vers expérimentaux tels que la constriction et le gonflement ont commencé à apparaître dans la région antérieure avec en 24h d'exposition et des changements dégénératifs sont apparus à la partie postérieure fin du ver de terre (Fig.21.A et B) (Humason, 1979).

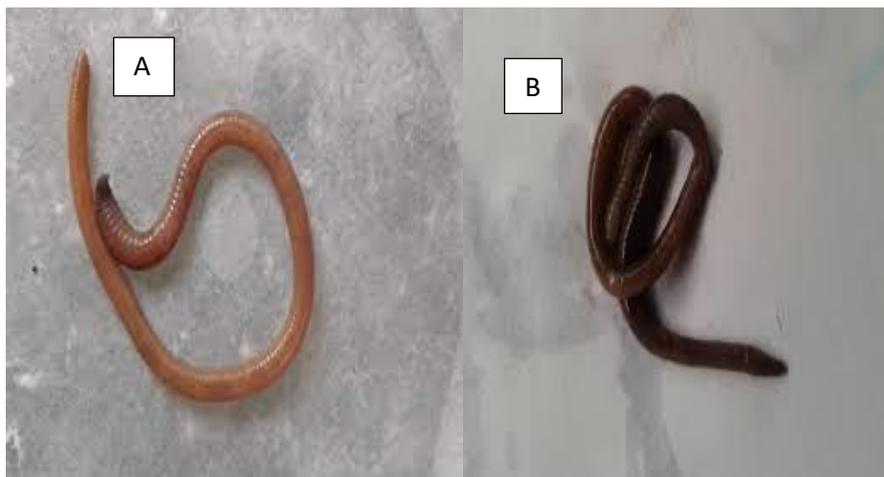


Figure21 : Segmentation métamérique intacte chez le ver de terre *Lampito mauritti* (A) et *Metaphire posthume* (B) dans des conditions contrôlées (Humason, 1979).

Après 48h d'exposition : lors de multiples ruptures au corps longeur et suintement de liquide cœlomique, clin d'œil comme un aspect glandulaire sur le clitellum et région postérieure chez le ver de terre *Lampito mauritti* (Fig.22.A) d'autre part des changements dans le ver de terre *Metaphire posthuma* montre un enroulement avec libération d'une quantité abondante de mucus avec rupture partielle du segment et dégradation de la paroi corporelle (Fig.22.B).



Figure 22 : (A) : Ruptures multiples à la longueur du corps et suintement de liquide cœlomique, noud comme glandulaire apparition sur le clitellum et la région postérieure du ver de terre *Lampito mauritti*. (B) : Enroulement du ver de terre avec libération d'une quantité abondante de mucus avec perturbation du segment et dégradation de la paroi corporelle chez le ver de terre *Metaphire posthuma* (Humason, 1979).

L'examen hosto-pathologique des sections du corps du groupe témoin a révélé architecture normale de la paroi corporelle et nature intacte des muscles circulaires et longitudinaux (Fig.23.A et B).

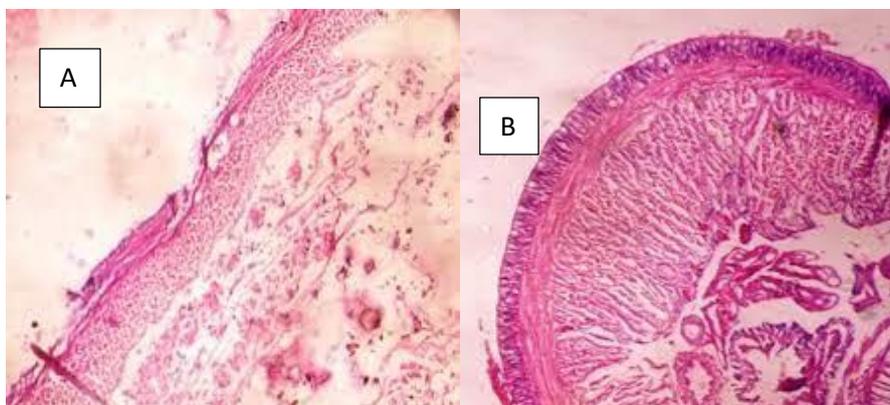


Figure 23 : Nature intacte des muscles et de la couche d'ectoderme chez le ver de terre témoin *Lampito Mauritti* (A) et *Metaphire Posthuma*(B) (Humason, 1979).

