

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGR/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par :

BOUAOUD Fatma

Thème

**Etude de la lutte antifongique et son effet sur la faune
du sol dans la région de Bouira**

Soutenu le : 13/ 07 /2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>M^{me} Maizi. Naila</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>M^{me} Mecelm. Dalila</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>M^{me} Mebdoua. Samira</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>M^{me} Mouhoub-Sayah. Chafika</i>	<i>Pr</i>	<i>Univ de Bouira</i>	<i>Co-Promoteur</i>

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant de présenter ce modeste travail, nous tenons à remercier « Allah » le tout puissant qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, qui nous a donné la force, la volonté et la patience de poursuivre nos études et d'effectuer ce travail.

*J'ai l'honneur de formuler ma gratitude et ma profonde reconnaissance à l'égard de ma Promotrice Mme. **Mecellem Dalila** pour sa confiance, pour son encadrement, ses conseils et de m'avoir suivie régulièrement pour la réalisation de ce travail et de tout ce qu'elle a fait pour me permettre d'atteindre ces résultats, qu'elle trouve ici l'expression de mes meilleurs sentiments et ma plus Profonde gratitude.*

*Je voudrais adresser toute ma reconnaissance à ma Co-promotrice de ce mémoire **Mme. Mouhob-Sayah Chafika** qui fut la première à me faire découvrir le sujet pour le temps qu'elle a consacré à m'apporter les outils méthodologiques à la conduite de cette recherche.*

*Je tiens à remercier **Mme. Maizi Naila** qui nous a honorée de présider le jury de ce mémoire, en témoignage de notre profond respect*

*J'exprime toute ma gratitude à **Mme. Mebdoua Samira** pour avoir accepté de juger ce travail et faire partie de ce jury en qualité d'examineur.*

*Mes plus vifs remerciements vont à **M^{lle} Kassouar Sabrina** et **M^{lle} Saada Ilham** pour leurs présences tout au long de mon travail et leurs disponibilités au niveau de laboratoire.*

Je tiens à remercier chaleureusement mes parents, ces héros qui m'ont beaucoup aidé dans l'échantillonnage, et pour leurs présence à mes cotés.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout

Simplement que Je dédie cette thèse ...

...À mes chers parents...

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour lessacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et

mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte

que vous saures toujours fière de votre chère fille.

...À ma chère grande mère que Dieu te garde...

...À mes chères sœurs...

Kahina, Nawel, Samira et Asma, les mots ne suffisent guère pour exprimer

l'attachement et l'amour que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

...À mes chers amis...

Anis, Lilya et Emilie qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

...À mes chers et adorables neveux...

Anis, Chanez, Amazigh et Samy, que Dieux le plus puissant, vous protège et vous guide dans vos études.

.....À tous ceux qui m'aime...

Table de matière

Remercîment

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Glossaire

Introduction 01

Chapitre I Synthèse bibliographique

I. 1. Généralité sur les pesticides..... 03

I.1.1 .Aperçu sur les pesticides 03

I.1.2. Historique des pesticides 03

I.1.3. Composition des pesticides..... 05

I.1.4. Classification des pesticides..... 05

I.1.5 Devenir des pesticides dans l'environnement 09

I.1.6. Les effets des produits phytosanitaires sur la santé humaine et la biodiversité 10

I.1.6.1. Effets sur la santé humaine 11

I.1.6.2. Effets sur la biodiversité 11

I.1.7. Méthode d'évaluation de la toxicité des pesticides 12

I.1.7.1. La biosurveillance 13

I.1.7.2. Types de biosurveillance..... 13

I.2. Données bibliographique sur quelques espèces bio-indicatrices de la pollution
du sol..... 14

I.2.1. Généralités sur les Lumbricidae..... 14

I.2.1.1. Taxonomie des Lomrics 14

I.2.1.2. Morphologie des Lumbricidae..... 14

I.2.1.3. Ecologie du ver de terre..... 16

I.2.1.4. Cycle de vie..... 19

I.2.2. Donnés biologique et écologique des isopodes terrestres 20

I.2.2.1. Position systématique des isopodes..... 20

I.2.2.2. Caractéristiques anatomique des isopodes 20

I.2.2.3. Reproduction et mue..... 22

3.2. Cycle de mue..... 23

3.3. Cycle de reproduction..... 23

I.2.2.4. Le rôle des Isopodes	25
-------------------------------------	----

Chapitre II Matériel et méthodes

II.1.Préparation des éléments expérimentaux.....	27
II.1.1.Présentation de la région d'étude.....	27
II.1.2. Prélèvement du sol	28
II.1.3. Méthode d'échantillonnage	29
II.1.4.Identification des modèles biologiques.....	30
II.1.5.Choix de contaminant.....	32
II.2.Essais de toxicité.....	33
II.2.1. Préparation des concentrations	33
II.2.2. Test de toxicité aigüe.....	34
II.2.3. Test de réaction aigüe d'évitement des vers de terre	36
II.3. Méthodes d'analyse statistique.....	40

Chapitre III Résultats et discussion

III.1. Synthèse des travaux réalisés sur l'utilisation des produits phytosanitaires dans a wilaya de Bouira.....	42
III.2. Test de toxicité aigüe sur les cloportes du genre <i>Armadillidium</i> sp.....	43
III.2.1. Effet du fongicide sur la survie des cloportes	43
III.2.1.1. Evolution de taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 2500mg/l).....	43
III.2.1.2. Variation des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 1250mg/l).....	44
III.2.1.3. Evolution des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 625 mg/l).....	45
III.2.1.4. Variation des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 312.5mg/l).....	46
III.2.2. Effet des différentes doses de fongicide su la survie des cloportes	46
III.2.2.1. Taux de mortalités enregistrées pour les différentes doses après une semaine d'exposition au produit.	47
III.2.2.2. Taux de mortalités pour les différentes doses après deux semaines d'exposition.....	48
III.2.2.3. Taux de mortalités des cloportes pour les différentes doses après trois semaines de suivi.....	49

III.2.2.4. Taux de mortalités des cloportes pour les différentes doses après quatre semaines de suivi.....	50
III.3. Détermination de la DL50 de Fosétyl-Aluminium pour les cloportes	51
III.4. Description de certains comportements observés chez les cloportes durant le test de toxicité.....	51
III.5. Test de réaction aigue d'évitement des lombrics.....	52
III.6. Les signes observés à la fin de l'essai d'évitement	53
Discussion des résultats.....	54
1. Test de toxicité aigüe des cloportes	54
2. Test d'évitement des vers de terres.....	55
Conclusion.....	57

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 01 : classement des pesticides suivant leur mode d'action.....	06
Tableau 02 : Classification des pesticides selon la composition chimique.....	08
Tableau 03 : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques des vers de terre.....	18
Tableau 04 : Taux de mortalité pour les différentes doses à la première semaine.....	47
Tableau 05 : Taux de mortalité des cloportes à la deuxième semaine d'exposition....	48
Tableau 06 : Taux de mortalité des cloportes à la troisième semaine d'exposition....	49
Tableau 07 : Taux de mortalité des cloportes à la quatrième semaine d'exposition...	50
Tableau 08 : Nombre des vers de terre dans les sols de chaque compartiment et le taux d'évitement.....	53

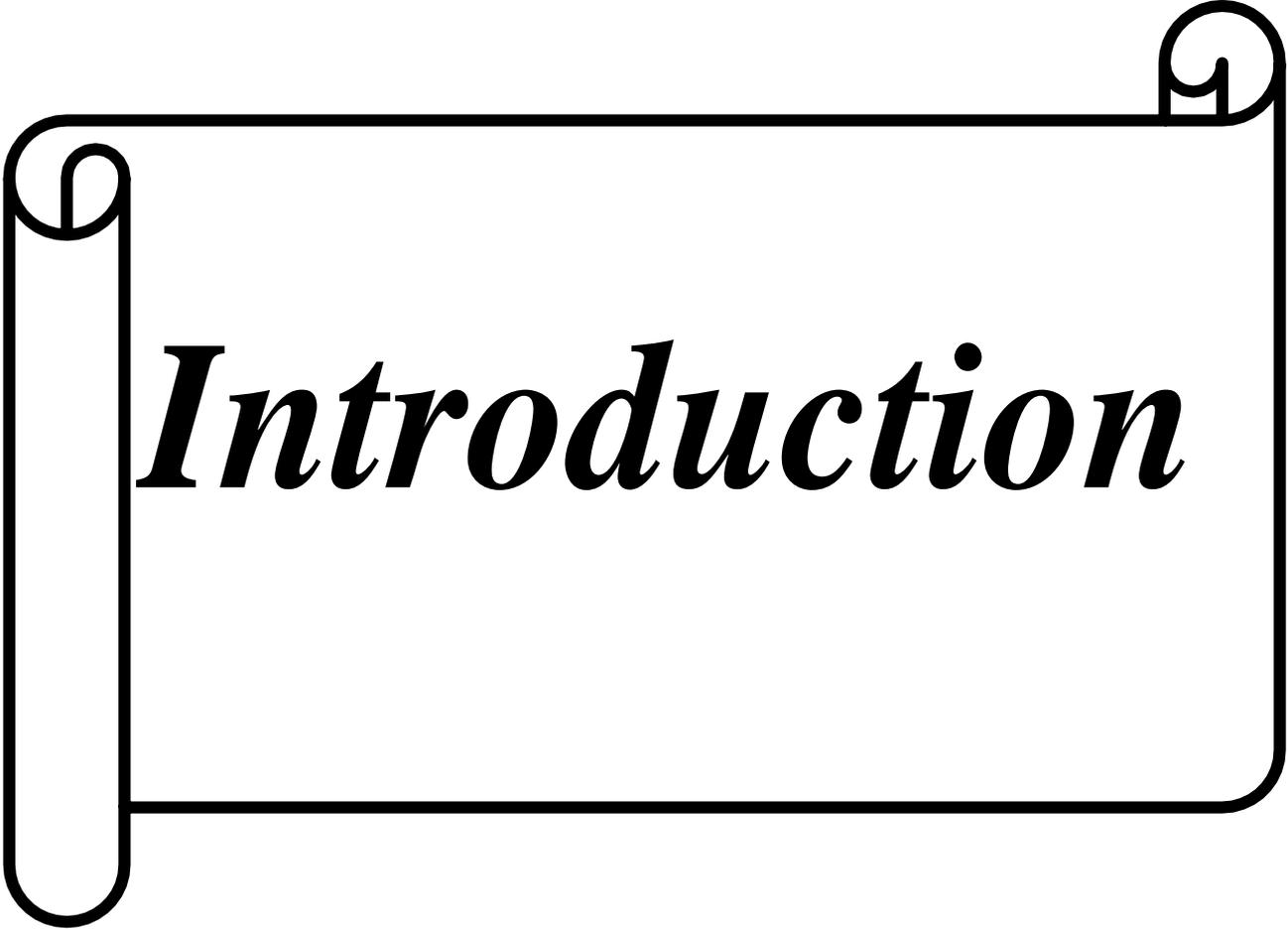
Liste des figures

Figure 01 : Devenir des pesticides dans l'environnement.....	10
Figure 02 : Morphologie externe d'un ver de terre.....	15
Figure 03 : Anatomie interne du lombric ouvert par la face dorsale.....	15
Figure 04 : Structures construites par des vers de terre (a) déjection à la surface (turricules) (b) galeries.....	17
Figure 05 : Cycle de vie d'un ver de terre.....	19
Figure 06 : Morphologie générale d'un Isopode terrestre. Vue dorsale (a) et ventrale (b) de <i>Porcellio scaber</i>	22
Figure 07 : Micrographie du pléon (face ventrale) chez un mâle (a) et chez une femelle (b) d' <i>Armadillidium vulgare</i> (x22). AG : apophyse génitale, En: endopodite, Ex: exopodite, U : uropode, ■ : soies sur un péréiopode mâle, ◀ : soies sur un péréiopode femelle.....	23
Figure 08 : La mue chez l'Isopode terrestre <i>Porcellio sp</i>	23
Figure 09 : Marsupium de <i>Trachelipus rathkii</i> : (o) oostegits ; (e) oeufs ; (m) péréopodes de 1 à 5.....	24
Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage.....	27
Figure 11 : Point d'échantillonnage	28
Figure 12 : Prélèvement et préparation du sol, a : Opération de prélèvement, b : Tamisage du sol	28
Figure 13 : Des cloportes sous les pierres.....	28
Figure 14 : Echantillonnage par méthode physique.....	29
Figure 15 : Morphologie externe d'un cloporte de la famille Armadillidiidae, face dorsale (a : telson, b : uropodes)	29
Figure 16 : Face dorsale d'un cloporte vu sous une loupe binoculaire (G ×2)	30
(a : partie supérieur, b : partie inférieur).....	30
Figure 17 : Critères morphologiques de détermination (a : présence de clitellum, b : taille de lombric).....	31
Figure 18 : Clé d'identification de l'OPTV.....	32
Figure 19 : Nomenclature de Fosétyl-Almunium.....	33
Figure 20 : La pesé des concentrations.....	33
Figure 21 : La pesé des cloportes.....	34
Figure 22 : Pesé du sol.....	35

Figure 23 : Préparation de la litière	35
Figure 24 : Pulvérisation des milieux.....	35
Figure 25 : Présentation de l'enceinte des bio-tests (a : 2500mg/l, b : 1250mg/l, c : 625mg/l, d : 312.5mg/l).....	36
Figure 26 : L'enceinte expérimentale fabriquée pour le test d'évitement.....	38
Figure 27 : Dispositif de test d'évitement (a : alternation entre sol contaminé et sol non contaminé, b : introduction des vers de terre dans la cheminée centrale.....	39
Figure 28 : Présentation de l'enceinte expérimentale du test d'évitement.....	39
Figure 29 : Type de produits phytosanitaires utilisés pour le traitement.....	43
Figure 30 : Variation de taux de mortalité a la dose 2500mg/l au cours du test.....	44
Figure 31 : Evaluation de taux de mortalité durant la période de suivi.....	45
Figure 32 : Taux de mortalité enregistré au cours des quatre semaines.....	45
Figure 33 :Variation des taux de mortalité durant la période du test.....	46
Figure 34 : Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après une semaine de test.....	47
Figure 35 : Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après deux semaines du test.....	48
Figure 36 : Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après trois semaines de test	49
Figure 37 : Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après quatre semaines de test.....	50
Figure 38 :Mue d'un cloporte observée sous une loupe binoculaire	51
Figure 39 : Sortie des mancas observé sous une loupe binoculaire.....	52
Figure 40 : Turricules retrouvés dans la cheminée centrale.....	53

Glossaire

O P T V	O bservation P articipatif des V ers de T erre
DSA	D irection des S ervices A gricoles
DL50	D ose L étale
A N O V A	A nalysis O f V ariance
Av.J.C	A vant J ésus C hrist
I S O	O rganisation I nternational de Normalisation



Introduction

Introduction

La population mondiale est passée de 7 milliards en octobre 2011 à environ 7.8 milliards en mars 2020 (United Nation, 2020). Les conséquences de cette croissance démographique sont nombreuses ; besoins alimentaires, eau potable, santé, espace vital, éducation...etc. Les besoins les plus cruciaux sont évidemment, les besoins alimentaires qui font appel à l'augmentation et l'extension des superficies cultivables. Cette agriculture cesse d'être vivrière pour devenir intensive avec une modernisation qui passe par l'utilisation de pesticides, entre autre, pour augmenter les rendements agricoles (Mittal et Mittal, 2013 ; Piment et Lehman, 2008).

La pollution est la conséquence absurde de l'utilisation des produits phytosanitaires. Alors qu'ils sont censés améliorer la productivité agricole mondiale, en luttant contre les organismes considérés comme nuisibles pour les plantes et en limitant certains nombre de maladies parasitaires très meurtrières (Bourbia, 2013). Si les pesticides sont d'abord apparus bénéfiques, leurs effets secondaires nocifs ont été peu à peu mis en évidence. Ces produits chimiques représentent à la longue un risque majeur sur toute forme de vie par altération de l'activité biologique des sols (Bourbia, 2013).

Cependant, certains pesticides sont persistants dans l'environnement et du fait de leur action non sélective, la faune et la flore ainsi que l'homme constituent leur cible. Les chercheurs estiment que sur les 2.5 millions de tonnes de pesticides répandus chaque année dans le monde, seulement 0.3% atteignent leur cible et le reste touche toutes les autres espèces vivantes (Magdelaine, 2013). L'exposition à des substances toxiques peut nuire aux prédateurs naturels, aux pollinisateurs, aux organismes utiles du sol, aux poissons, aux oiseaux et aux autres animaux (Louveau, 1984).

L'Algérie est considérée parmi les pays importateurs de pesticide, avec le développement de l'agriculture les pesticides sont de plus en plus utilisés dans les cultures. Ainsi plus de 400 pesticides sont homologués en Algérie (Gagaoua et Ouali, 2013).

Afin de cerner les causes et les facteurs qui engendrent la pollution des sols par les pesticides, plusieurs recherches et analyses physico-chimiques ont été mises au point pour évaluer la qualité des sols. Ces recherches sont focalisées sur la détection et la persistance de ces produits nocifs dans le sol. Cependant ces études demeurent limitées du fait qu'elles ne nous informent pas sur le degré et l'étendu de cette nocivité (Leveque, 1997). Pour cette raison que les chercheurs se sont orientés vers le suivi de certaines espèces bio indicatrices en se basant sur le principe de la bio surveillance qui consiste à utiliser les réponses à tous les niveaux

d'organisation biologique d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution (Banaru et Perez, 2010).

Parmi les bios indicateurs, les invertébrés présentent des avantages considérables dans l'évaluation de la qualité des sols. Ils contribuent dans la décomposition des matières organiques, à la régulation de l'activité microbienne, aux cycles des nutriments et à la structuration du sol (Cortet et *al.*, 1999). En effet, la qualité du sol dépend, notamment, du fonctionnement optimal de ces organismes (Kammenga et *al.*, 2000).