Les vers de terre exposés à la CL50 pendant 48h ont révélé une perte d'architecture, montrent une tendance à développer des changements excessifs dans la structure de la paroi corporelle chez les deux vers a montré une désintégration de la couche ectodermique, des cellules voisines en circulaire et longitudinale les muscles semblaient discontinus (séparés par des jonctions étroites à larges) peut être dû à nécrose en fonction de l'effet du toxique est également apparu l'élargissement de l'ectoderme cellules et expansion des espaces entre les muscles longitudinaux avec prolifération de cellules glandulaires et érosion de la paroi ectodermique du corps de *Lampito mauritti* (Fig.24).



Figure 24 : Élargissement des cellules ectodermiques et expansion des espaces entre les cellules longitudinales muscles avec prolifération de cellules glandulaires et érosion de la paroi ectodermique de *Lampito Mauritti*. (Humason, 1979).

Les dommages aux muscles circulaires et longitudinaux et l'érosion des tissus étaient importants à 48 heures d'exposition, ce qui peut conduire à la fragmentation du corps avec un gonflement nuageux de muscles longitudinaux, dommages aux muscles circulaires et longitudinaux et perte de structure intégrité des muscles longitudinaux et érosion des tissus internes et ectodermiques conduisant à endommager la paroi corporelle du *Metaphire posthuma* (Fig.25).

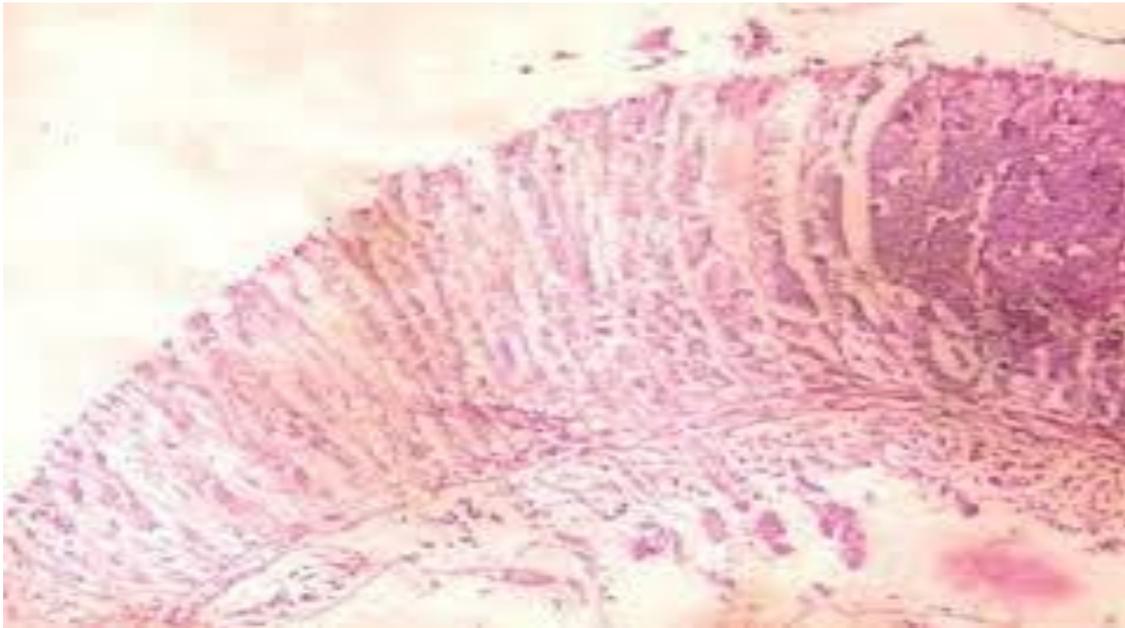


Figure 25 : Élargissement de la paroi corporelle, nécrose des cellules glandulaires et lésions partielles avec gonflement nuageux des muscles longitudinaux, lésions des muscles circulaires et longitudinaux et perte d'intégrité structurelle des muscles longitudinaux et érosion des tissus internes et ectodermiques entraînant des dommages totaux à la paroi corporelle (Humason, 1979).

Les investigations sur les vers de terre *Lampito mauritti* et *Metaphire posthuma* a révélé que la toxicité de contact du phorate à travers son tégument était augmentée avec l'augmentation de la concentration et/ou de la durée d'exposition de la substance toxique donnée. Il ressort des résultats que le phorate peut être considéré comme hautement toxique pour ces vers de terre avec une valeur CL50 de 20- 40 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ à 48h d'exposition. Le présent toxique est comparativement plusieurs fois moins toxique pour *Eisenia fetida* par rapport aux études antérieures sur d'autres insecticides organophosphorés (OP). L'évaluation histo-pathologique a révélé que la membrane cubulaire et les couches ectodermiques ont été complètement désintégrés et la profusion d'épithélium glandulaire a donné une protection à la couche musculaire de la paroi corporelle. Il ressort des rapports antérieurs que la morphologie et les changements histologiques étaient prédominants lorsque les vers de terre étaient exposés à différentes substances toxiques métaux et autres pesticides OP (Amaral & al., 2006).