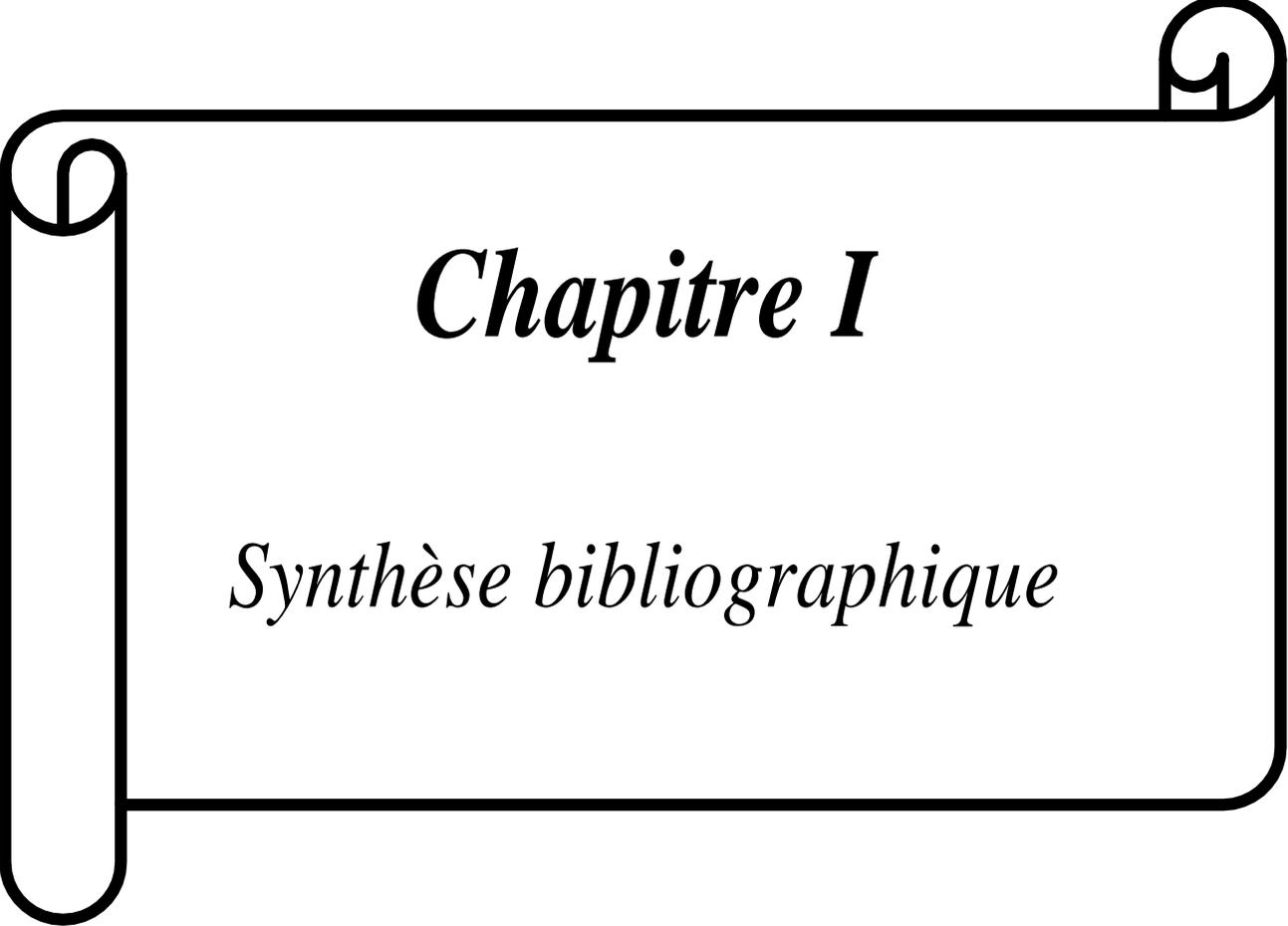
Dans la région de Bouira les études qui prennent en charge le suivi de l'effet des pesticides sur les organismes vivants et leur devenir dans les milieux agricoles sont quasiment rares. Une initiative portant sur l'évaluation de l'insecticide Karaté zeon dans la région est abordée par Medjri et Chabira (2019). Cette étude a fait appel au principe de la bio-surveillance en employant des lombricidés (*Aporrectodeacaligniosa*) comme bio-indicateur

Afin de poursuivre le même axe de recherche, l'objectif visé par notre étude, est de tenter d'apporter une contribution à l'évaluation de la toxicité d'Aliette fleshle fongicide le plus utilisé par les agricultures de Bouira. Nous avons choisi deux bio-indicateurs qui sont les cloportes et les lombricidés.

Notre étude consiste à l'élaboration d'un test de toxicité aigue sur les cloportes, le choix est porté sur ce taxon car les Isopodes sont très utilisés dans des tests d'écotoxicité normalisés pour mesurer les effets des substances polluantes à travers, l'étude de la survie, de la croissance, de la reproduction, et de leur comportement en contact de ces produits (Godet, 2010)..

Un test d'évitement a été réalisé sur les lombricidés, un taxon zoologique, très utilisé dans des études de bio monitoring des sols pollués, il a servi comme modèles pour des tests de toxicité et de contamination des sols. En effet ce test permet d'évaluer le comportement et le pouvoir de ces espèces à détecter et à fuir les sols contaminés par le biais des réactions d'évitement du pesticide à des concentrations sub-létales.

Le travail effectué se subdivise en trois parties. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les pesticides, et les deux bio-indicateurs utilisés comme modèles biologiques. Dans le second chapitre on expose les protocoles expérimentaux ainsi que le matériel utilisé pour la réalisation de ce travail. Les résultats et les interprétations seront traités au dernier volet de l'étude.



Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. 1. Généralité sur les pesticides

.Aperçu sur les pesticides

Selon Louchahi (2015), le terme pesticide dérive du mot anglais « pest » qui désigne toute plante ou animal (ver, mollusque, insecte, rongeur, oiseau et mammifère), virus, bactérie, champignon susceptible d'être nuisible pour l'homme et son environnement et « cide » de latin *coedere* qui signifie tuer.

On appelle pesticide, produit phytosanitaire, produit pharmaceutique ou produit de traitement, toute substance ou préparation destinée à repousser, détruire ou combattre les espèces indésirables de plantes, d'animaux, des champignons ou des bactéries causant des dommages durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaire (Benzine, 2006).

Selon les textes relatifs à la réglementation européenne, on distingue deux types de pesticide (Merhi, 2008).

- **Produits phytopharmaceutiques** : pesticides à usage agricole et non agricole (parcs et jardins, entretien des abords d'axes de transport...) pour la protection des plantes.
- **Produits biocides** : pesticides destinés à tous les usages non agricoles (désinfectants, insecticides ménagers, traitement des charpentes, produits antisalissure...).

Historique des pesticides

La lutte contre les organismes nuisibles aux cultures par nos ancêtres était de manière physique : ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique. Néanmoins, l'utilisation de produits chimiques reste ancienne selon Homère (1000 ans av.J.C.) indiquant l'utilisation du soufre et Pline l'Ancien (50 ans av.J.C.) signalant celui de l'arsenic (Calvet et *al.* 2005).

L'utilisation de l'arsenic date depuis la fin du XVIIème siècle ainsi que la nicotine dont les propriétés toxiques ont été découvertes par Jean de La Quintinie (1626-1688) qui en a recommandé l'usage. Néanmoins, c'est durant le XIXème et XXème siècles que les propriétés biocides de plusieurs produits chimiques ont été mises en évidence résultant d'importants développements et élaborations de techniques de protection des plantes. Cela est dû à bon nombre de facteurs comme l'apparition de graves épidémies, tel que : phylloxéra, mildiou de

la pomme de terre, doryphore. Autre facteur qui a induit le développement de cette technologie de protection: l'augmentation démographique croissante chez l'homme (Calvet et *al.* 2005).

Composition des pesticides

Les pesticides sont composés en général de deux types de substances : une ou plusieurs matières actives qui confèrent au produit l'effet désiré. Un ou plusieurs additifs qui renforcent l'efficacité, la sécurité du produit et sa facilité (Madjour et *al.*, 2012).

- Un diluant ou une charge, substances neutres, permettant : une facilité accrue de dilution à la préparation, une meilleure répartition de la matière active lors du traitement si celle-ci agit à très faible concentration, éventuellement, une toxicité moindre pour l'utilisateur.
- Des adjuvants, qui améliorent l'efficacité de la matière active ainsi que les propriétés physiques et physicochimiques de la préparation. Des dispersifs ou émulsifs qui facilitent la préparation du liquide à pulvériser, donc son homogénéité (Madjour et *al.*, 2012).

Classification des pesticides

Selon Errami (2012), les pesticides disponibles aujourd'hui sur le marché sont caractérisés par une grande variété de structures chimiques, de groupes fonctionnels et d'activité qui rendent leur classification relativement complexe. D'une manière générale, ils peuvent être classés en fonction de la nature chimique de la principale substance active qui les compose. Les produits phytosanitaires regroupent plus de 900 matières actives qui rentrent dans plus de 8800 spécialités commerciales selon l'union des industries de la protection des plantes. De plus, les variétés et les quantités utilisées diffèrent en fonction du pays où ils sont utilisés. Néanmoins, les systèmes de classification sont universels.

Classification selon la nature des organismes ciblés (classification biologique).

D'après Ramade (1998), on distingue ainsi :

- Les insecticides, utilisés contre les insectes « nuisible ».
- Les fongicides, utilisés contre les champignons phytopathogènes ou vecteurs de mycoses animales ou humaines.
- Les herbicides qui détruisent les plantes adventices des cultures et de façon plus générales toute végétation jugée indésirables.
- Les acaricides qui détruisent les acariens.
- Les nématicides employés contre les nématodes phytoparasites.

- Les molluscicides ou hélicides qui détruisent les gastéropodes.
- Les rongenticides qui tuent les rongeurs.
- Les corvicides destinés à éliminer les oiseaux ravageurs.

Les pesticides peuvent être groupés en fonction de la façon dont ils agissent sur les organismes nuisibles cibles, le tableau suivant résume la classification des pesticides selon mode d'action (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Classement des pesticides suivant leur mode d'action (Socorro, 2015).

Herbicide	
De contact	Agit sur les parties de la plante avec lesquelles ils entre en contact.
Systémique	Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci.
Sélectif	Ne contrôle que certain plantes traitées.
Non-sélectif	Contrôle toutes les plantes traitées.
Résiduaire	Se dégrade lentement et contrôle les plantes sur une longue période.
Non-résiduaire	Est rapidement inactif après son application et ne contrôle les plantes que sur une courte période.
Fongicide	
Préventif	Protège la plante en empêchant que la maladie de se développe.
Curatif	Réprime une maladie qui est déjà développée.
Insecticide	
De contact	Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit.
D'inhalation	Agit lorsque l'insecte respire le produit.
D'ingestion	Agit lorsque l'insecte se nourrit du produit.

✚ Classification selon l'usage :

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

➤ **Les cultures** : tous les produits phytosanitaires utilisés en agriculture pour maintenir un bon état sanitaire des sols et des végétaux, regroupent principalement les insecticides-acaricides, les fongicides et les herbicides.

➤ **Les bâtiments d'élevage** : ce sont des insecticides et des bactéricides.

➤ **Les locaux de stockages des produits végétaux** : des insecticides et des fongicides.

➤ **Les bâtiments d'habitation** : des herbicides, des insecticides, des rodenticides et des fongicides.

➤ **Les zones non agricoles**: des herbicides.

➤ **L'homme et les animaux** : il s'agit des insecticides et des fongicides utilisés pour l'hygiène humaine et vétérinaire (élimination des puces chez les chiens et les chats).

✚ Classification selon la toxicité

La classification des produits repose sur la base des résultats d'études toxicologiques et leurs effets sur la santé (Anonyme, 2002), les produits étaient répartis en trois classes ;

Classe A : très toxique, toxique ou corrosif

Classe B : Drogue.

Classe C : Nocif, irritant ou sensibilisants, accessible à tous utilisateur.

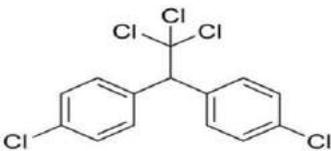
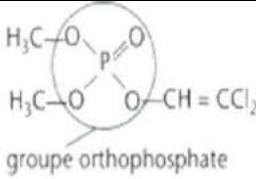
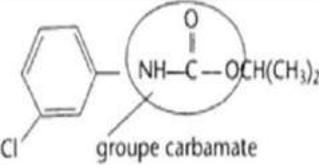
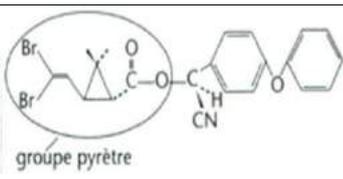
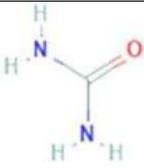
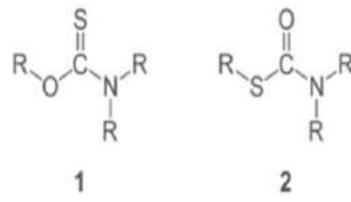
✚ Classification selon la nature chimique :

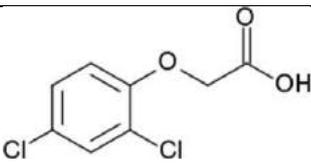
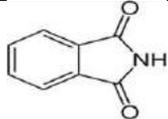
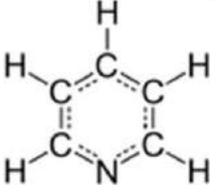
Jesse Uneke (2007), Ayad (2012) ont indiqué que les pesticides sont divisés selon leur nature chimique en : pesticides organiques ; pesticides inorganiques et bios pesticides.

• Pesticides organiques

Les pesticides sont classés par famille selon la nature chimique de la principale substance active à savoir organochlorés, organophosphorés, carbamates, thiocarbomates, pyrthrinoides, urées substituées, phenoxyherbicides, triazines, phtalimides, pyridines... (Anonyme, 2013) (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Classification des pesticides selon la composition chimique (Benmouhoub, 2020).

Famille	Composant actif	Cibles biologiques	Exemple
Organochloré		Insecticide	DDT, lindane, endosulfan, aldrine, dieldrine et chlordane
Organophosphoré		Insecticide	Parathion, malathion, diaznonet,
Carbamate		Insecticides Herbicides Fongicides	Carbyl, Carbofuran,
Pyrethrinoides		Insecticides Acaricides	Cyperméthrine ; Pyréthrine.
Urée substituées		Herbicides	La butylurée.
Triazines		Herbicides	Atrazine, cyanazine, méthoprotryne, propazine, turbuthylazine,
Thiocarbamates		Insecticides Herbicides	Disulfanediybis(diméthylcarbamothioyle) (TMTD).

Phenoxyherbicides		Herbicides	MCPA (2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid), 2,4-D (2,4-dichloro-phenoxyacetic acid), 2,4,5-T(2,4,5-trichloro-phenoxyacetic acid)
Phtalimides		Herbicides	Folpel, Captane, Captafol
Pyridines		Herbicides	Paraquat, Diquat

- **Pesticides inorganiques**

Selon Boland et *al.* (2004), les pesticides inorganiques sont des éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leurs utilisations entraînent souvent de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans le sol tels que, l'arséniate de plomb, le mélange de cuivre et de chaux, le tétraborate de sodium, le chlorate et les composés de mercure.

- **Les biopesticides**

Les biopesticides sont des organismes vivants ou des produits dérivés de ces organismes, ils ont la particularité d'inhiber ou de restreindre les ravageurs des cultures.

Depuis des siècles, les agriculteurs les utilisent. Aujourd'hui, selon leur source, ils sont répartis en trois catégories (microbienne, végétale ou animale) (Deravel et *al.*, 2014).

Devenir des pesticides dans l'environnement :

Dans le monde, chaque année, 4,6 millions de tonnes de pesticides chimiques sont appliqués dans l'environnement, seulement 0,3% de ces produits atteignent effectivement leurs cibles. Le reste des substances est généralement dispersées dans les différents compartiments de la biosphère, et touche d'autres espèces non cibles. Ces derniers peuvent être alors soumis à

différents processus qui vont conditionner leur dissipation dans les différents compartiments de l'environnement (Merhi, 2008). (**Figure 01**)

- La photo-dégradation : est un processus abiotique dans la dissipation des pesticides où l'excitation moléculaire par absorption de l'énergie lumineuse (Katagi, 2004).
- La dégradation chimique par le phénomène d'hydrolyse aqueuse (Wolfe et al., 1990).
- la biodégradation grâce aux micro-organismes présents dans le sol (Colin, 2000).
- La rétention (adsorption) dans le sol jusqu'à la formation de résidus liés (par exemple l'accumulation des fongicides à base de cuivre dans le sol) (Van Der Werf, 1996).
- Le transport vers d'autres compartiments environnementaux par des processus physicochimiques (volatilisation) ou via vecteur, l'eau par lixiviation ou ruissellement ou les particules de sol (désorption) (Van Der Werf, 1996).

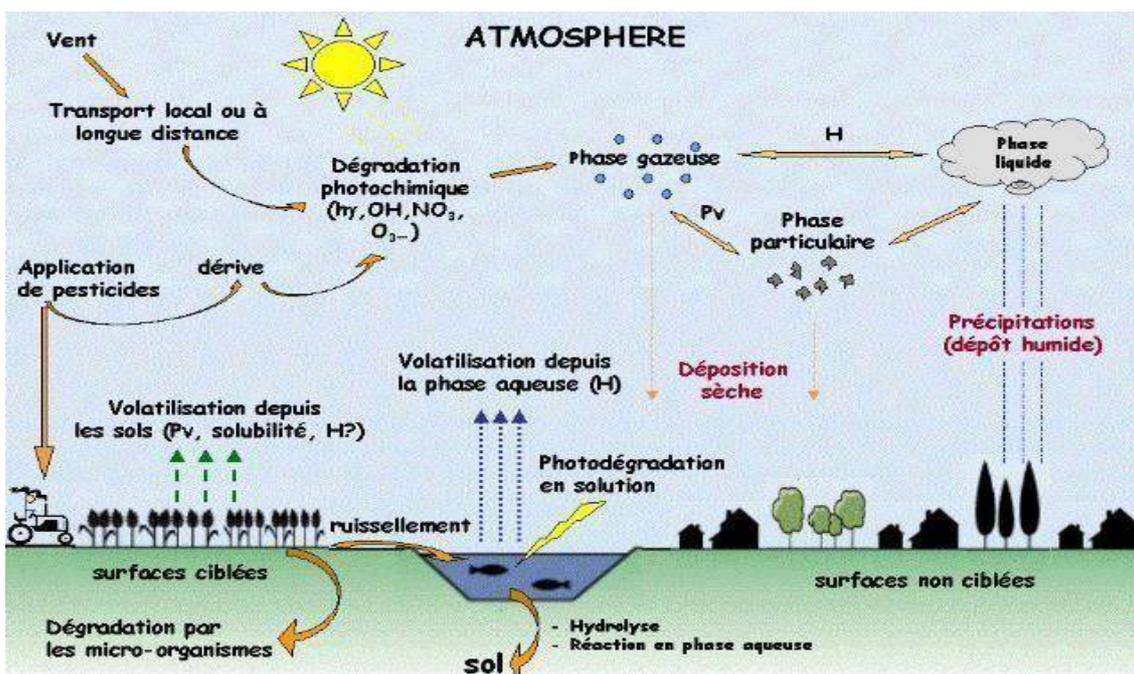


Figure 01 : Devenir des pesticides dans l'environnement (Berrah, 2011).