3.4.2. Effet histo-pathologique sur *L'Eisenia fetida*

Des anomalies morphologiques ont été évoquée par (Humason, 1979). Comme l'enroulement et la rupture de la paroi corporelle ont été observé chez tous les vers expérimentaux. Sécrétion excessive de mucus, moins d'activité, extrusion de fluide cœlomique et surface corporelle des lésions ont également été remarquées, bien qu'une difformité a été observée dans la paroi corporelle de tous les vers.

Épiderme important, des déformations morphologiques ont été observées dans la CL50 a exposé les vers pendant la période d'exposition durée de 48h (Fig26. A et C). Environ 80% des vers exposés développent des constriction et gonflement au niveau de la région clitellaire (Fig.26 D) et afficher plusieurs ruptures (Fig.26 E). Les vers ont développé des cassures dans la paroi du corps avec plusieurs lésions, qui conduisaient à fragmentation du corps. Quelques vers cassures développées et perte de cuticule qui ressemble à l'ecdysis comme chez les insectes et serpents (Fig.26 B) International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (2017).



Figure 26 : Effet du phorate sur la morphologie tégumentaire du ver de terre, *Eisenia fetida* pendant 48 h d'exposition (A) Segmentation métamérique intacte chez le ver de terre dans des conditions contrôlées, (B) Ruptures multiples à la longueur du corps et suintement de liquide cœlomique, (C) Enroulement du ver de terre avec libération d'une quantité abondante de mucus, (D) Rupture de la paroi corporelle avec perturbation partielle de la segmentation métamérique, (E) Mécanisme d'autoprotection dans la région prostomiale fragmentée antérieure et apparition de gonflement, (F) Gonflement anormal de la région clitellaire et

L'étude histopathologique des tissus de la paroi corporelle des vers de terre gardés sous l'état contrôlé s'est révélée normale architecture et nature intacte de circulaire et muscles longitudinaux (Fig. 27A) tandis que de vers de terre exposés à CL50 (20-40 µl/cm²) pendant 48h a révélé la perte de l'architecture et montré une tendance à développer un excès de épithélium glandulaire avec la désintégration de la membrane cubulaire, de la couche ectodermique et dilatation des espaces entre les longérons muscles (Fig. 27 B). Les cellules voisines des muscles circulaires et longitudinaux ont montré prolifération des cellules glandulaires et érosion couche ectodermique de la paroi corporelle (Fig. 27 C) et l'arrêt des cellules (séparées par jonctions étroites à larges). C'est peut-être dû à la nécrose en fonction de l'effet de toxique (Fig. 27 D).

Dégâts en circulaire et l'érosion des muscles longitudinaux et des tissus a été importante à 48h toxicité du phorate qui pourrait conduire à la fragmentation du corps (Fig. 27E). De plus, des renflements nuageux étaient développées qui occupaient une place prépondérante dans muscles longitudinaux après 48h d'exposition en raison de légères aberrations dans le métabolisme cellulaire (Fig. 27 F).