Les effets des produits phytosanitaires sur la santé humaine et la biodiversité

L'inquiétude à propos de l'impact des pesticides sur l'environnement et sur la santé humaine a commencé à faire parler d'elle au début des années 1960 (Van Der Werf, 1996). Armand (2002) ajoute aussi qu'estimer les effets sur les écosystèmes d'une pollution liée aux pesticides s'avère difficile, car il existe un millier de familles de pesticides, soit des dizaines de milliers de pesticides. Ils sont en outre utilisés à faibles doses et leurs comportements sont très divers. Leur impact dépend à la fois de leur mode d'action (certains sont beaucoup plus toxiques que d'autres), de leur persistance dans le temps (certains se dégradent beaucoup plus rapidement

que d'autres) et de leurs sous-produits de dégradation lesquels sont parfois plus toxiques et se dégradent moins vite que le composé initial. Leurs effets sur les vivants, eux aussi, encore pas très connus.

Effets sur la santé humaine

La contamination du corps humain par les pesticides peut se produire par l'absorption de nourriture et d'eau, par contact cutané ou par inhalation (Ayad Mokhtari, 2012).

✚ Les effets aigus

Se développent généralement pendant ou peu après manipulation, généralement quelques minutes à quelques heures après l'exposition à une dose unique d'un pesticide. Les effets aigus s'observent principalement en milieu professionnel et particulièrement parmi les applicateurs ou manipulateurs des pesticides. La gravité des effets sera grosso modo proportionnelle à la toxicité aiguë de la matière active, habituellement évaluée par sa DL₅₀ (Regnault-Roger et al., 2005). Les effets spécifiques incluent : l'irritation, la sensibilisation et l'intoxication.

✚ Les effets chroniques

Les effets sanitaires potentiels en relation avec l'exposition chronique à faible dose, professionnelle ou environnementales, aux produits phytosanitaires font l'objet de nombreuses recherches depuis près de trois décennies. Les pathologies les plus étudiées sont les maladies neuro-dégénératives (démence d'Alzheimer, maladie de Parkinson et sclérose latérale amyotrophique notamment), les cancers (tumeurs prostatique et cérébrales, cancers cutanée et tumeurs labiales), et les hémopathies malignes (lymphomes, myélomes et leucémies), ainsi que les échecs de la reproduction et des perturbations endocriniennes. La possibilité de troubles neuropsychiques induits par l'exposition répétée à faible dose de pesticides a été évoquée dès les débuts de leur emploi, les insecticides pratiquement tous des substances neurotoxiques étant à cet égard les plus suspects (Regnault-Roger et al., 2005).

Effets sur la biodiversité

Les pesticides, en raison de leur toxicité avérée et de leur diffusion répétée dans le monde, sont l'un des facteurs contribuant au déclin de la biodiversité. (Foubert, 1986).

✚ Effets sur la faune

Les pesticides peuvent nuire à des organismes autres que les ravageurs qu'ils ciblent (Barnett et al., 2003). Même l'exposition à des pesticides à faible dose peut entraîner des changements dans le comportement et la physiologie des espèces touchées, entraînant une

diminution de la survie et de la fécondité (Kegley et al., 1999).

- **Les vertébrés :**

Ces produits affectent également directement l'empoisonnement, ou affectent indirectement les mammifères en supprimant la nourriture et les abris (Jahn et al., 2014). Certains mammifères tels que le sanglier (*Sus scrofa*) et le renard (*Vulpes vulpes*).

Un pesticide peut tuer l'oiseau directement, l'empoisonner sans le tuer ou avoir un effet indirect sur lui en réduisant sa nourriture ou par consommation des proies déjà contaminées (Millot, 2016).

Les pesticides représentent une menace pour les poissons, certaines espèces sensibles risquent de disparaître (Beresford et al., 2004).

Certains pesticides sont des perturbateurs endocriniens, ils peuvent donc perturber la régulation hormonale chez les reptiles (Guillette et al., 1994).

- **Les invertébrés**

L'exposition à certains pesticides peut provoquer une diminution de la mobilité chez différents **insectes**. Tels que, chez *Melipona quadrifasciata* (abeille originaire du Mexique) et la guêpe *Trissolcus basalus*, l'exposition des larves à des doses sublétales d'imidaclopride (insecticide de la famille des néonicotinoïdes) provoque une diminution de l'activité locomotrice des adultes âgés de quatre jours ou plus (Tomé et al., 2012).

- **Les annélides**

Ils ont un rôle majeur dans la structuration du sol. Leur relative sensibilité aux pesticides a fortement contribué à faire de ces organismes le point d'entrée des études d'écotoxicité des pesticides. Par exemple les vers de terre affectés par les pesticides ont subi des perturbations des activités enzymatiques, augmentation de la mortalité individuelle, diminution de la fécondité et la croissance (Aubertot et al., 2005).

Méthode d'évaluation de la toxicité des pesticides

Il est très difficile de quantifier les effets réels des pesticides dans l'environnement naturel et d'analyser leur développement (Ratelle et Pujalte, 2015).

Les besoins visant à évaluer la qualité des médias et l'impact des substances polluantes, tels que les pesticides, ont conduit à la définition et à la mise en œuvre d'outils de mesure physico-chimique. Ceux-ci permettent de mesurer les concentrations de composants dans celle-ci par rapport aux valeurs réglementaires. Cependant, ces techniques ne fournissent pas d'informations directes sur les effets des contaminants dans tous les organismes vivants et leur environnement (Van Haluwyn et al., 2011).

Pour compléter ces derniers, les méthodes de **Biosurveillance** fournissent des informations supplémentaires sur le type et l'intensité de la contamination.

La biosurveillance

Selon Cuny, 2012, l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution.

Types de biosurveillance

Deux concepts de bio surveillance sont distingués :

La bio surveillance sensible

Elle utilise des espèces qui répondant au stress provoqué par la pollution. La mesure de cette sensibilité définit 3 concepts :

- **Les bio-marqueur**

Selon Depledge (1994), ce qui se situe au niveau infra individuel: altérations moléculaires, biochimiques ou physiologiques non visibles. Bocquené et al (2004), ont cité l'exemple de la mesure de l'activité d'une enzyme clé du fonctionnement du système nerveux.

- **Les bio-indicateurs**

Qui se place au niveau individuel: altérations physiologiques, tissulaires ou morphologiques visibles. Les premiers réagissent rapidement et de manière observable ou mesurable au stress physique ou chimique (Franzle, 2006).

- **Les bio-intégrateurs**

C'est au niveau de la population et/ou de la communauté: variation densitaire, présence/absence d'espèce: diagnostic de l'éco-lichenique pour déterminer une indication de la pureté atmosphérique (Elis et *al.*, 2007).

La bio surveillance par accumulation

Cette méthode utilise des organismes qui ont la capacité de stocker les polluants dans leur tissus (bioaccumulation) suite à des mécanismes de fixation et /ou de transfert. Bioaccumulateur sert ici comme une matrice de dose de différents contaminants (Bernard et al., 2004).

Selon Van Haluwyn et al (2011) distingue deux stratégies de ce type de bio surveillance :

- **Méthode in situ** (bio surveillance passive)

Elle utilise les organismes déjà présents sur le site (organismes indigènes)

- **Méthode de transplant** (bio surveillance active)

Elle emploie des organismes dit transplantés (méthode in situ n'est envisageable), quand les organismes correspondant aux critères de l'étude sont absents dans le milieu.

Données bibliographique sur quelques espèces bio-indicatrices de la pollution du sol

Les bio-indicateurs sont des êtres vivants, dont la présence ou l'absence, donne des renseignements sur le milieu dans lequel ils se trouvent. Ces renseignements peuvent être d'ordres écologiques et environnementaux.

Un bio-indicateur comme les vers de terre et les cloportes peuvent nous fournir des informations importantes sur la contamination du sol.

Généralités sur les Lumbricidae

Taxonomie des Lomrirs

Les vers de terre sont des invertébrés représentant la famille des Lumbricidae ils appartiennent à l'embranchement des Annélides (vers segmentés, dont la principale caractéristique évolutive est un corps formé d'une série d'anneaux), à la sous-classe des Oligochètes (littéralement : qui ont peu de poils), à l'ordre des Haplotaxida et au sous-ordre des Lumbricina. La famille des Lumbricidae est la plus importante des Oligochètes. Elle se compose essentiellement de vers terrestres (Edward et Bohlen, 1996). On estime à 7000 environ le nombre total d'espèces, la majorité vivant sous les tropiques (Lavelle et *al.*, 1998).

Morphologie des Lumbricidae

✚ Anatomie externe

Le corps est mou ; de forme cylindrique allongé, de couleur rougeâtre, formé de nombreux anneaux successifs appelés les métamères. Comme tous les Oligochètes terrestres les vers de terre n'ont ni yeux, ni tête distincte. Cependant ils possèdent une forte densité de cellules sensorielles. La peau rendue humide de visqueuse par du mucus, est légèrement irisée. On distingue facilement une face dorsale et une face ventrale ; cette dernière, plus plate et moins colorée que la face dorsale. Il est aussi facile de distinguer la partie antérieure, plus effilée, plus colorée, un renflement portant le nom de clitellum (**Figure 02**) (Villeneuve et Désire, 1965).

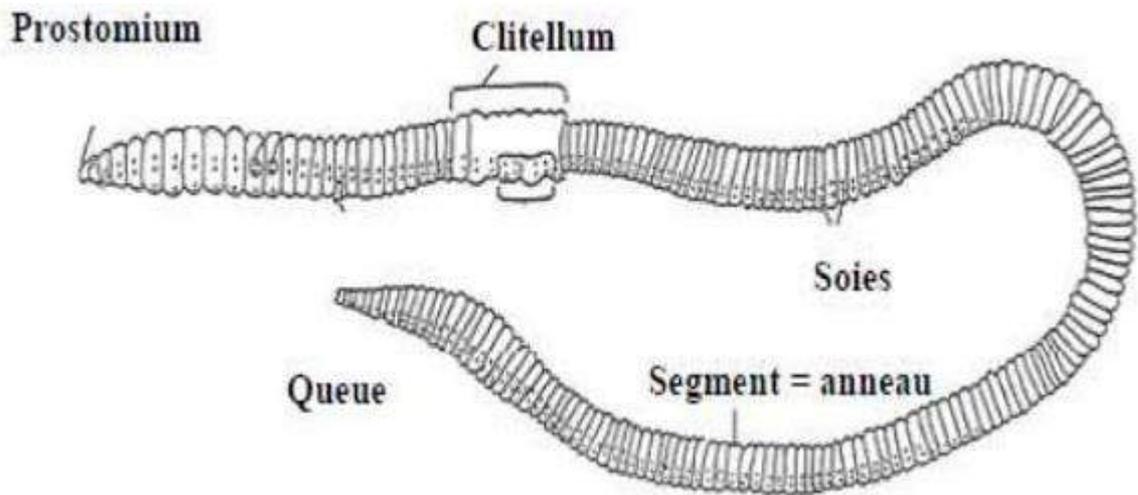


Figure 02 : Morphologie externe d'un ver de terre (Villeneuve et Désire, 1965).

✚ Anatomie interne

Les lombriciens possèdent un squelette hydrostatique dû à la présence du coelome, ce qui leur permet de se déplacer par des mouvements péristaltiques du corps (Villeneuve et Désire, 1965) (**Figure 03**).

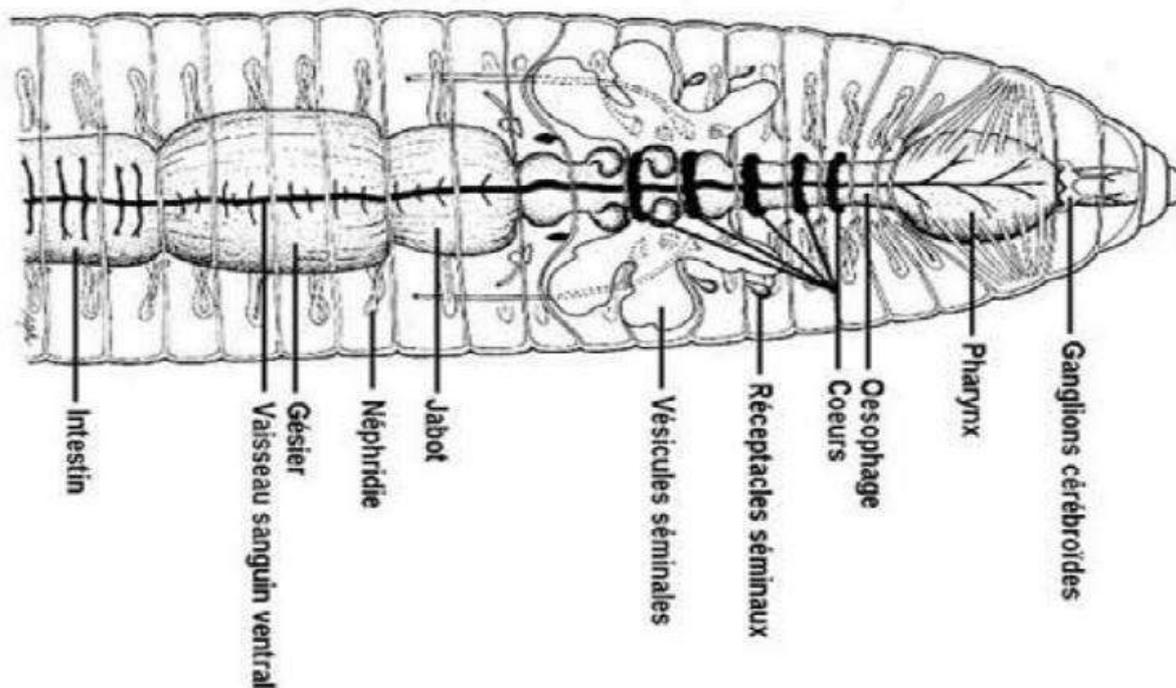


Figure 03 : Anatomie interne du lombric ouvert par la face dorsale (Villeneuve et Désire, 1965).

- **Le système digestif**

Le tube digestif est assez élaboré et comprend une bouche, un pharynx qui peut servir de ventouse pour tirer les aliments dans les galeries et de broyeur pour les triturer. Les aliments passent ensuite dans le jabot, passent dans le gésier qui continue le broyage et atteignent enfin l'intestin. C'est là qu'est produit le complexe argilo-humique (Boué et Chaton, 1974).

- **La respiration**

Le Lombric est dépourvu de poumon, les échanges gazeux s'accomplissent directement par sa peau toujours humide et visqueuse qui permet le passage d'oxygène : son corps doit rester humide pour permettre la respiration (Villeneuve et Désire, 1965).

- **La reproduction**

Le ver de terre est hermaphrodite, ce qui signifie qu'il possède aussi bien les organes mâles que les organes femelles. Néanmoins, il ne peut pas se reproduire tout seul. L'accouplement se fait entre deux individus se positionnant tête-bêche et de par ce fait, juxtaposant leurs organes. Le clitellum glissera sur le corps et récoltera les cellules mâles et femelles (Villeneuve et Désire, 1965).

- **Le système nerveux**

Le système nerveux est ventral, il comprend :

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

Ecologie du ver de terre

Position du ver de terre dans le réseau trophique

Bien que vivant surtout dans le sol, le lombric a des prédateurs qui sont notamment des oiseaux, la taupe *Talpa europaea*, le hérisson *Atelerix algirus*, le sanglier *Sus scrofa* ou encore quelque insectes par exemple le carabe doré *Carabus auratus*. Une quantité d'environ 20g de vers de terre (poids vif) par jour et par volaille constitue un apport protéinique suffisant pour ces animaux laissés en liberté sur l'exploitation agricole (Frédéric et al., 2003).

Intérêt des Lombrics

Les vers de terre peuvent disparaître presque totalement dans les sols cultivés de manière intensive ou incorrecte. Les lombrics jouent un rôle écologique majeur en termes d'aération et de micro-drainage du sol, comme ils influencent peu la diversité des espèces présentes, et ils influencent de manière significative la productivité de certains types ou communautés de plantes (Lavelle et al., 1998).

- **Intérêt sur le sol**

Les lombrics ingèrent la matière organique et la matière minérale pour former des complexes organominéraux sous forme d'agrégats, ils améliorent la structure, la rétention en eau utile, ils créent des réseaux de galeries à travers lesquelles s'infiltré l'eau, assurant ainsi un meilleur drainage et l'élimination des battances et des compactations. Les vers de terre jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (Lavelle et *al.*, 1998). En effet, ils interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol, ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées "humus" (Mitchell, 1997; Pelosi, 2008).

- **Intérêt sur les organismes du sol**

Les vers de terre favorisent le développement des organismes utiles dans le sol. En effet ils disséminent dans le sol des nématodes entomopathogènes *Heterorhabditis bacteriophora* et des champignons insecticides *Beauveria bassiana*, ce qui contribue à l'amélioration de la régulation naturelle des ravageurs (Lukas, 2013) (**Figure 04**).



Figure 04 : Structures construites par des vers de terre (Thi My Dung HUYNH ; Pelosi, 2008) (a) déjection à la surface (turricules) (b) galeries

- **Intérêt sur la croissance des plantes et sur la production végétale**

L'effet positif des vers de terre sur la production végétale est en partie expliqué par leur relation très étroite avec le système racinaire des plantes (Bouché et Aliaga, 1986 ; Hameed et al., 1993 ; Boersma et Kooistra, 1994 ; El hartiet, 2009).

Les vers sont l'exemple parfait des espèces ingénieurs de l'écosystème. Les endogés et anéciques creusent des galeries dans le sol rejetant des turricules (tortillon). Cela crée des espaces vides et des agrégats plus ou moins compact dans le sol et sa surface. Les espaces vides entre les agrégats facilitent la croissance des racines et l'infiltration de l'eau (Ruben, 2012).

✚ Catégories écologiques

Selon leur morphologie et leur comportement qui reflète leur mode de vie, les vers de terre sont classés selon Bouché (1972) en 3 classes écologiques (**Tableau.03**).

Tableau 03 : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par Bouché (1972).