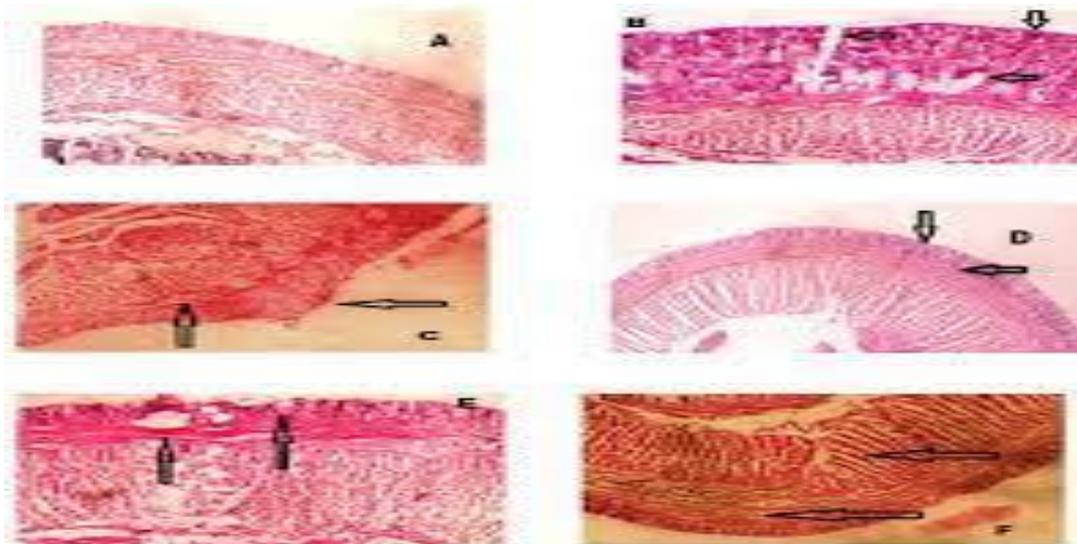


Figure 27 : Altérations histo-pathologiques du muscle et de la paroi corporelle du ver de terre, *Eisenia fetida* après 48h d'exposition à la concentration de phorate (LC50). **(A)** Musculature tégumentaire intacte chez le ver de terre dans des conditions contrôlées, **(B)** Agrandissement des cellules ectodermiques et expansion des espaces entre les muscles

longitudinaux, (C) Prolifération des cellules glandulaires et érosion de la couche ectodermique, (D) Nécrose des cellules glandulaires et lésions partielles avec gonflement trouble des muscles longitudinaux (E) Dommages dans les muscles circulaires et longitudinaux et perte d'intégrité structurelle dans les muscles longitudinaux muscles, (F) Érosion des tissus internes et externes entraînant des lésions totales de la paroi corporelle
International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (2017).

D'après des rapports antérieurs, que changements morphologiques et histologiques ont été important lorsque les vers de terre ont été exposés à différents métaux toxiques et autres pesticides OP (Amaral & al., 2006). Les vers de terre ingèrent de grandes quantités de terre et sont donc organismes électifs non ciblés exposés à pesticides par leurs propriétés externes et internes surfaces. Les découvertes actuelles ont montré que le phorate provoque des changements histo-pathologiques importants et agit comme un élément destructeur pour ver de terre expérimental, *Eisenia fetida*. Ainsi changements morphologiques et anatomiques ces organismes sont l'un des indicateurs de suivi de l'efficacité des polluants du sol.

3.4.3 Effet neurologique

Solaimalai et al. (2004) ont étudié l'effet de divers pesticides et leurs effets sub-létal sur les vers de terre et démontré que ces effets provoquent la rupture de la cuticule, suintant du liquide cœlomique, gonflement, palissement du corps et adoucissement des tissus corporels. Autres études comprennent l'autolyse cellulaire (Luo et al., 1999), les dommages au système reproducteur masculin, gonflement et enroulement de la queue (Espinoza et Bustos-, 2004). Le plus haut et la faible dose d'insecticides provoque des dommages (dysfonctionnement cellulaire et catabolisme des protéines) à vers de terre (Schreck et al., 2008).

Il existe de nombreuses études sur la neurotoxicité causée par divers insecticides, nommément imidaclopride Néonicotinoïdes, oxadiazine indoxacarbe, pyréthroïdes alpha-cyperméthrine et lambda-cyhalothrine et la combinaison d'organophosphate chlorpyrifos et pyréthroïdes cyperméthrine. Tous ces insecticides affectent principalement le système nerveux, les Néonicotinoïdes interfèrent avec la transmission des stimuli dans le système nerveux provoquant un blocage irréversible de récepteurs de l'acétylcholine, les oxadiazines agissent comme voltage-dépendants inhibiteurs des canaux sodiques.

Les pyréthriinoïdes provoquent une excitation des canaux sodiques et potassiques des neurones et le délai de fermeture des canaux pendant la phase de la dépolarisation et les organophosphate inhibent l'action de l'enzyme acétylcholinestérase (AChE) conduisant à l'accumulation de l'acétylcholine, stimulation excessive de la récepteurs cholinergiques et perturbation de l'activité neuronale (Fig.28) (Stenersen 2004 ; Casida, 2009 ; Ribera & *al.*, 2001 ; Gracia & *al.*, 2011 ; Nasr et Badawy, 2015). Jeanthi & *al.* (2016).

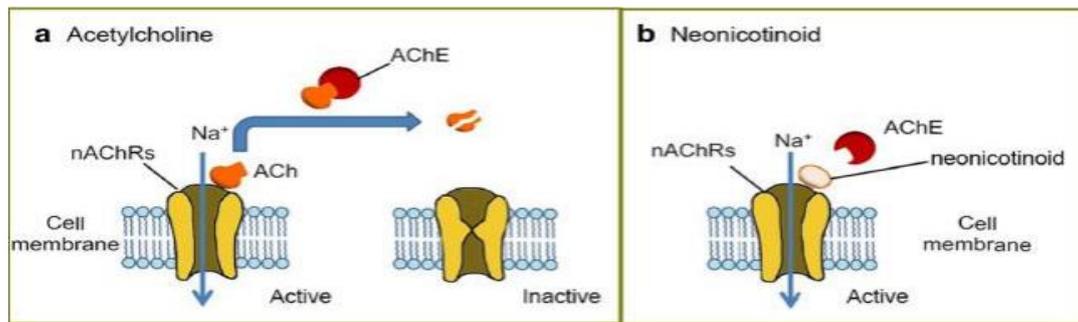


Figure28 : Présentation schématique de l'action des récepteurs Néonicotinoïdes de l'acétylcholine en présence d'acétylcholine et d'une substance Néonicotinoïdes (Estelle, 2021).

L'étude menée par Chang & *al.* (2013) a mis en évidence que l'utilisation de Carbaryl à une concentration plus élevée de 50 kg/ha avait pour effet de réduire la teneur en protéines ainsi que l'activité enzymatique des antioxydants, notamment la glutathion-S-transférase (GST). De plus, cette recherche a révélé que les antibiotiques, lorsqu'ils étaient utilisés comme intermédiaires dans la réponse toxique aux vers de terre induite par les carbamates et les organophosphate, avaient un impact significatif. Wang & *al.*, (2012)

Il est important de noter que bien que les Néonicotinoïdes puissent être très efficaces contre les insectes cibles, leur toxicité pour les vers de terre, qui jouent un rôle crucial dans la santé des sols, devrait être prise en compte par les gestionnaires de l'environnement. Par conséquent, dans le cadre de la mise en place de programmes de gestion intégrée de la lutte antiparasitaire (IPM), il est essentiel de procéder à une évaluation minutieuse de l'utilisation des Néonicotinoïdes afin de prévenir les dommages à la population de vers de terre et aux écosystèmes associés. Cette approche permettrait de maintenir un équilibre entre la lutte contre les parasites agricoles et la préservation de la biodiversité du sol. Ils agissent comme des concurrents inhibiteurs sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (AChE) dans le système nerveux central (Elbert & *al.*, 2008). Les Néonicotinoïdes peuvent potentiellement

mettre en danger les organismes du sol, y compris les vers de terre parce qu'ils sont composés du système (Ishaaya et Degheele, 1998).

Les insecticides de croissance régulée (IGR) qui ont été choisis montrent une toxicité intrinsèque relativement faible envers *E. fetida* par rapport aux autres insecticides testés, ce qui est en accord avec les conclusions d'études antérieures (Luo & *al.*, 1999). Les antibiotiques appartiennent à une catégorie d'agents insecticides à spectre étendu, basés sur des lactones, et ils sont particulièrement efficaces contre les organismes cible.

Conclusion

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

Notre recherche bibliographique concernant l'effet des pesticides sur les populations des lombrics a bien montré que les pesticides agissent sur différentes fonctions vitales des lombrics. L'effet le plus nocif des pesticides les plus toxiques est représenté par une neurotoxicité, dont l'inhibition de l'acétylcholinestérase (AChE) perturbe la transmission des messages nerveux, suivie par la mort de l'animal. De nombreux produits phytosanitaires en usage agricole ont altéré la reproduction par une déformation des spermatozoïdes, une perte de fécondité, et une réduction d'éclosion et de production des cocons. En effet, ils manifestent sur la croissance par la perte de poids et de biomasse et la réduction de longévité. Ils peuvent aussi causer des changements histologiques et morphologiques comme la perte de coloration (vers blanc), le gonflement du corps et le décharge de liquide coelomiques (une détoxification de l'organisme et une réponse d'adaptation dans le milieu très contaminé), avec la perturbation du comportement qui se traduit par un évitement des endroits contaminés, un enfouissement et une altération de la capacité à creuser des galeries.

L'étude histologique vient ainsi confirmer l'extrême sensibilité du ver de terre vis-à-vis des polluants de l'environnement en général et met en évidence la toxicité des pesticides.

Liste des références bibliographiques

A

Agrawal A. et Sharma B. (2010) Pesticides induced oxidative stress in mammalian systems. *International Journal of Biological & Medical Research*, Vol 1 (3) : 90 – 104.

Alshawish SA., Mohamed AI., Nair GA. (2004). Prolonged toxicity of sub-lethal dosages of chemical pesticides on the body mass and cocoons of *Aporrectodea caliginosa* (Savigny 1826) (Oligochaeta : Lumbricidae) inhabiting Benghazi, Libya. *Proc Natl Acad Sci India B Biol Sci* 74 :123–133

Amaral A., Soto M., Cunha R., Marigomez I., Rodrigues A. (2007). Bioavailability and cellular effects of metals on *Lumbricus terrestris* inhabiting volcanic soils. *Environ. Pollut*,142(1) : 103-108.

B

Bachelier. (1963). La vie animale dans les sols. Paris, France : Orstom. :103
109.