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

Cycle de vie

Bien que les lombrics soient hermaphrodite, ils ne peuvent pas se féconder, l'accouplement est essentiel, le sperme mûrit avant l'ovule. Les deux lombrics s'accouplent ventre à ventre (Diaz Cosin et *al.*, 2010), par la suite les ovules sont pondus, les œufs sont fixés à la paroi interne du manchon de mucus. Ce manchon durcit formant le cocon de ponte (Boué et Chanton, 1974). C'est là que s'effectue le développement qui ne comporte pas de métamorphose, ni de phase larvaire libre. L'éclosion d'un œuf donne naissance à un lombric minuscule (Villeneuve et Désire, 1965) (**Figure 05**).

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte, adulte), ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu (Pelosi, 2008). Il a été noté qu'*Allolobophora Chlorotic* mettait 17 à 19 semaines pour murir lorsqu'il était conservé à 15°C. En revanche les mêmes espèces ont mûri en 13 semaines à 18°C (Edwards et Bohlen, 1996).

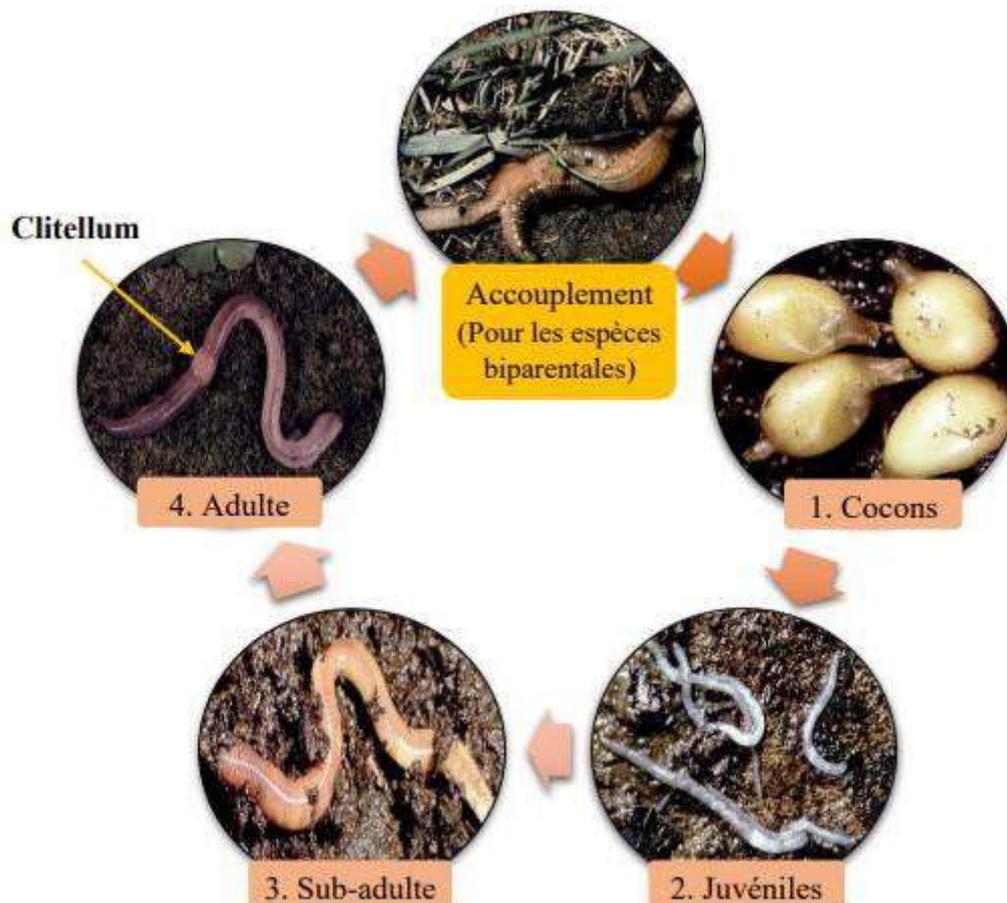


Figure 05: Cycle de vie d'un ver de terre (Hipp, 2005).

Données biologique et écologique des isopodes terrestres :**Position systématique des isopodes**

L'ordre des Isopodes comprend plus de 10300 espèces notamment marines et d'eau douce (Wilson, 2008) et 3710 espèces terrestres appartenant à 527 genres et 73 familles (Sfenthourakis et Taiti, 2015).

La position systématique du groupe selon Bowman et Abele (1982), et modifié par Mayrat et St Laurent (1996) est la suivante :

- ✚ **Phylum** : Arthropodes.
- ✚ **Super-classe** : Crustacea.
- ✚ **Classe** : Malacostraca.
- ✚ **Super-ordre** : Peracarida.
- ✚ **Ordre** : Isopoda.
- ✚ **Sous-ordre** : Oniscidea.

Caractéristiques anatomique des isopodes

Originaires du milieu marin, les cloportes sont des crustacés (sous-ordre des Oniscidea) qui se sont adaptés progressivement au milieu terrestre, colonisant ensuite de très nombreux milieux. Avec les amphipodes, ils constituent le seul ordre de crustacés capables d'accomplir la totalité de leur cycle de vie indépendamment du milieu aquatique. Les Isopodes terrestres (ou cloportes) renferment environ un tiers des espèces d'Isopodes (Harding P. et Sutton S., 1985).

Les cloportes ont un corps segmenté, de quelques millimètres à plusieurs centimètres de long, aplati dorso-ventralement, et possèdent une cuticule imprégnée de sels calcaires et recouverte d'écailles. Certaines espèces, au corps convexe, peuvent s'enrouler sur elles-mêmes (phénomène de volvation) (Coineau N., 1971).

Selon Roman et Dalens (1999), le corps des Isopodes est subdivisé en trois parties : le céphalon (la tête), le péréion et le pléon (**Figure 07**).

❖ Le céphalon

Il porte les organes sensoriels (yeux composés, une paire d'antennes, une paire d'antennules) et les pièces buccales. Les parties principales du céphalon sont le vertex, deux lobes et un lobe frontal.

❖ Le péréion

Il est formé de sept péréionites dont la partie dorsale est appelée tergite et la partie ventrale est dite sternite. Une paire de péréiopodes est insérée sur le côté ventral de chaque segment du péréion. Chaque péréiopode est formé de six articles : un basibodite, un ischiodite, un méropodite, un carpopodite et un dactylopodite.

❖ Le pléon

Il est formé de six pléonites, avec la sixième qui fusionne avec le telson pour former le pléotelson. Au niveau du pléon sont insérées cinq paires de pléopodes et chaque pléopode est composé d'un basipodite sur lequel sont articulés un endopodite et un exopodite.

Le cloporte se déplace grâce à sept paires de pattes ambulatoires, selon les capacités de déplacement, les cloportes utilisent un système de défense passif (l'immobilité) ou actif (la fuite) (**figure 08**). La respiration est assurée par des appendices particuliers (les pléopodes), permettant, selon les espèces, une respiration de type branchiale ou pseudo-trachéenne. Certaines espèces sont donc très dépendantes de l'humidité de l'air et sont sensibles à la dessiccation, alors que d'autres ont pu s'adapter à des milieux plus secs (Coineau N., 1971).

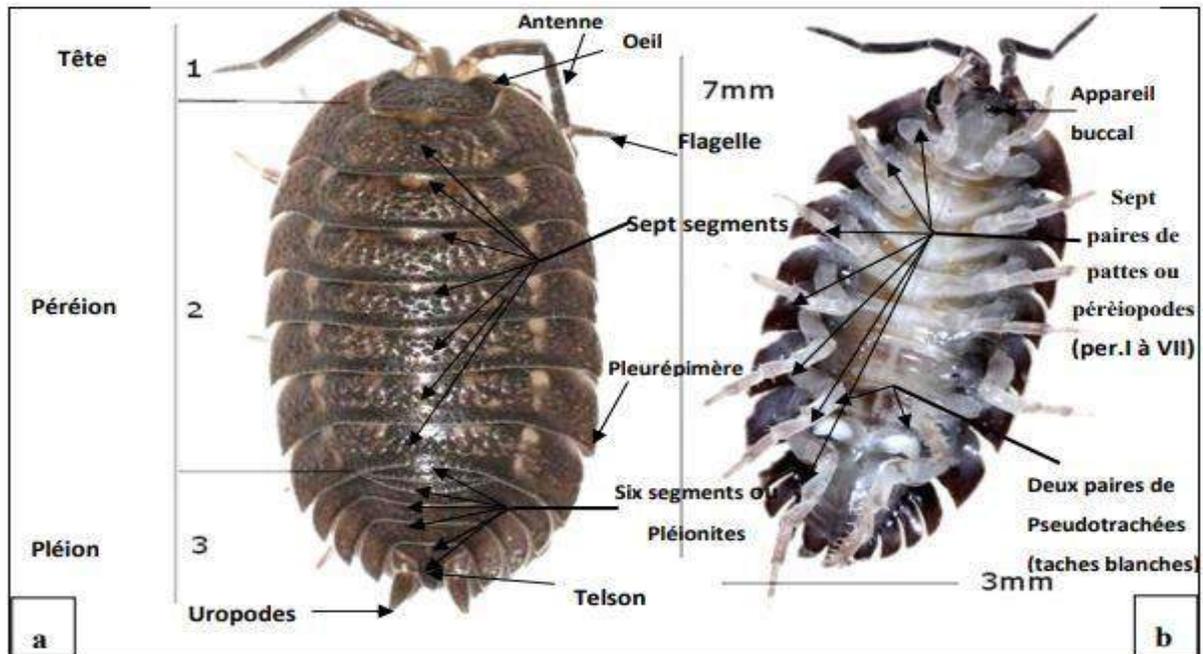


Figure 06 : Morphologie générale d'un Isopode terrestre. Vue dorsale (a) et ventrale (b) de *Porcellio scaber* (Dominique, 2019)

Reproduction et mue

Selon certaines études, les phénomènes de mue et de reproduction sont étroitement synchronisés chez la femelle, contrairement chez le mâle. Dans cette partie sera expliqué chacun des phénomènes avec la mise en évidence de leur synchronisation. (Rigaud *et al.*, 1997).

Les organes génitaux

Chez les Oniscoides, les groupes génitaux sont pairs (02 gonades, 02 tractus, 02 orifices). Il faut bien connaître l'appareil génital de chaque sexe pour pouvoir expliquer le cycle de mue et de reproduction. (Rigaud *et al.*, 1997).

✚ Chez les males

Chez les males, chaque gonade est composée de trois utricules testiculaires, débouchant dans une vésicule séminale, à laquelle fait suite un canal déférent. Les canaux déférents s'ouvrent dans une évagination de la membrane articulaire entre péréion et pélon (apophyse génital ou appendix genitalia). Les deux premières paires sont différenciées en organes copulateurs (Rigaud *et al.*, 1997).

✚ Chez les femelles

Les ovaires se présentent sous forme de deux sacs aplatis dorso-ventralement, et s'étendent du deuxième au septième segment du péréion. Sur chacun des ovaires se branche un oviducte débouchant à l'extérieur par un orifice génital situé à la base du cinquième péréiopode (Rigaud *et al.*, 1997).

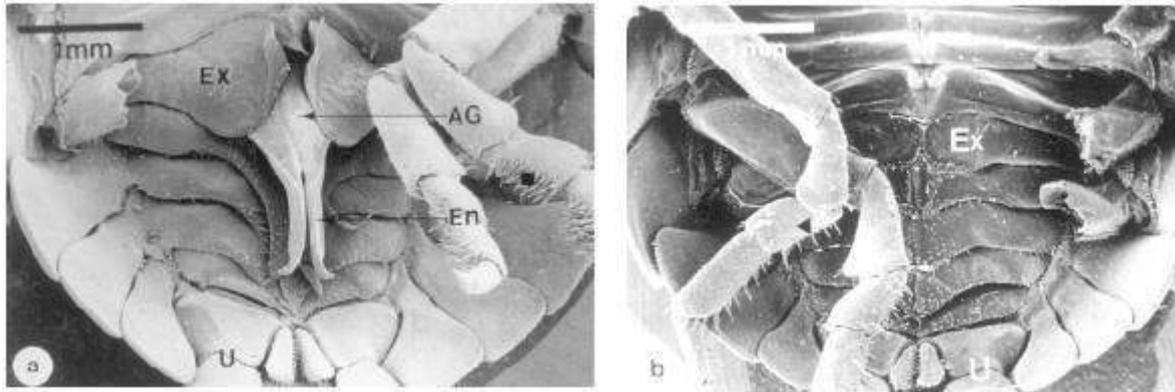


Figure 07: Micrographie du pléon (face ventrale) chez un mâle (a) et chez une femelle (b) d'*Armadillidium vulgare* (x22). AG : apophyse génitale, En: endopodite, Ex: exopodite, U : uropode, ■ : soies sur un péréiopode mâle, ◄ : soies sur un péréiopode femelle (Rigaud, 1997).

Cycle de mue

La mue s'effectue en deux temps. En premier lieu, le cloporte se débarrasse de la partie postérieure (comprenant des péritonites V, VI, VII, pléon, plételson et leurs appendices respectifs). Après une période de repos intermédiaire dont la durée varie selon la température, l'âge des individus et l'espèce considérée, le cloporte se libère de l'exuvie de la partie antérieure (comprenant le céphalon, les péreionites I à IV et leurs appendices) (Grassé et Forest, 1999) (**Figure 8**).



Figure 08: La mue chez l'Isopode terrestre *Porcellio* sp.

<https://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?t=90404>

Cycle de reproduction

La reproduction est gonochorique chez la majorité des Isopodes terrestres (Noel et Séchet, 2007) et certains d'autres sont parthénogénétiques ou intersexués.

La reconnaissance sexuelle de la femelle par le mâle se réalise par des attouchements antennaires sur tous les téguments de la femelle. La contention de la femelle par le mâle a lieu dès que la moitié postérieure de l'exuvie de celle-ci est tombée. Dans ce cas, le mâle aide la femelle à se débarrasser de son exuvie (Godet, 2010).

De ce fait l'accouplement a lieu dans l'intermue qui précède la mue parturielle. Les appendices masculins interviennent simultanément pour chacune des deux copulations qui dure quelques minutes (Vandel, 1960; Grassé et *al.*, 1999).

Après une durée d'incubation d'environ un mois, les œufs sont éclosés et les jeunes individus émergents dans le marsupium et vivent environ une semaine (Juchault, 1966) (**figure 09**). La face dorsale de cette cavité ou marsupium est délimitée par la paroi sternale, et la face ventrale est définie par 5 paires d'oostégits (une fine couche épidermique munie de nervures chitineuses insérées dans le bas des 5 premiers péréiopodes) (Mead, 1976).

A la sortie du marsupium, les jeunes individus (manca) ressemblent à des adultes, mais sont totalement dépigmentés (sauf au niveau des yeux) et ne possèdent que six paires de péréiopodes (Mead, 1976). Ces mancas sont sexuellement indifférenciés, l'apparition de leur 7^{ème} paire de péréiopode est observée après la première mue qui intervient dans les 24 heures après la ponte (Lefebvre, 2002). La différenciation sexuelle des juvéniles s'effectue aux environs de la 4^{ème} mue (Juchault, 1966). Les juvéniles atteignent la maturité sexuelle entre la 10^{ème} et la 14^{ème} mue arrivant au stade adulte (Godet, 2010).

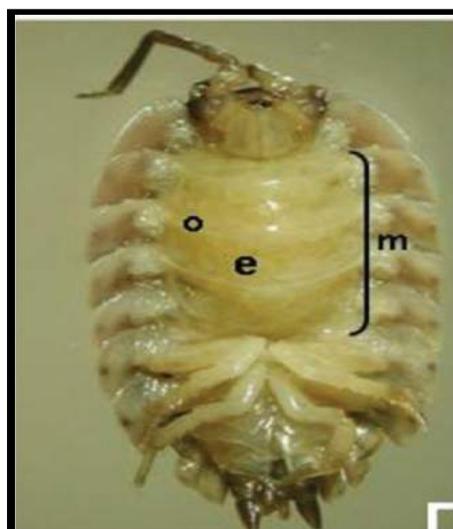


Figure 09: Marsupium de *Trachelipus rathkii* : (o) oostégits ; (e) oeufs ; (m) péréopodes de 1 à 5 (Hornung 2011).

La plupart des espèces d'Oniscoides manifestent une reproduction saisonnière, suivie par une période de repos sexuel; Par ailleurs, d'autres, présentent une reproduction continue telles que les populations togolaises et françaises de *Porcellionides pruinosus* (Bourgrier, 1978; Juchault et *al.*, 1985).

Le rôle des Isopodes

Selon Bacescu et al. (1999) et Noel et *al.* (2007), les Isopodes terrestres jouent plusieurs rôles importants dans les écosystèmes :

- ✓ Ayant un régime principalement détritivore, ces crustacés terrestres participent à la dégradation de la matière organique.
- ✓ Ils régulent les cycles de K, Ca lorsqu'ils fragmentent les déchets biologiques.
- ✓ Ils peuvent être des nettoyeurs intervenant dans l'entretien des écosystèmes en éliminant les métaux lourds comme le mercure, le cadmium et le plomb de la terre, d'extremement nocif pour l'humain.
- ✓ Ils enrichissent le sol en protéines.



Chapitre II

Matérielle et méthodes

Ce travail a pour objectif d'évaluer la toxicité d'un fongicide sur deux groupes d'espèces bio-indicateurs de la pollution du sol. Des tests de toxicité ont été effectués pour répondre à la problématique de notre travail de recherche et qui nécessite au préalable une préparation des éléments expérimentaux et les bios essais de toxicité.

Préparation des éléments expérimentaux

II .1.1 Présentation de la région d'échantillon

L'échantillonnage des cloportes et des vers de terre s'est fait au niveau de la wilaya de Bouira, dans laquelle nous avons choisis la région d'Ain Turk qui est une municipalité située à 8 km au nord-ouest de la wilaya de Bouira. Le point de l'échantillonnage est un jardin exploité régulièrement par la population riveraine, suivant les méthodes de jardinage traditionnelles, qui se basent surtout sur les techniques de fertilisation naturelles et l'absence des traitements par les pesticides (Figure11).



Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage



Figure 11 : Point d'échantillonnage (Original, 2021).

Prélèvement du sol

Le prélèvement du sol a été effectué à une profondeur de 10 à 30 cm à l'aide d'une pelle. Le choix de cette profondeur est fixé sur la base de la couche arable pour sa richesse en humus. Le sol ainsi prélevé est tamisé à l'aide d'un tamis à mailles carrés de 1 mm de diamètre pour se débarrasser des éléments grossiers (pierres, pierres végétaux).(Figure12).