Bettiche F. (2017) Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. *Thèse de doctorat, Université Mohamed Kheider-Biskra, 302p*

Blottière E. (2020). L'impact des Néonicotinoïdes sur les abeilles et leurs alternatives.

Boland J., Koomen I., Jeude J.L. et Oudejans J. (2004) Les pesticides : composition, utilisation et risques. *Fondation Agromisa, Wageningen, Agrodok 29, ISBN : 90-77073-01-9, 124p.*

Bouchachia S. et Aissani N. (2016). Contribution à l'étude de l'impact des pesticides sur la reproduction des vers de terre [Mémoire de Master, Université Saad Dahleb - Blida].

Bouché MB. (1972). Lombriciens de France-Ecologie et systématique. Paris : Institut national de la Recherche Agronomique :63.0

Bouché MB. (1977). Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletins* : 122-132.

Bouziani M. (2007) L'usage immodéré des pesticides : graves conséquences sanitaire. *Guide de la médecine et de la santé en Algérie*, 40p.

Bustos-Obregón E., oicocheaR. I. (2002). Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters. *Asian journal of andrology*, 4(3), 195-199.

C

Calvet R. (2005) Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. France : *Editions France Agricole*, pp : 51-100.

CCOHS: Canadian Center for Occupational Health and Safety. (2018).

<https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/ld50.html>. Correia JC (2010). Effects of glyphosate and 2,4-D on earthworms (*Eisenia foetida*) in laboratory tests. *Bull Environ Contam Toxicol* 85 :264–268.

D

Dion S., Gorse I. et Tanguay S. (2007) Guide de classement de ingrédients actifs par groupes chimiques. *Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec*, ISBN 978-2-550-50750-5, 35 p.

E

Edwards C A., Bohlen. (1996). Biology and ecology of earthworms. Springer Science & Business Media :32.

Edwards C A., Lofty. (1977). "Biology of Earthworms, Chapman and Hall." London, UK.

Edwards., Lofty (1977). Physiology. In : Edwards CA, Lofty, J.R. *Biology of Earthworms*. Boston, MA : Springer : 96-117.

El-Duweini A K. et Ghabbour S. (1977). INephridial systems and water balance of three oligochaete genera. *Oikos*,19 : 61-70.

Espinoza O, Bustos E. (2004). Effects of malathion on the male reproductive organ of earthworms *Eisenia fetida*. *Asian J Androl*, 7 : 97–101.

F

Francis F. et al., (2003). Technique de lombriculture au sud Vietnam. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 7, 171-175.

G

George W.W., Herbert N.N. et Arthur B. (1992) Reviews of environmental contamination and toxicology. *Edition Springer-Verlag New York*, ISBN-13: 978-1-4612-7699-9, 163p.

Gobi M., Gunasekaran P. (2010). Effects of butachlor herbicide on earthworm.

GUPTA R, YADAV A, GARG V K. (2014) Influence of vermicompost application in potting Media on growth and flowering of marigold crop. *Int J Recycl Org Waste Agric*, 2014, 3(1) :1–7.

H

Houadeg I. (2021) Evaluation de la toxicité aiguë et du comportement d'évitement chez le taxon Aporetodea trapezoides (Duges,1828) vis-à-vis de l'acétamipride (insecticide), Constantine, Université Frères Mentouri,50.

I

Ibtissem Z.et al. (2013). Contribution to the identification of Oligochaeta : Lumbricidae in the region of Annaba in eastern Algeria, 3 :229-232.

Idrissi M., Aït Daoud N. et Soulaymani B R. (2010) Les pesticides ; définition, classification et données en toxicovigilance. *Rapport de toxicologie N°4, Publication officielle du Laboratoire du Centre Anti Poison du Maroc : Fonctionnement et utilité.* 16p.

Ilham B et Khaoula D. Synthèse des travaux de recherches sur les impacts des Pesticides sur les vers de terre, Master, Biodiversité et environnement, BOUIRA, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ,63.

International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (2017). ISSN : 2319-7706 Volume 6 N°4 pp. 2048-2053.

Ishaaya I., & Horowitz A. R. (1998). Insecticides with novel modes of action : an overview. *Insecticides with novel modes of action : mechanisms and application*, 1-24.

J

Jovana M., Tanja M., & Mirjana S. (2014). Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) Under laboratory conditions : Assessment of mortality, biomass and growth inhibition. *European journal of soil Biology*, 62, 127-131.

K

Kooch Y. & Jalilvand H., 2008. Earthworms as ecosystem Engineers and the most important detritivors in forest Soils. *Pak. J. Biol. Sci.*, 11, 819-825.

KPAN K. G K., Seydou T, EHOUMAN M. N G., TOURE, M. et DEMBELE A. (2017). Évaluation de la toxicité d'un herbicide à base de 2, 4-D sur le ver de terre *Eudrilus eugeniae* Kinberg, 1867 (Oligochaeta, Eudrilidae). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(3).

KPEP (2016) . Kentucky Pesticide Education Program; How pesticides work. *Program of University of Kentucky, Department of Entomology*, 10p.

L

Lara Z. et Eric H. (2009). Les vers de terre : écologie et gestion des déchets. Canard Déchaîné du Kauwberg.

Lukas P. (2023). Vers de terre – architectes des sols fertiles. Suisse : Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, 2023 :12.

M

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

Manseur A. (2018) Algérie : utilisation des pesticides un meilleur contrôle s'impose. *Rapport d'enquête épidémiologique*, 20p.

Marion D. (2014) Les vers de terre. Chambre d'Agriculture de la Vienne, :3.

Miglani R. et Bisht S. (2019). World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdisciplinary Toxicology*, 12 :72-82.

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. (2015) Commissariat général au Développement durable, Les impacts des pesticides, Agriculture, France.

Mosleh Y, Ismail SMM, Ahmed MT, Ahmed YM. (2003). Comparative toxicity and biochemical responses of certain pesticides to the mature earth- worm *Aporrectodea Caliginosa* Under laboratory conditions. *Environ Toxicol* ; 2003,8 : 338–346.

Moussaoui K.M., Boussahel R., Tchoulak Y., Haouchine O., Benmami M. et Dalachi N. (2019). Utilisation, évaluation et impacts des pesticides en Algérie. *Enquête de l'Equipe des Sciences Techniques de l'Environnement, Ecole Nationale Polytechnique*, 32p.

N

Nitin K. et al., (2021). Role of earthworm biodiversity in soil fertility and crop productivity improvement. In : *Biological Diversity : Current Status and Conservation Policies*. India :231-241.

P

Pelosi C., Bertrand C., Daniele G., Coeurdassier M., Benoit P., Néliu S., Lafay F., Bretagnolle V., Gaba S., Vulliet E., Fritsch C. (2021). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107167.

PHILLIPS H et al. (2019). Global distribution of earthworm diversity. *Science*, 366 :480-485.

R

Rahmoune H., Mimeche F. et Guimeur K. (2018). Utilisation des pesticides et perception des risques chez les agriculteurs de la région de Biskra (Sud Est d'Algérie). *International Journal of Environmental Studies*, 2-12.

Reynolds. (1977). Les vers de terre (Lumbricidae, Megascolecidae et Sparganophilidae). Canada : Agence canadienne d'inspection des aliments :11.

Rodriguez-Campos J., Dendooven L., Alvarez-Bernal D., Contreras-Ramos SM., (2014). Potential of earthworm to accelerate removal of organic contaminants from soil. *Appl Soil Ecol* ,79 :10–25.

S

Schreck E., Geret F., Gontier L., Treihou M. (2008). Neurotoxic effet and métabolique responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* nocturna. *Chemosphere*,71 : 1832–1839.

Sekhara BM. (2008). Etude biologique des Oligochètes du Nord de l'Algérie, Thèse de Doctorat d'Etat en Science agronomique, sous la direction [M.S. DOUMANDJI], EL-HARRACH, INSTITUT NATIONAL AGRONIMIQUE, 161p.

Stoytcheva M. (2011) Pesticides in the modern world – Trends in pesticides analysis. *Edition In Tech Rijeka*, pp : 1-18.

T

Touhami L. (2014). Evaluation de risque mutagène et cancérigène de pesticide dicofol utilisé par les agriculteurs dans la region d'El-OUED. Issue du *Premier Séminaire National sur l'Electrochimie- Méthodes et Application*, ISNEMA, Vol 1 : 43-47.

V

Vincent et al. (2000). La lutte physique en Phytoprotection. Institut national de la recherche agronomique, Paris.

W

Wang Y., Cang T., Zhao X., Yu R., Chen L., Wu C., Wang Q. (2012). Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. *Eco- Toxicol Environ Saf* 79 : 122–128.

X

Xiao J., Hansen AD. (2006). Toxicity of the anthelmintic abamectin to four species of soil invertebrates. *Environ. Pollution*,148, 514–519.