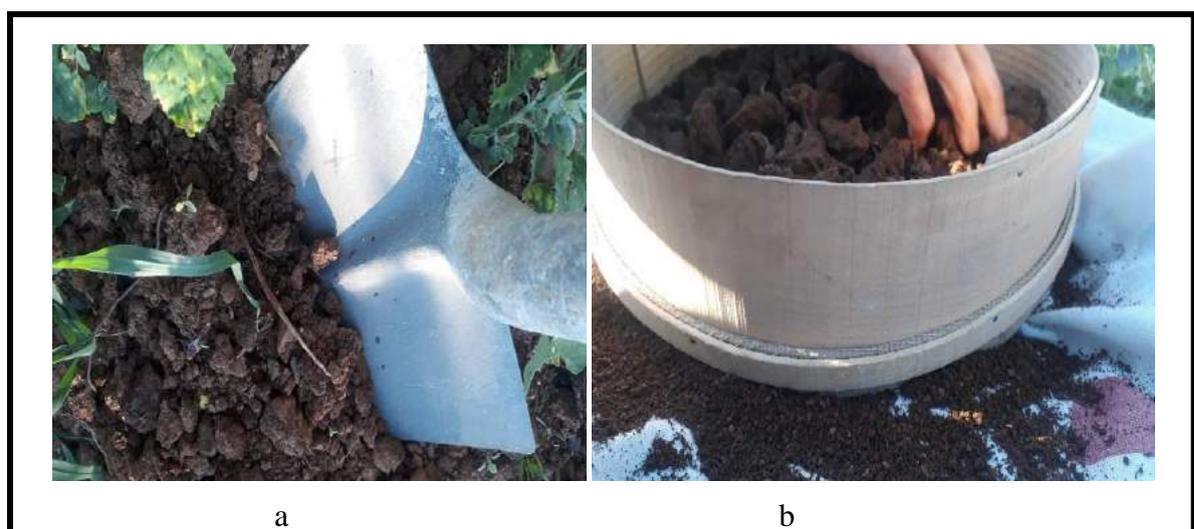


Figure 12 : Prélèvement et préparation du sol, a : Opération de prélèvement, b : Tamisage du sol (Original, 2021).

Méthode d'échantillonnage

✚ Méthodes d'échantillonnage des cloportes

L'échantillonnage des cloportes s'est effectué entre le mois d'avril et le mois de mai 2021, en appliquant la méthode d'échantillonnage ciblé par chasse à vue (Figure 13) en inspectant les micros habitats humides : sous les pierres et la litière, des endroits très recherchés par les cloportes (Noel *et al*, 2014).



Figure 13: Des cloportes sous les pierres (Originale, 2021).

✚ Méthodes d'échantillonnage des vers de terre

Pour extraire les vers de terre, de nombreuses méthodes ont été mises en point : les méthodes physiques, qui se basent sur l'estimation de la faune dans un volume de sol et les méthodes éthologique. Au cours de notre travail, le prélèvement des vers de terre a été effectué par une récolte directe d'individus dans des endroits humide suivant un échantillonnage ciblé (Figure 14).



Figure 14 : Echantillonnage des vers de terre (Original, 2021).

Identification des modèles biologiques

✚ Identification des cloportes

Dans notre travail, nous nous sommes concentrées et limités à l'identification du genre *Armadillidium sp*, le genre utilisé pour le test de toxicité aigue, en utilisant une loupe binoculaire et la clé d'identification de Hopkin (1991).

Cette clé est basée sur des critères morphologiques. L'ensemble des critères de détermination que nous avons pris en considération sont situés au niveau de la partie caudale telle que le telson et les uropodes, les figures 15 et 16 illustrent d'avantage les parties prises en considération lors de notre identification :

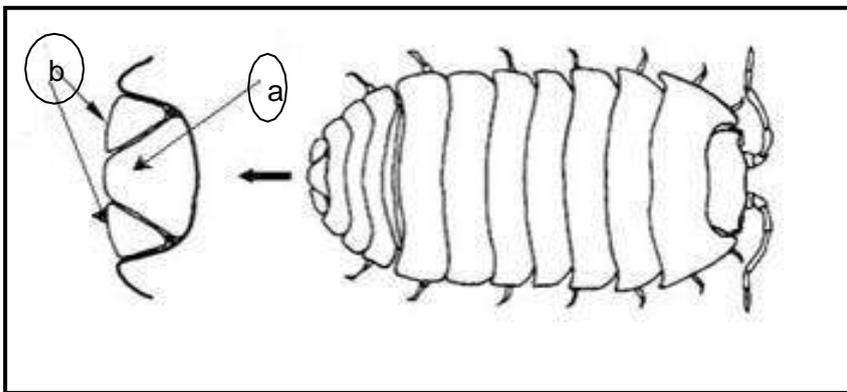


Figure 15 : Morphologie externe d'un cloporte de la famille Armadillidiidae, face dorsale (a : telson, b : uropodes) (Hopkin, 1991).

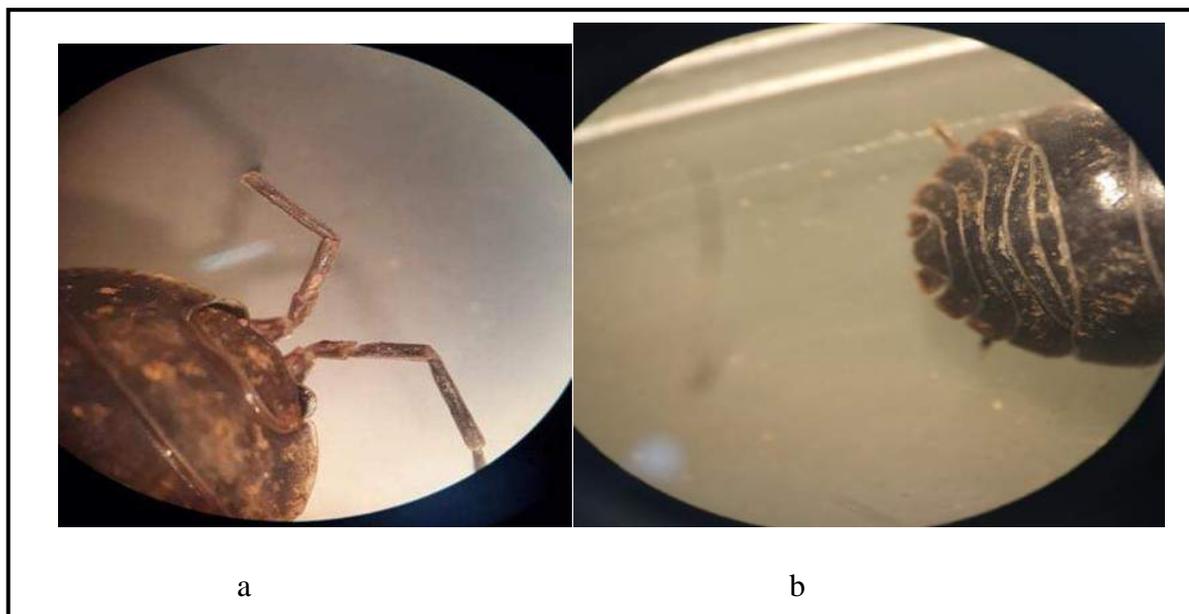


Figure 16 : Face dorsale d'un cloporte vu sous une loupe binoculaire (G x2)

(a : partie supérieur, b : partie inférieur) (Original, 2021).

✚ Identification des vers de terre

Nous avons réalisé une pré-identification à l'aide de la clé d'identification de l'OPTV (Figure 18), qui se base sur des critères morphologiques visibles à l'œil nu (taille, présence/absence du clitellum, la couleur de l'épiderme).



Figure 17 : Critères morphologiques de détermination (a : présence de clitellum, b : taille de lombric) (Original, 2021).



Figure18 : Clé d'identification de l'OPTV.

Choix de contaminant

Une analyse d'un ensemble de travaux effectués dans la région de Bouira sur la commercialisation et l'utilisation des produits phytosanitaires a été réalisée, les travaux concernés sont : (Bousta. N et Djourdikh. Z, 2018), (Nebig Mena. S et Hamdache. D, 2019) et (Khiri. H et Alem. A, 2020). L'ensemble de ses chercheurs ont mené des enquêtes auprès des agriculteurs et des points de vente des pesticides. D'après les références consultées, Aliette flash est le fongicide le plus utilisé dans la région de Bouira. Pour appuyer ces enquêtes sur l'utilisation des pesticides, nous nous sommes rapprochés de la DSA de la wilaya de Bouira, qui nous ont confirmé que le pesticide Aliette flash est le fongicide le plus utilisé dans la région.

✚ Caractérisation du contaminant

Aliette flash : de la famille phosphanates à base du Fosétyl-Aluminium. Fongicide préventif doté d'une systémie ascendante et descendante. Il est actif contre de nombreux champignons responsables de maladie, notamment les maladies à Phytophthora. Il est utilisable sur plusieurs cultures (Bayer Cropscience, 2014).

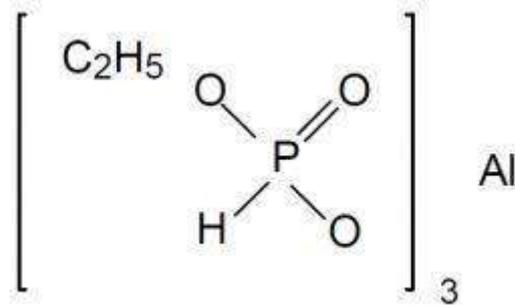


Figure 19 : Structure chimique de Fosétyl-Aluminium (Bayer Cropscience, 2014).

Essais de toxicité

Préparation des concentrations

Aliette flash est utilisée en champ à une dose d'emploi de 2500 mg/l, sachant qu'il contient 80% de Fosétyl-aluminium, Nous avons choisis la concentration utilisée par les agriculteurs sur le terrain et on a calculé les concentrations à tester. Nous avons préparé 3 autres concentrations (Figure 20), qui sont inférieures par un ordre linéaire décroissant : 2500 mg/l, 1250 mg/l, 625 mg/l, 312,5 mg/l.



Figure 20 : Pesé des concentrations du produit (Original, 2021).

Test de toxicité aigue

C'est un test par lequel on mesure la toxicité durant une courte durée (ne dépasse pas les 28 jours) sur les individus d'une espèce donnée. Dans notre expérience la toxicité aigüe est évaluée par le taux de survie des cloportes au cours d'une période de 28 jours.

✚ Préparation du matériel biologique

Avant d'entamer le test de toxicité, nous avons sélectionné les individus matures qui possèdent sept paires de pattes par rapport aux juvéniles qui ont six paires de pattes (Terki. S, 2015). Pour avoir des échantillons homogènes nous avons sélectionné des individus sur la base du poids à l'aide d'une balance de précision (0.1mg). Les individus retenus sont ceux dont le poids est compris entre 0.2g et 0.3g (Figure 21).

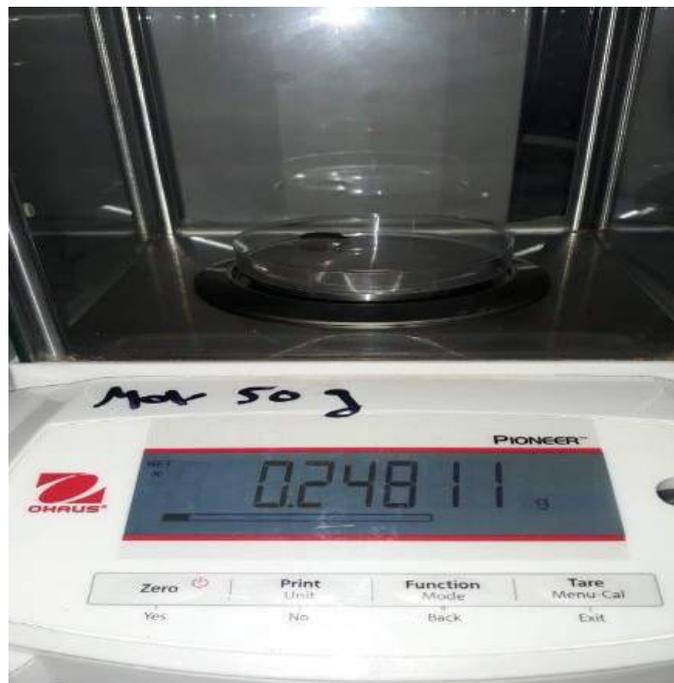


Figure 21 : Pesé des cloportes (Original, 2021).

✚ Contamination des milieux d'essai

Pour ce test de toxicité aigue, nous avons testé quatre concentrations : 2500 mg/l, 1250mg/l, 625mg/l, 312.5mg/l et un témoin (0mg/l) qui est utilisé comme base pour l'interprétation des données résultants du milieu expérimental. Pour des résultats plus fiables nous avons effectué quatre répétitions pour chaque concentration.

Le protocole expérimental adopté pour notre bio-test nécessite 20 boîtes en plastique ayant les mêmes dimensions (superficie 666cm²) à couvercle perforé pour l'aération des individus mis en élevage.

Avant l'application des concentrations nous avons préparé un milieu favorable pour les cloportes constitués des éléments suivants (Benmouhou.K, 2020):

- 600g de sol (Figure 22)
- 80g de litière composé de débris des végétaux et les feuilles de laitue (Figure 23).

La contamination des milieux a été faite par la pulvérisation dans les quatre coins et le centre de la boîte, après 45min de la contamination on introduit 20 individus dans chaque boîte (Figure 24).



Figure 22 : Pesé du sol (Original, 2021) **Figure 23 :** Préparation de la litière (Original, 2021).



Figure 24: Pulvérisation des milieux (Original, 2021).



Figure 25 : Présentation de l'enceinte des bio-tests (a : 2500mg/l, b : 1250mg/l, c : 625mg/l, d : 312.5mg/l) (Original, 2021).

Test de réaction aigue d'évitement des vers de terre

Le test d'évitement évalue l'aptitude des lombricidés à éviter les sols contaminés. Nous avons procédé en appliquant le protocole proposé par Medjri Y et Chabira H (2019), qui suit la norme ISO 17512-1 : 2008 et la méthode SPE 1/RM/43 d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2004).

Le test a pour objectif d'évaluer l'aptitude des vers de terre à détecter les sols contaminés par le fongicide Aliette-flash et leur pouvoir à les éviter.

Fabrication de l'enceinte expérimentale

Par manque d'appareillage approprié au test d'évitement, nous avons confectionné un système similaire à celui utilisé par Environnement Canada (2004), (ISO 17512-1).

L'enceinte expérimentale est constituée d'un récipient en plastique circulaire, ayant un diamètre de 230mm. Au centre du récipient nous avons installé une cheminée d'un diamètre de 54 mm. Autour de celle-ci nous avons réalisé des séparations aboutissant à 6 compartiments sectoriels d'une capacité d'environ 350g de sol. Afin de permettre un libre déplacement des vers de terre entre la cheminée qui est dépourvue de substrat et les compartiments renfermant les sols, nous perçons des orifices de 1.5cm de diamètre au niveau du bas de la paroi de la cheminée (un par compartiment) ainsi qu'au niveau des cloisons latérales de chaque compartiment (trois par côté) (Figure 26).



Figure 26 : L'enceinte expérimentale fabriquée pour le test d'évitement (Original, 2021).

Contamination des vers de terre

Pour effectuer le test d'évitement, on utilise les vers de terre adultes, on remplit chaque compartiment de 350g de sol tamisé. Au niveau de l'enceinte, on a alterné entre un sol contaminé et sol non contaminé avec les mêmes doses précédentes utilisé pour le test de toxicité aigüe sur

les cloportes : 2500mg /l, 1250mg/l, 625mg/l, 312.5mg/l. Chaque enceinte est étiquetée de sa dose et chaque compartiment pour pouvoir différencier le sol contaminé et le sol non contaminé. Dix vers adultes ont été introduit un par un dans la cheminée centrale (Figure 27), les dispositifs ainsi préparés ont été recouvert avec un tulle afin de permettre l'aération des vers de terre (Figure28).

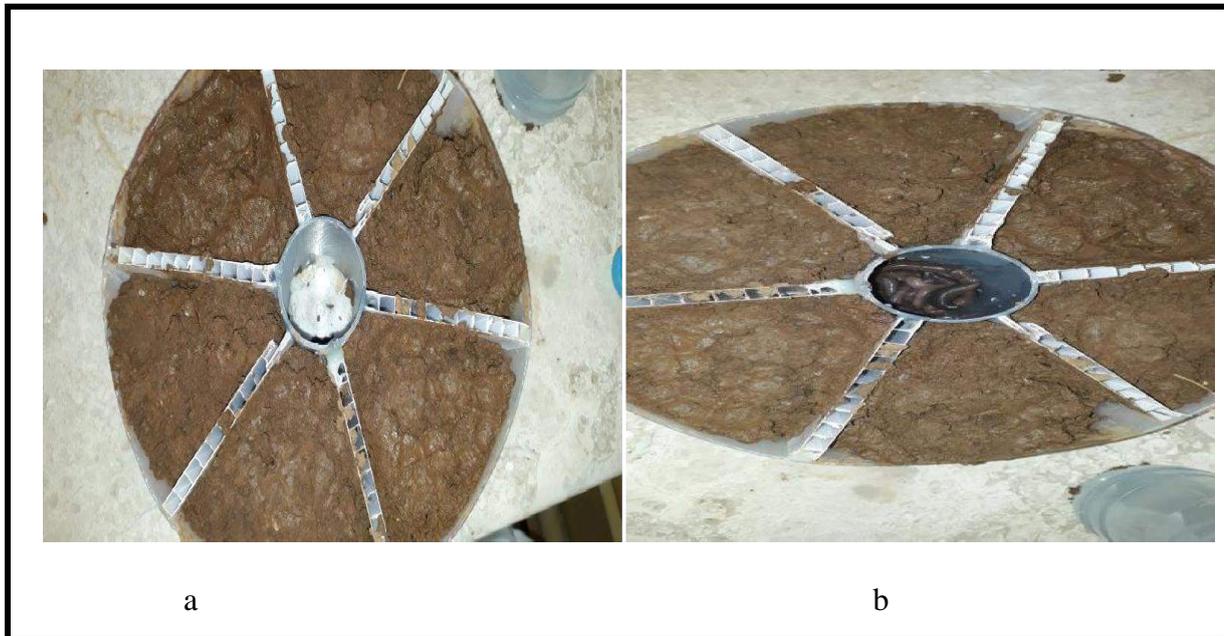


Figure 27 : Dispositif de test d'évitement (a : Alternation entre sol contaminé et sol non contaminé, b : Introduction des vers de terre dans la cheminée centrale (Original, 2021).



Figure 28: Présentation de l'enceinte expérimentale du test d'évitement (Original,2021).

Méthodes d'analyse statistique

Des comparaisons des moyennes par anova se sont avérées nécessaires, afin de comparer l'effet des différentes doses testées. Les tests anova ont été procédés à l'aide du logiciel Statistica 6.2.



Chapitre III

Résultats et discussions

Synthèse des travaux réalisés sur l'utilisation des produits phytosanitaires dans la wilaya de Bouira.

Dans le but de connaître quel type de produit phytopharmaceutique est le plus utilisé dans la région de Bouira, nous avons effectué une recherche bibliographique des études déjà faites sur l'utilisation et la commercialisation des pesticides dans la même région.

Il est à noter que l'ensemble des travaux effectués dans cette axe dans la wilaya de Bouira, sont des mémoires de maîtrise que le travail fait par Bousta. N et Djourdikh. Z(2018), celui réalisé par NebigMena. S et Hamdache. D(2019) et le mémoire de Khiri. H et Alem. A(2020).

D'après l'analyse bibliographique réalisée, nous avons remarqué que la sélection des produits se fait selon plusieurs critères, La plupart des vendeurs accordent une très grande importance à l'efficacité des produits suivie par la toxicité puis la facilité d'emploi et les risques environnementaux. Par contre la majorité des agriculteurs, négligent les effets toxiques et les risques environnementaux des produits lors de l'achat, ils choisissent leurs produits en fonction de l'efficacité et de la facilité d'emploi. Il a été constaté aussi que le prix est un critère important dans le choix des produits pour les agriculteurs. Lors de la vente les vendeurs proposent les produits les plus efficaces et les plus faciles à utiliser.

Selon Khiri. H et Alem. A., 2020, les insecticides sont les produits les plus demandés et utilisés soit 35.29% des produits vendus, suivis par les fongicides avec un taux de 26.47% (Figure 29). Les agriculteurs utilisent les fongicides pour traiter les maladies cryptogamiques des champs surtout la rouille, le charbon, le mildiou, l'Alternariose qui causent des catastrophes sur les céréales, la pomme de terre, des cultures très répandues dans la région de Bouira. D'après les travaux consultés six fongicides sont utilisés dont flacheste le plus sollicité.

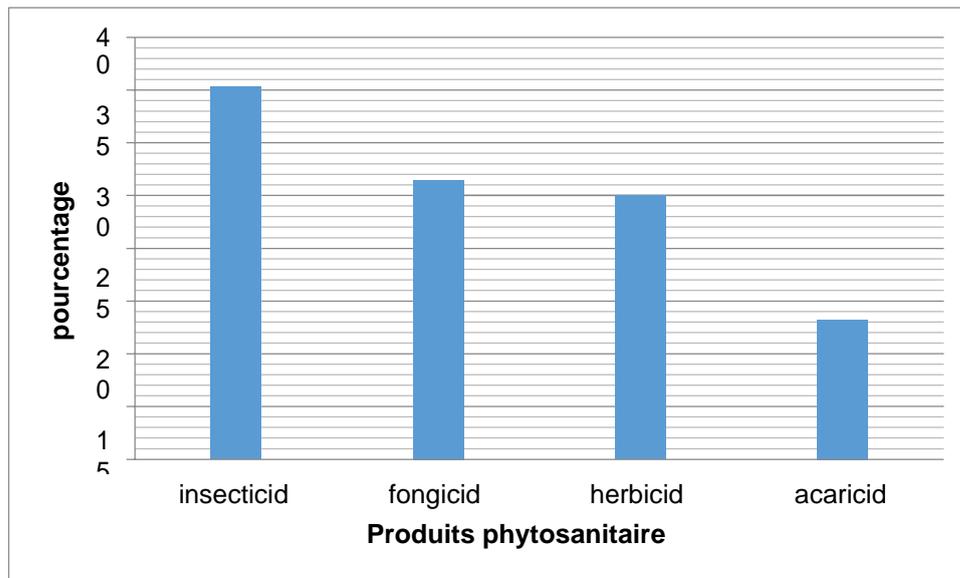


Figure 29 : Type de produits phytosanitaires utilisés pour le traitement (Khiri. H et Alem. A., 2020)

Test de toxicité aigüe sur les cloportes du genre *Armadillidium*sp

Après l'application du produit, un suivi régulier a été effectué. A la fin de chaque semaine, un calcul de taux de mortalité a été réalisé pour chaque dose du traitement, en se basant sur le nombre d'individus morts dans chaque répétition.

Effet du fongicide sur la survie des cloportes

Les résultats du test de toxicité aigüe vis-à-vis les cloportes du genre *Armadillidium*sp sont représentés sous forme de courbe pour chaque dose : 2500mg/l, 12500mg/l, 625mg/l, et 321.5mg/l.

Evolution de taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 2500mg/l)

L'évolution de taux de mortalité à la fin de chaque semaine pour la dose 2500mg/l, est représenté sur la figure suivante (30).

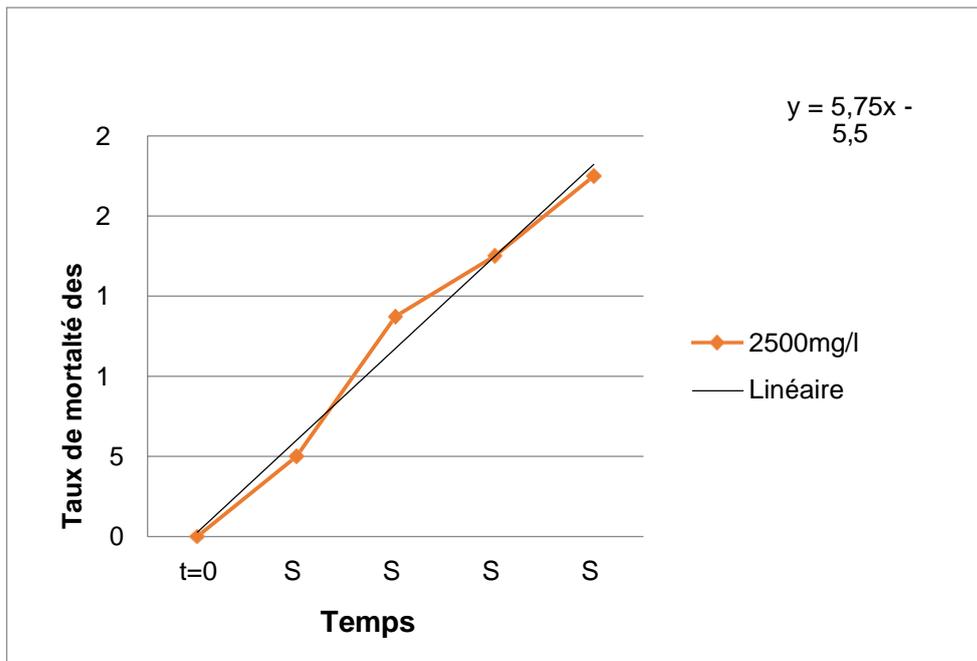


Figure 30 : Variation de taux de mortalité a la dose 2500mg/l au cours du test.

A cette concentration de terrain, on remarque une mortalité de 5% après une semaine d'exposition au produit, dès la deuxième semaine le taux de mortalité est dédoublé et atteint le taux de 13.75%. Au-delà de la deuxième semaine la mortalité ne cesse pas d'augmenter, et atteint les taux de 17.5%, et 22.5% respectivement dans les deux dernières semaines.

Variation des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 1250mg/l)

La figure suivante (31) a été établie sur la base des taux de mortalité calculés après chaque semaine de suivi.

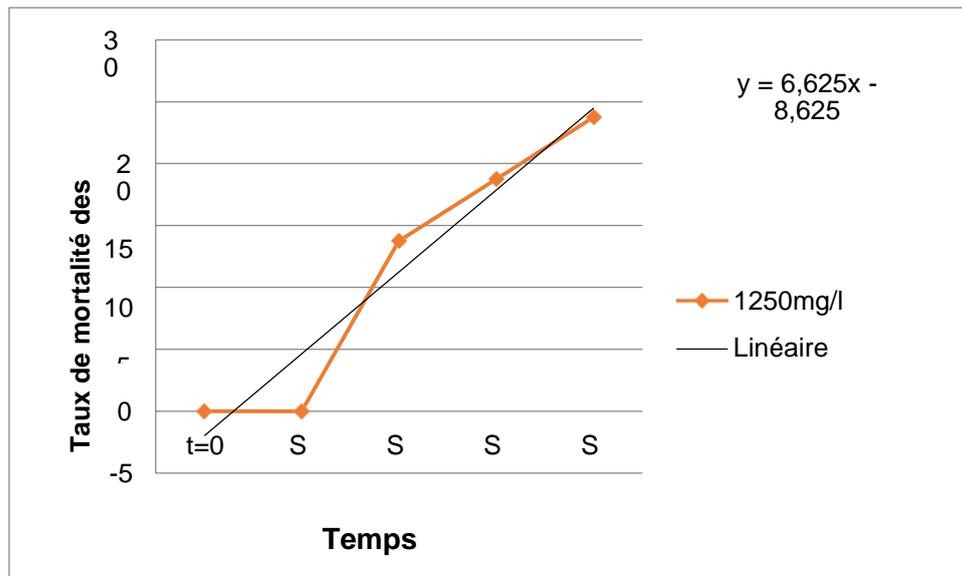


Figure 31 : Evaluation de taux de mortalité durant la période de suivi

A la première dose sub létale, on n'enregistre aucune mortalité à la première semaine. Tandis qu'à la seconde semaine, on note un taux de 8.75%. Pour la troisième semaine on enregistre un taux de 18.75% et qui atteint 23.75% le seuil de toutes les concentrations après quatre semaines d'exposition au produit.

Evolution des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 625 mg/l)

Le suivi effectué sur les taux de mortalités enregistrés après chaque semaine nous a permis de tracer la courbe de la figure suivante (32)

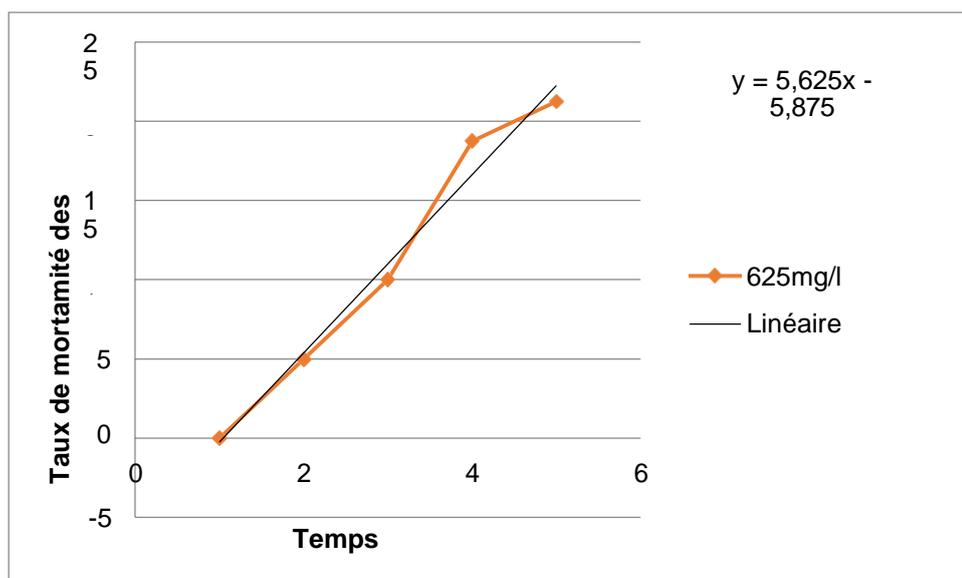


Figure 32 : Taux de mortalité enregistré au cours des quatre semaines

On remarque que le taux de mortalité n'a pas cessé d'augmenter depuis la première semaine jusqu'à la dernière semaine. Pour cette dose, le taux de mortalité qui a été noté au cours de la première semaine est estimé à 5% et se double à la deuxième semaine (10%) et continue à croître jusqu'à 18.75% et 21.25% respectivement dans les deux dernières semaines.

Variation des taux de mortalité des cloportes au cours du temps (dose appliquée 312.5mg/l).

A la dose 312.5mg/l, les taux de mortalités calculés sont représentés sur la figure suivante (33)

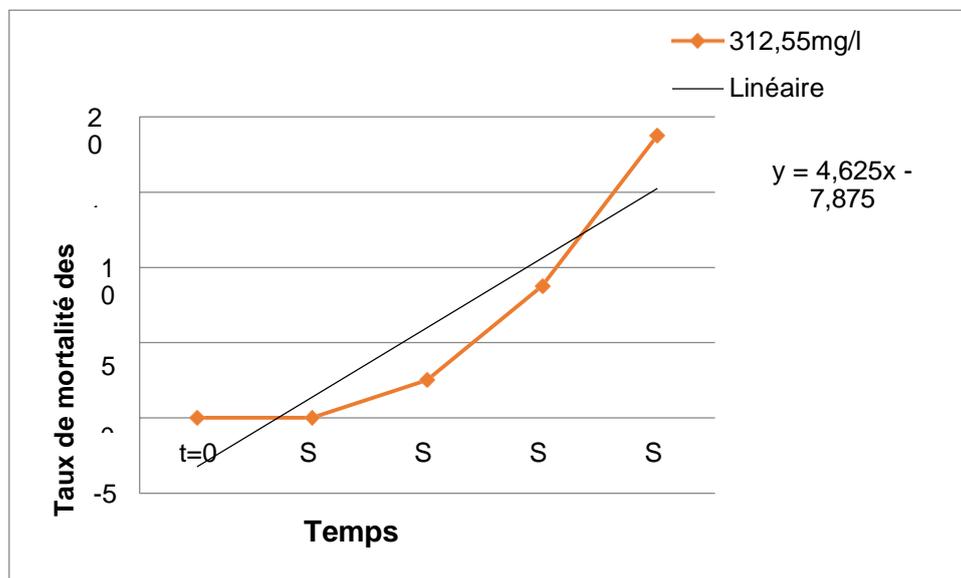


Figure 33: Variation des taux de mortalité durant la période du test

Pour cette dose, on n'a aucune mortalité à la première semaine, une augmentation très légère à la seconde semaine avec un taux de 2.5%, un taux faible enregistré à troisième semaine (8.75%) et qui ne dépasse pas 18.75%.

Effet des différentes doses de fongicide sur la survie des cloportes

Afin de déterminer l'effet des différentes dose sur la survie des cloportes, nous avons procédé a une comparaison entre les taux de mortalités enregistrés après chaque semaine du traitement.

Taux de mortalités enregistrées pour les différentes doses après une semaine d'exposition au produit.

Les taux de mortalité enregistrés après une semaine du test, sont synthétisés dans le tableau 04

Tableau 04 : Taux de mortalité pour les différentes doses a la première semaine

Dose	Témoin	312.5mg/l	625mg/l	1250mg/l	2500mg/l
Taux de mortalité	0%	0%	5%	0%	5%

D'après le tableau précédent, les taux de mortalité du témoin et des doses 312.5mg/l, 1250mg/l est de 0%. Tandis que pour les deux autres concentrations 625mg/l et 250mg/l il est de 5%. Afin de tester la signification de la différence entre les dose appliquées, nous avons procéder a une analyse de la variance (figure 34).

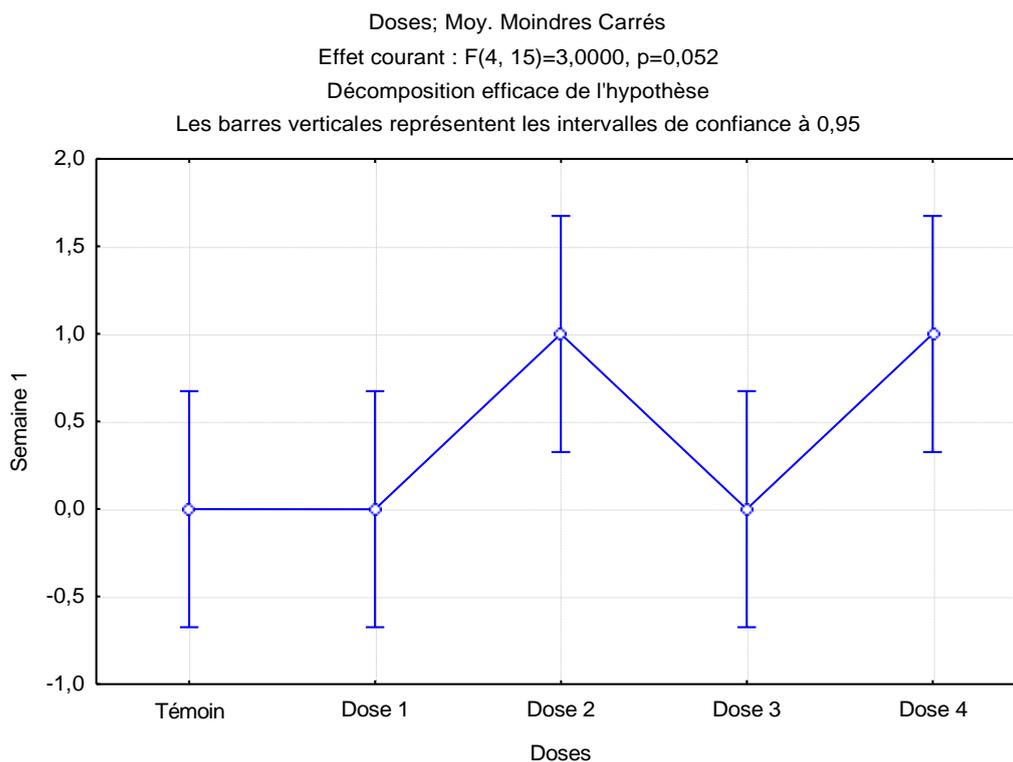


Figure 34: Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après une semaine de test

Les résultats obtenus répondent à la loi normale, les effectifs les plus élevés ont été enregistré pour les doses 2 et 4. La probabilité calculée $p=0,052$.

Taux de mortalités pour les différentes doses après deux semaines d'exposition

Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 05 : Taux de mortalité des cloportes a la deuxième semaine d'exposition

Dose	Témoin	312.5mg/l	625mg/l	1250mg/l	2500mg/l
Taux de mortalité	0%	2.5%	10%	8.75%	13.75%

Après deux semaines du traitement, sur le témoin ne n'avons pas enregistré une mortalité, a la dose 312.5mg/l, la mortalité ne dépasse pas 2,5%. Les taux de mortalités les plus élevé concernent les doses 625mg/l et 2500mg/l avec respectivement des taux de 10% et 13.75%. La figure 35 montre les résultats de l'analyse de la variance effectuée après deux semaines de suivi.