Annexes

Ordre	Abréviation	Nom du groupe chimique
1	<u>BTV</u>	Bacillus Thuringiensis
2	<u>ORM</u>	Organométalliques
3	<u>INO</u>	Inorganiques
4	<u>HUI</u>	Huiles minérales et végétales
5	<u>AMM</u>	Ammoniums quaternaires
6	<u>GRA</u>	Acides gras et surfactants
7	<u>PHR</u>	Phéromones
8	<u>ORP</u>	Acides phosphoniques et dérivés
9	<u>PAT</u>	phosphoramidothioates
10	<u>DTP</u>	Dithiophosphates
11	<u>TPH</u>	Thiophosphates
12	<u>PHO</u>	Phosphates
13	<u>MTA</u>	β -Méthoxyacrylates
14	<u>OXC</u>	Oximes- carbamates
15	<u>BCA</u>	Biscarbamates
16	<u>DTC</u>	Dithiocarbamates
17	<u>TCA</u>	Thiocarbamates
18	<u>CAR</u>	Carbamates
19	<u>SUR</u>	Sulfonylurées
20	<u>ACU</u>	Acylurées
21	<u>URE</u>	Urées
22	<u>PYT</u>	Pyréthroïdes
23	<u>DBZ</u>	Dinitrobenzènes
24	<u>PHA</u>	Acides phtalique et dérivés
25	<u>CTB</u>	Chlorotriazines
26	<u>TRI</u>	Triazines et tétrazines
27	<u>TRO</u>	Triazoles
28	<u>IMI</u>	Imidazolinones
29	<u>GUA</u>	Guanidines
30	<u>ARO</u>	Acides aryloxyphénoxypropioniques et dérivés
31	<u>ARY</u>	Acides aryloxy-carboxyliques et dérivés
32	<u>NBZ</u>	Nitrobenzènes
33	<u>BZM</u>	Benzamides
34	<u>BZQ</u>	Acides benzoïque et dérivés
35	<u>DIA</u>	Diazines
36	<u>OXM</u>	Morpholines et oxathiines
37	<u>ACT</u>	Acides organiques halogènes et dérivés
38	<u>CYO</u>	Cyclohexanedione-oximes
39	<u>CHR</u>	Chroménones et dérivés
40	<u>IND</u>	Indanediones

41	<u>AND</u>	Anilides
42	<u>PYR</u>	Pyridines
43	<u>AZO</u>	Azoles , oxazoles et thiazoles
44	<u>BNZ</u>	Benzonitriles
45	<u>AMI</u>	Amides
46	<u>AAO</u>	Autres acides organiques et dérivés
47	<u>ANI</u>	Anilines
48	<u>CPH</u>	Chlorophénols
49	<u>PHE</u>	Phénols
50	<u>ALD</u>	Aldéhydes
51	<u>AMN</u>	Amines
52	<u>HYN</u> <u>ORC</u> <u>ALC</u>	Organohalogénés où Organochlorés où Alcools (selon le nombre)
55	<u>HYD</u>	Hydrocarbures
56	<u>XXX</u>	Autres
57	<u>XXB</u>	Autres biologiques

Résumé

L'utilisation croissante des pesticides a suscité des préoccupations quant à ses conséquences sur la santé humaine et l'environnement, notamment les lombricidés essentiels à la santé des sols, sont particulièrement vulnérables aux effets des pesticides. L'objectif principal de ce mémoire est de fournir une synthèse bibliographique des recherches effectuées sur l'impact des pesticides sur les vers de terre, en se concentrant sur les études basées sur des bio essais de toxicité, ont montré que le degré de cette dernière est classé selon les familles chimiques. Les organophosphorés, les carbamates et les Néonicotinoïdes semblent être les familles les plus toxiques dont la plupart sont des insecticides qui ont un effet neurotoxique en inhibant l'acétylcholinestérase induit à la mort de l'animal, ils affectent aussi la reproduction, la croissance et le comportement du ver de terre. La recherche en littérature montre que les insecticides ont des effets négatifs plus marqués sur les espèces de vers de terre étudiées que les herbicides et les fongicides qui semblent moins toxiques.

Mots clés : ver de terre, pesticides, toxicité, effets des pesticides.

Abstract

The increasing use of pesticides has raised concerns about its impact on human health and the environment, with a particular focus on earthworms, which are essential for soil health and particularly vulnerable to pesticide effects. The primary objective of this thesis is to provide a literature review of research conducted on the impact of pesticides on earthworms, with a focus on studies based on toxicity bioassays. The results of bioassays show That the degree of toxicity varies depending on the chemical families of pesticides. Organophosphates, carbamates, and neonicotinoids appear to be the most toxic families, with most of them being insecticides that have a neurotoxic effect by inhibiting acetylcholinesterase, leading to the death of the earthworms. Furthermore, these substances also affect reproduction, growth, and the behavior of earthworms Literature research indicates that insecticides have more pronounced negative effects on the studied earthworm species compared to herbicides and fungicides, which appear to be less toxic.

Keywords : earthworm, pesticides, toxicity, effects of pesticides.