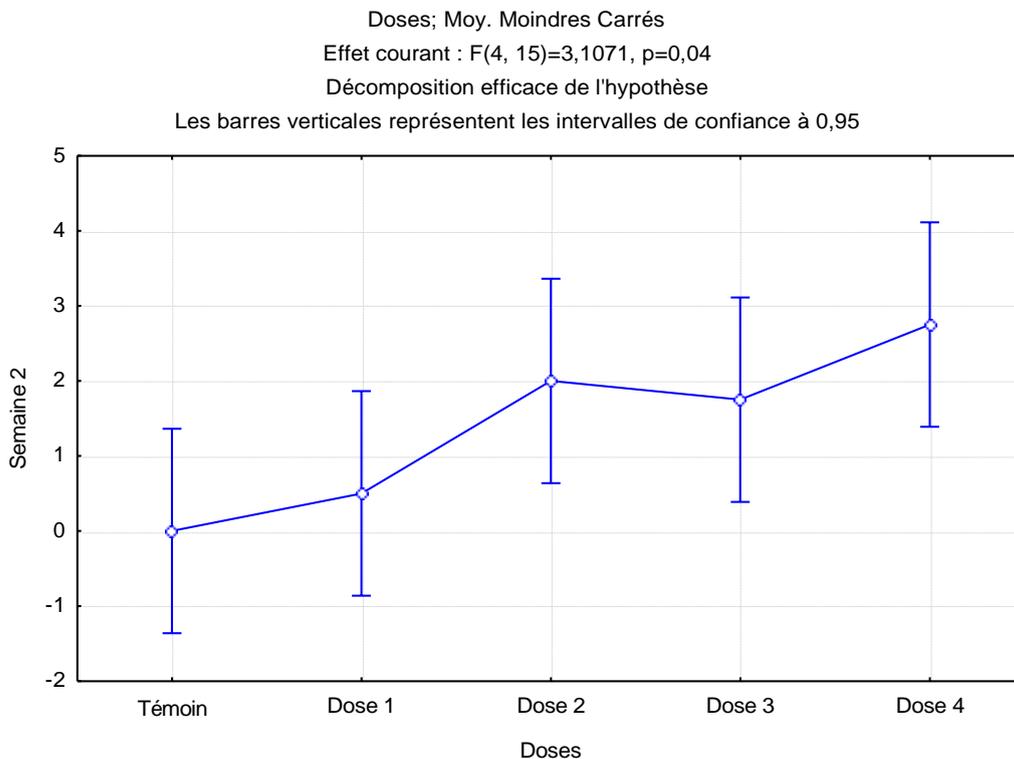


Figure 35 : Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après deux semaines du test

Après deux semaines du test, les effectifs les plus élevés ont été enregistré pour la dose4. La probabilité calculée est significative ($p=0,04$).

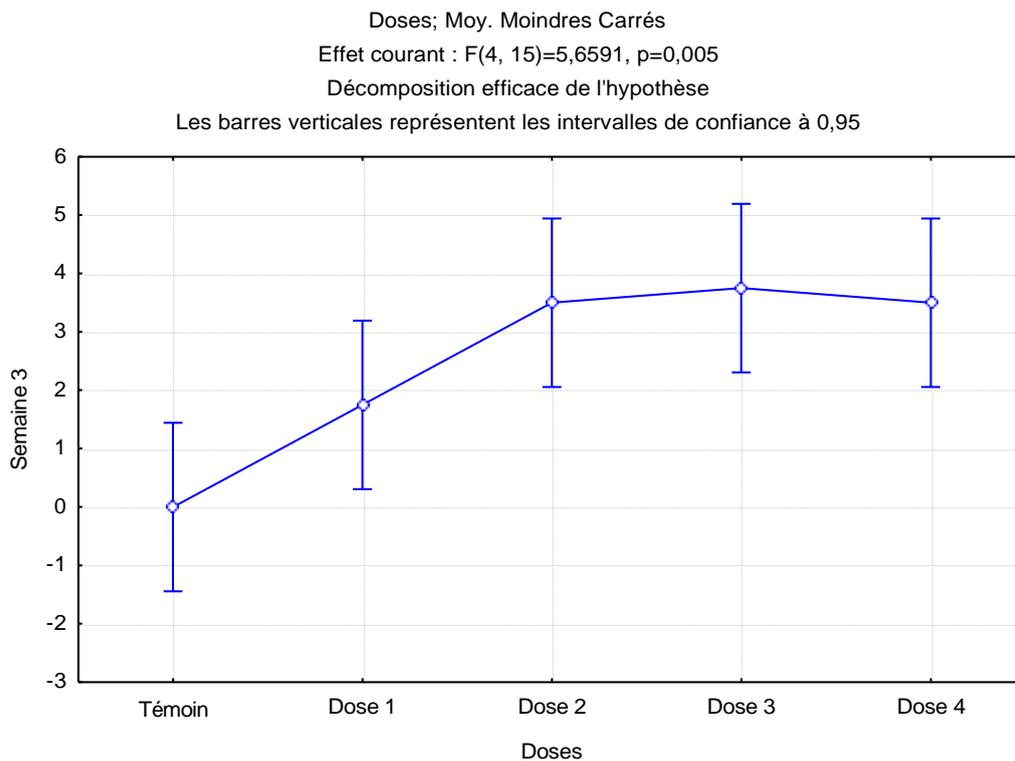
Taux de mortalités des cloportes pour les différentes doses après trois semaines de suivi.

Les taux de mortalités calculés pour les doses testées après trois semaines de traitement sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 06: Taux de mortalité des cloportes a la troisième semaine d'exposition

Dose	Témoin	312.5mg/l	625mg/l	1250mg/l	2500mg/l
Taux de mortalité	0%	8.75%	18.75%	18.75	17.5

Le taux de mortalité calculé pour le témoin est de 0%, sur la dose 312.5mg/l le taux est faible avec une valeur de 8.75%. Sur les autres doses les pourcentages calculés sont respectivement de 18.75%, 17.5%, et 18.75% pour les doses 625mg/l et 1250mg/l 2500mg/l. Les résultats de l'analyse de la variance sont représentés sur la figure 36

**Figure 36 :** Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après trois semaines de test.

Après trois semaines du test, l'analyse de la variance montre une différence significative entre les différentes doses testées la probabilité calculée est hautement significative ($p=0,005$).

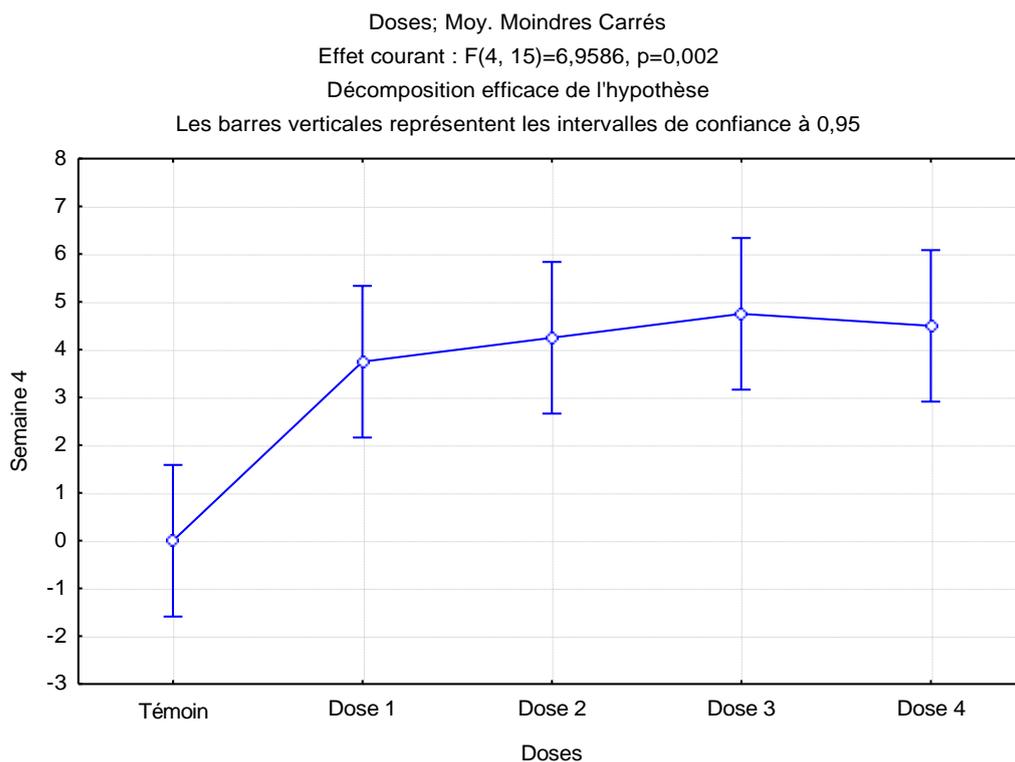
Taux de mortalités des cloportes pour les différentes doses après quatre semaines de suivi.

Les taux de mortalités calculés pour les doses testées après quatre semaines de traitement sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 07 : Taux de mortalité des cloportes a la quatrième semaine d'exposition

Dose	Témoin	312.5mg/l	625mg/l	1250mg/l	2500mg/l
Taux de mortalités	0%	18.75%	21.25%	23.75%	22.5%

On observe légère différence entre les résultats des doses 625mg/l, 1250mg/l et 2500mg/l avec des taux de 21.25%, 23.75% et 22.25% respectivement. Le taux le plus faible soit, 18.75% est calculer sur la dose 312.5mg/l. L'analyse de la variance est représentée sur la figure 37

**Figure 37 :** Analyse de la variance des effectifs d'individus morts après quatre semaines de test

Après quatre semaines du test, les effectifs les plus élevés ont été enregistré pour la dose3. La probabilité calculée est hautement significative ($p=0,002$).

Détermination de la DL50 de Fosétyl-Aluminium pour les cloportes

Le principe du test aigue est de déterminer la dose létale qui provoque 50% de mortalité de la population contaminée par le fongicide. Fosétyl-Aluminium à causer une mortalité inférieure à 50% de la population expérimentée, dans ce cas, la détermination de la DL50 n'est pas possible vu qu'on n'a pas une mortalité supérieure ou égale à 50%.

II.4. Description de certains comportements observés chez les cloportes durant le test de toxicité

Les cloportes exposés au fongicide manifestent des perturbations comportementales, avant le lancement du test tous les individus étaient dynamique mais certain individus vivants ont perdu cette capacité de bouger dès qu'on les touche.

Cependant, la mue était maintenu durant la période d'essai (figure 39), à la première semaine nous avons assistés à la sortie des manca (jeunes individus) (figure 40), pratiquement toutes les boîtes avaient un nombre important de manca durant la première semaine, ce nombre a diminué au fil des semaines.



Figure 38:Mue d'un clopote observée sous une loupe binoculaire (G×2) (Original, 2021).



Figure 39 : Sortie des mancas observé sous une loupe binoculaire (G×2) (Original, 2021).

Test de réaction aigue d'évitement des lombrics

D'après les résultats du comportement d'évitement des vers de terre exposés aux concentrations utilisés déjà dans le test de toxicité aigüe des cloportes : 2500mg/l, 1250mg/l, 625mg/l, 312.5mg/l.

Nous avons remarqué qu'après la mise des vers de terre dans la cheminée centrale, ils sont rentrés dans les différents compartiments à des sols non contaminé et à des sols contaminés.

A la fin de l'essai qui a duré 48h (2jours), la majorité des vers de terre sont retrouvés dans les compartiments à sols non contaminés. Après 48 d'essai aucune mortalité n'a été enregistrée dans toutes les enceintes expérimentales.

A partir du nombre des lombrics retrouvés dans les sols témoins et dans les sols contaminés, nous avons calculé le taux d'évitement pour chaque concentration, et nous avons enregistré respectivement les taux de 80%, 60%, 100%, 40%, pour les doses 2500mg/l, 1250mg/l, 625mg/l, 312.5mg/l. (Tableau 08).

Tableau 08 : Nombre des vers de terre dans les sols de chaque compartiment et le taux d'évitement

Paramètres mesurés		Nombre de vers de terre vivants dans chaque enceinte à la fin de l'essai	Taux d'évitement
Type du sol de l'enceinte			
L'enceinte1 2500mg/l	C à sol contaminé	1	80%
	C à sol non contaminé	9	
L'enceinte2 1250mg/l	C à sol contaminé	2	60%
	C à sol non contaminé	8	
L'enceinte3 625mg/l	C à sol contaminé	0	100%
	C à sol non contaminé	10	
L'enceinte4 312.5mg/l	C à sol contaminé	3	40%
	C à sol non contaminé	7	

C : compartiment

D'après les taux d'évitement calculés, on peut constater que les vers de terre ont manifesté une réaction d'évitement à l'égard du fongicide Aliette-flash.

Les signes observés à la fin de l'essai d'évitement

Après 48h d'exposition des vers de terre au fongicide, nous avons constatés la présence des turricules dans la cheminée centrale au périphérique de la plus part des compartiments à sols contaminés (figure 41).



Figure 40 : Turricules retrouvés dans la cheminée centrale (Original, 2021).

Discussion des résultats

1. Test de toxicité aigüe des cloportes

Ce test nous a permis de mettre en évidence la toxicité aigüe du fongicide Aliette-flesh sur les cloportes, en s'appuyant sur une synthèse des principaux résultats obtenue après un mois d'essai, nous avons constaté une mortalité qui varie avec les différentes concentrations des doses testées.

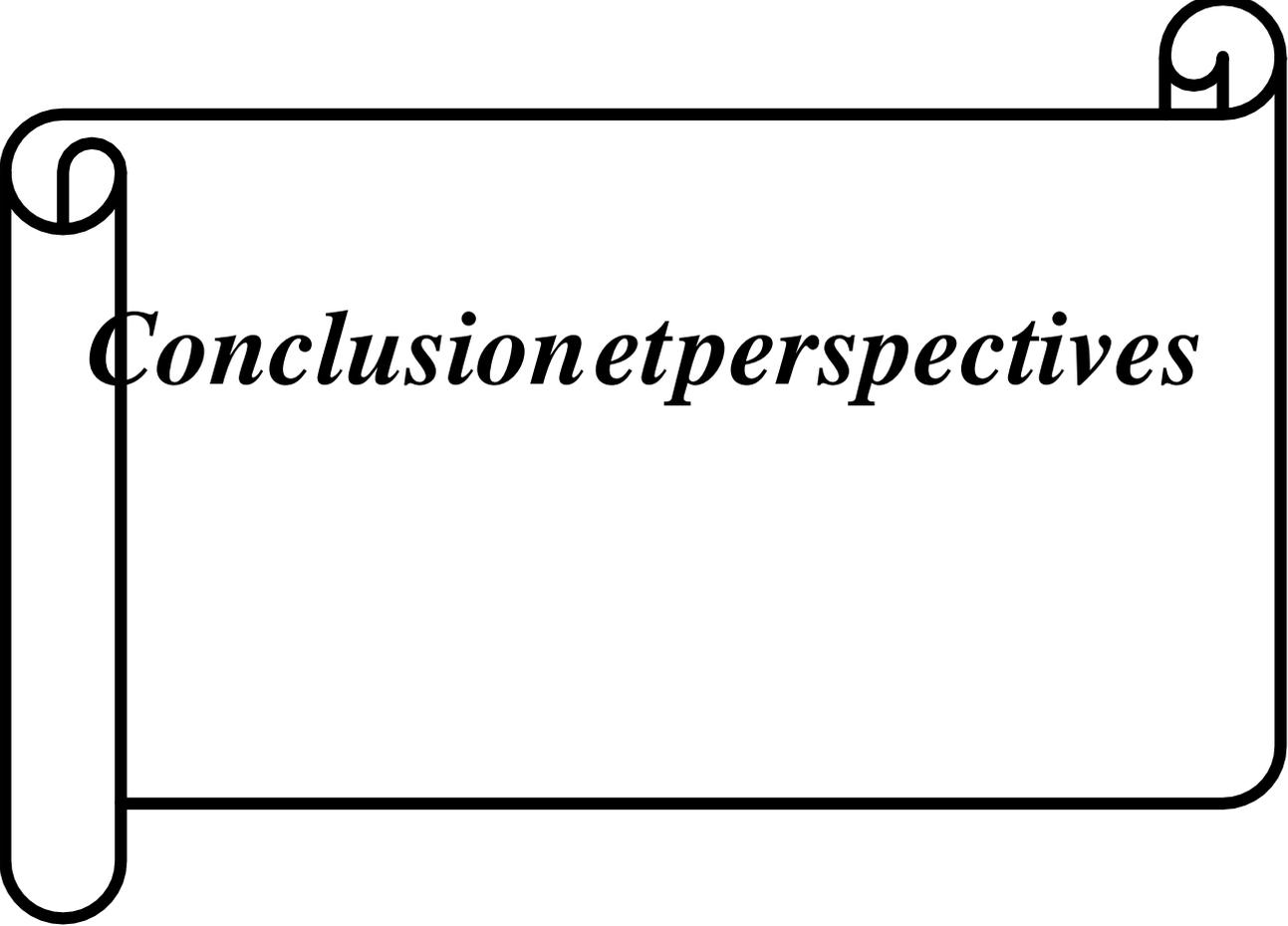
Durant la première semaine du test, les différentes concentrations ont engendré des taux de mortalité entre 0% et 5%, par la quatrième semaine qui correspond à la fin du test le taux de mortalité varie entre 18.75% et 23.75%. Vu que la détermination de la DL50 n'est pas possible dans notre travail, cela signifie que le pesticide a une faible toxicité sur les cloportes. La faible toxicité de l'Aliette-flesh peut être expliquée par le fait que ce produit appartient aux fongicides de la famille des phosphanates (Rice et *al*, 1997) avec une faible persistance et un faible potentiel de lessivage. Cette famille renferme des pesticides très solubles dans l'eau ce qui rend la pénétration dans les tissus cutanés des cloportes difficile (Rice et *al*, 1997), de ce fait ce fongicide s'accumule faiblement dans les tissus des animaux (Rice et *al*, 1997)

Dans le même axe d'étude, selon Terki (2015), les résultats du test de toxicité d'un fongicide (Mancozebe) à l'égard des cloportes ont montré aussi une faible toxicité avec des taux entre 25% et 3%. Cet auteur ajoute aussi que l'effet de l'insecticide Dursban montrant une très forte toxicité vis-à-vis des cloportes, ce pesticide appartient à la famille des organophosphorés dont l'une de leurs caractéristiques est la solubilité dans les lipides. Cette propriété liposoluble permet à ce pesticide de pénétrer sans difficulté dans les tissus cutanés d'une espèce animale (Rice et *al*, 1997). Donc, la forte toxicité du Dursban peut être expliquée par cette liposolubilité. De plus, ces produits inhibent le fonctionnement de l'acétylcholine estérase (neurotransmetteur du système nerveux) après pénétration dans l'organisme induisant la non transmission de messages nerveux pour provoquer après, la mort de l'animal d'après Venkateswara et Kavitha (2004). D'ailleurs, durant le test de toxicité, certains cloportes ont perdu la fonctionnalité des trois dernières pattes de la partie caudale de l'espèce (Benmouhoub. K., 2020), pour notre test était une diminution de mobilité de certains individus.

2. Test d'évitement des vers de terre

Le test d'évitement est considéré comme un outil sensible dans l'évaluation des risques, car les vers de terre détectent un large éventail de contamination. Notamment des hydrocarbures poly aromatique, des métaux lourds, des explosives, du pétrole brut et des pesticides (ISO 2007).

Les études sur les pesticides ont révélé jusqu'à ici une sensibilité différente, selon (Madjri et Chabira 2019) des concentrations de lambda-cyhalothrine ont été évitées par les vers de terre. Dans la présente étude nous signalons également un comportement d'évitement vis-à-vis le fosétyl-aluminium. Les vers de terre ont manifesté des signes d'activité par l'observation des turricules formés dans la cheminée centrale près de la plus part des compartiments des sols contaminés, ce qui démontre la sensibilité des lombricidés à l'égard du fongicide Aliette-flesh.



Conclusion et perspectives

L'objectif de notre travail consiste en l'utilisation du principe de la bio-surveillance sur deux groupes de bio indicateurs, les cloportes et les vers de terre, choisis dans notre étude pour évaluer l'impact et la toxicité des pesticides sur la faune du sol.

Plusieurs organismes servent comme modèles dans la recherche en écotoxicologie, notamment dans l'évaluation de la contamination et de la pollution des environnements par les pesticides, comme les lichens, truite, abeille...

Dans un premier temps, nous avons abordé notre travail par une recherche bibliographique sur l'utilisation et la commercialisation des pesticides dans la région de Bouira, nous avons aussi mené une enquête. Cette initiative montre que Aliette-flesh est le fongicide le plus utilisé dans les pratiques agricoles de la région.

Cette étude a nécessité au préalable, d'effectuer un échantillonnage de la faune choisi dans la région de Bouira, exactement dans un jardin qui n'est pas traité par les produits phytosanitaires.

Deux essais de toxicité ont été menés sur deux bio indicateurs différents qui ont un rôle bénéfique pour le sol et sa structure.

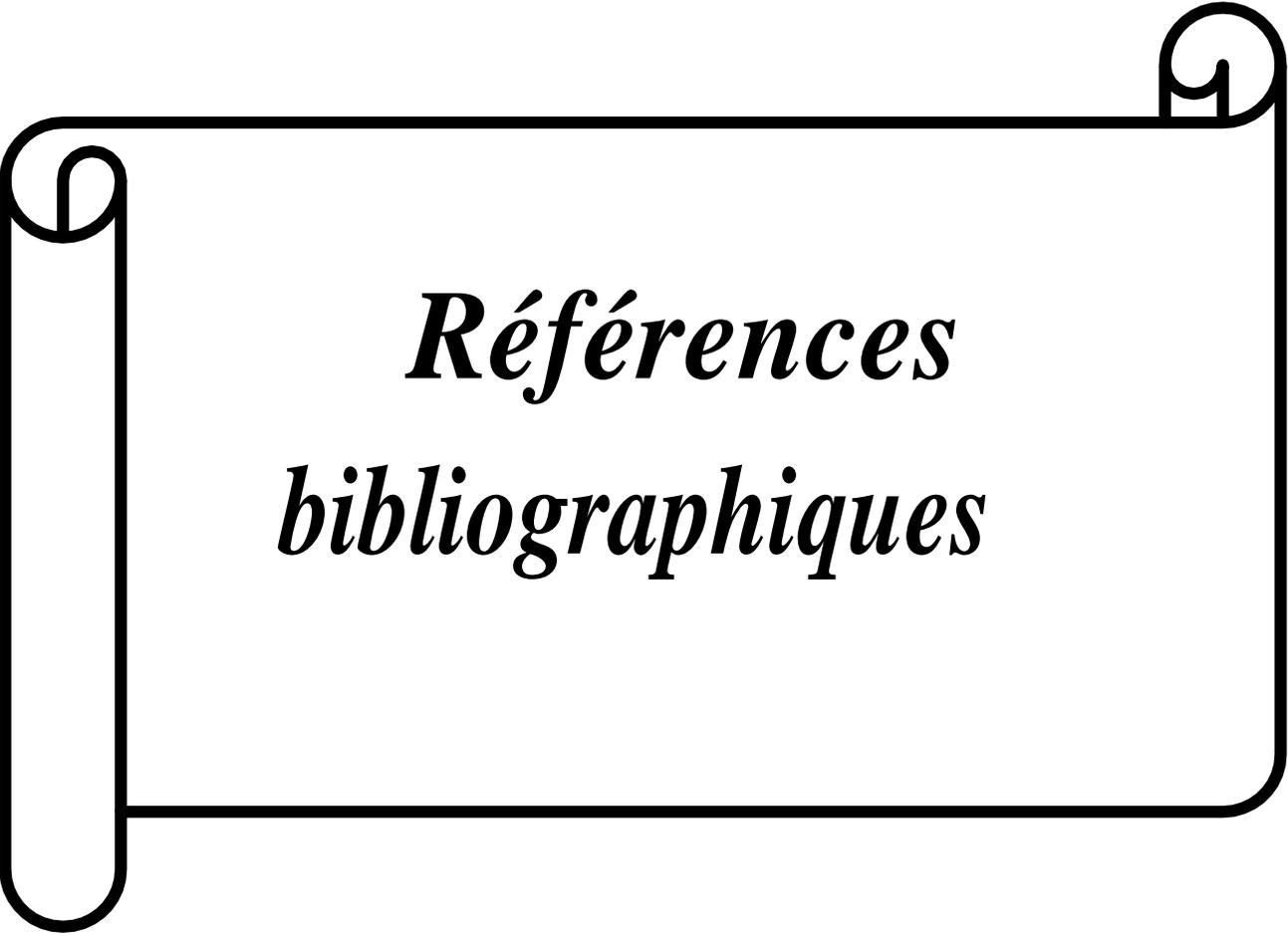
Le test de toxicité aigüe réalisé au laboratoire sur un échantillon de cloportes pour une durée d'observation d'un mois, les quatre concentrations utilisés 2500mg/l, 1250mg/l, 625mg/l, 312.5mg/l ont révélé certes que le fongicide Aliette flesh a causé une mortalité relativement faible qui n'est pas supérieure à 50%, avec une maintenance de la phase de la mue, et de reproduction tout au long de la période du test.

Concernant le test d'évitement des vers de terre exposés au fongicide, après deux jours ; les vers de terre marquent un comportement de fuite à l'égard du Fosétyl-Aluminium, avec la présence des turticules dans l'enceinte expérimental.

A la lumière de notre travail plusieurs questions ont surgi et susciter de nombreuses hypothèses de réflexion

- Une des perspectives prioritaire est d'évaluer la toxicité aigüe du fongicide à l'égard des vers de terre.
- Reprendre le test de toxicité en faisant des études physiologiques sur les cloportes (les coupes histologiques).
- Evaluer la toxicité d'autres pesticides utilisés dans la région de Bouira.

- Elargir l'échantillonnage des cloportes et des vers de terre dans la région de Bouira et leurs identifications.
- Des études à l'échelle moléculaire pouvant également être effectuées, notamment les effets des pesticides sur les enzymes.
- Effectuer un test d'évitement avec d'autres produits phytosanitaires.



*Références
bibliographiques*

A

ACF 2010. User's manual Pesticides.France.

Achour Samira 2011. Etude de l'influence des vers de terre et du fumier de bovin sur les propriétés physiques de deux types de sol, du pourtour de la baie de Bejaia. Mémoire de Magister. Université de Bejaia.

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

Aquiloni L, Gherardi F 2010. The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkia*: a field study. *Hydrobiologia*, **649** : 249-254.

Aubertot J N, Clerjeau M, David C, Debaeke P, Jeuffroy M H, Lucas P et al 2005. Stratégies de protection des cultures. Expertise scientifique collective INRA/Cemagref « Pesticides, agriculture et environnement » Chapitre 4, 104p.

Ayad Mokhtari N 2012. *Identification et dosages des pesticides dans l'agriculture et les problèmes d'environnement liés.* Thèse de magister en chimie organique (environnement), université Oran-Algérie, 86p.

B

Bacescu M, Bella,-Santini D, Boxshall G A, Cals Ph, Casanova JP, Dalens H, Gutu M, Hessler R, Lagardère JP, Monod Th, Nouvel f H, Petrescu I, Roman ML, Sieg fJ, Trilles JP, et Watling L 1999. *Traité de zoologie (Anatomie, Système, Biologie).* Tom VII. Paris.237p.

Barnett E A, Fletcher M R, Hunter K, Sharp E A. Pesticides poisoning of animals 2003 : Investigations of suspected incidents in the Unites Kingdom Central. Science Laboratory, Department for Environment, Food and Rural Affairs, Sand Hutton, York. 52p.

Barry M J, O'Halloran K, Logan D.C, Ahokas J T, Holdway D A. 1995. Sublethal effects of esfenvalerate pulse-exposure on spawning and non-spawning Ausralien crimsonspottedrainbowfish (*Melanotaenia fluviatilis*). Archives of environmental contamination and toxicology 28,459-463.

Benard A, Durif M, Vandamme L 2004. *Utilisation d'une technique de biosurveillance pour évaluer les retombées de métaux lourd cas d'un site de seconde fusion duplamb.* Rapport finale. 13p.

Banaru D, Perez T (2010). *Bio-indicateurs-Biomarqueurs*. Notes de cours.Marseille, Univ. Marseille, 15p.

Benzine M 2006. Les pesticides : toxicité, résidus et analyse, département des produits frais-Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations (EACC). Les technologies de laboratoire, N° 0 : 1-24.

Berny P 2010. Animal poisoning in Europe. Part 3 : Companion animal. The veterinary journal.

Berrah A 2011. Etude sur les pesticides. Mémoire Master 2 en toxicologie appliquée.Universié de Tébessa Algérie.

Bocquené G, Galgani F 2004. *Les marqueurs biologiques des effets des polluants : l'acétylcholinestérase*. Editions Quae. 27p.

Boersma O, Kooistra K 1994. Difference in soil structure od silt loam typicfluvagents under various agricultural management practices. Agric. Ecosystem Environ. 51(1-2), 21-42.

Boland J, Koomen I, van Lidth de Jeude J, Oudejans J 2004. *AD29E Pesricides : compounds, use and hazards*. Agromisa Foundation. 108 p.

Bouché M 1972. Les Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ann. Zool. Ecol.Anim, INRA, n° spécial, 72-2, 671 p.

Bouché M 1975. Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes. In Kilbertius, G., Reisinger, O., Mourey, A., Cancela de Fonseca, J.A. (eds) *Humification et biodégradation*. Pierron, Sarreguemines, France, pp. 157-168.

Bouché M, Aliaga R 1986. Contre une dégradation physique et chimique des sols et pour leur optimisation économique, l'échantillonnage des lombriciens : une urgente nécessité. La Défense des Végétaux, 242, 30-36.

Boué H, Chanton R. Zoologie I invertébrés 1974 « Doin, éditeur » 94p.

Bourbia A (2013). *Evaluation de la toxicité de mixtures de pesticides sur un bio indicateur de la pollution des sols Helix aspersa*. Thèse de Doctorat. Univ, Annaba, 177p.

Bourgrier S 1978. *Contribution à l'étude du Crustacé Isopode Methoponorthus Pruinosus Brant. Analyse d'une population naturelle de la zone tempérée et introduction à la comparaison morphologique de plusieurs populations*. D.E.A. Poitiers, 35p.

Bousta N, Djourdikh Z. 2018. Contribution à l'étude de l'utilisation des produits phytosanitaires dans la région de Bouira Mémoire en fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en Biodiversité et Environnement. Université de Bouira.

Bowman TE, Abele LG 1982. *Classification of the recent Crustacea. The biology of Crustacea.* Bliss DE, ed. Academic Press, New York, 1-27.

C

Camard JP, Magdelaine C (2010). *Produits phytosanitaires risques pour l'environnement et la santé. Connaissances des usages en zone non agricole.* Institut d'aménagement et d'urbanisme, Observatoire régional de santé d'Île-de-France (IAU/ORS).58-62.

Calvet R, Barriuso E, Bedos C, Benoit P, Charnay M P, Coquet Y 2005. Les pesticides dans le sol ; conséquences agronomiques et environnementales. Edition France Agricole, France. 637 p.

Chandler D, Bailey AS, Tatchell M, Prince G 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B.* **366 (1573)** : 1987-1998.

Colin F 2000. Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires. Cas de l'Atrazine dans le bassin versant de Sousson (Gres, France). Unité mixte Cemagref-ENGREF « Structure des systèmes spatiaux ».233.

Cortet J, Gomot-De Vaufleury A, Poinot-Balaguer, Gomot L, Texier C, 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur.J.Soil Biol.*35 : 115-134p

Cuny 2012. La biosurveillance végétale et fongique de la pollution atmosphérique : concepts et applications.

D

Depledge MH 1994. The Tational Basis for the Use of Biomarkers as Ecotoxicological tools. *In* : Fossi MC, Leanzio C. Eds. *Nondestructive Biomarkers in Vertebrates.* Lewis Publisher.Boca Raton, 271-295.

Derval J, Krier F, Jacques P 2014. Les biopesticides, complément et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **18(2)** : 220-232.

Dominique 2019. Cloporte Anatomie Histologie. *Frum.*

E

Edwards C 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. *Agric. Ecosyst. Env.* 24, p. 21-31.

Edwards C 1998. Earthworm Ecology. Soil and water Conservation Society. Ankeny, Iowa : St Lucie Press, 389p.

Edwards C A 2004. Earthworm Ecology, 3. CRC Press LLC, Boca Raton.

Edwards C, Bohlen P 1996. Biology and Ecology of Earthworms 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426p.

El Harti A, Raouane M 2009. Détermination de la région d'excrétion des substances rhizogènes chez *Lumbricus terrestris* L. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* 13(1), 85-92.

Ellis CJ, Coppins BJ, Dawson TP, Seaward MRD 2007. Response of British lichens to climate change scenarios : Trends and uncertainties in the projected impact contrasting biogeographic groups, *Biol. Conserv.* **140** : 217-35.

Errami M (2012). Devenir atmosphérique de bupirimate et transfert de ses métabolites (les diazines) dans l'atmosphère, sa dissipation dans les fruits de tomate et sa dégradation électrochimique. Thèse de doctorat en science d'ingénieur et qualité de l'environnement, université Ibn Zohr et université de Reims Champagne-Ardenne, Agadir, 202 p.

F

Felix C 2004. *Etude moléculaire de la bactérie intracellulaire féminisante Wolbachia chez Armadillium vulgare (crustacé isopode terrestre).* Univ. Poitiers, 5-9.

Foubert A 1986. Biodiversité : Victime silencieuse des pesticides. *Word Wide For nature*, page 8.

Franzle O 2006. Complex bioindication and environmental stress assessment. *Ecol. Indic.* **6(1)** : 114-136.

Frédéric Francis, Eric Haubruge, Pham Tat Thang, La Van Kinh, Philippe Lebailly, Charles Gaspar (2003) Technique de lombriculture au Sud Vietnam *Biotechnol. Agron, Soc. Environ.* 2003 **7** (3-4), 171-175.

G

Gagaoua Yasmine, Ouali Farida 2012. Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le terrain versant de la Soummam. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en environnement et sécurité. Université de Béjaia.

Godet JP 2010. *Interet des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par les éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologie de terrain.* Thèse de doctorat, Univ. Lille 1, 231p.

Goettel M, Hajek A 2001. Evaluation of non-target effects of pathogens used for management for arthropods *In* : Wajnberg E., Scott J.K & Qimby P.C., eds. *Evaluating indirect ecological effects of biological control.* Wallingford, UK : CABI Publisher. 81-97.

Grant W P, Chandler D, Bailey A, Greaves J, Tatchell M, Prince G 2010. Biopesticides : Pest Management and Regulation. *CABI.* 238p.

Grassé PP, Forest J 1999. *Traité de zoologie (anatomie, système, biologie). Tom VII.* Paris, 237p.

Guillette Jr, Gross T S, Masson G R, Matter J M, Percival H F, Woodward A R 1994. Developmental abnormalities of the gonad and abnormal sex hormone concentrations in juvenile alligators from contaminated and control lakes in Florida.

H

Hameed R, Cortez J Bouché M 1993. Biostimulation of *Lolium perenne* with nitrogen excreted by *Lumbricus terrestris* L. Flow measurement in the laboratory. *Soil Biol. Biotechnol.*, 26, 483-493

Hautbois M 2019. Les insecticides sont aussi nocifs pour les oiseaux. www.futura.com.

Hipp A 2005. The Life Cycle of an Earthworm. The Rosen Publishing Groupe. 24 p.

Hopki, S, 1991. A key to the woodlice on Britain and Ireland. *FSC, Environmental understanding for all*, n°204.

J

Jacquot M 2013. Usage des rongicidés anticoagulants et conséquences en termes d'exposition et d'impact pour les populations de renards roux. Thèse de doctorat de l'Université de Franche Comté, 208 pp.

Jahn T, Hotker H, Oppermann R, Bleil R, Vele L 2014. Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. Plant Protection Products, Ecotoxicology, Environmental Risk Assessment. 90 p.

Jess UC 2007. Integrated Pest Management for Developing Countries : A Systemic Overview. *Nova Science pub Inc.* UK, 2005 p.

Juchault P 1966. *Contribution à l'étude de la différenciation male chez les crustacés isopodes.* Thèse de doctorat : Univ. Poitiers.

Juchault P, Mocquard JP, Kouigan S 1985. Etude expérimentale de l'influence des facteurs externes (température et photopériode) sur le cycle de reproduction du Crustacé oniscoïde *Porcellionides pruinosus* (Brandt) provenant de populations africaine (Togo) et européenne (France). *Crustaceana*, **48** : 307-315.

K

Katagi T 2004. Photodegradation of Pesticides on Plant and Soil Surfaces. *Rev Environ Contam Toxicol* 182 :1-195.

Kegely S, Neumeister L, Martin T, Network P A 1999. Disrupting the balance. Ecological impact of pesticides in California. *Pesticide Action Network* 99.

Khiri H, Alem A. 2020. Enquête sur l'utilisation et la commercialisation des produits phytosanitaires dans la région d'El Asnam (Bouira). Mémoire en fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en Biodiversité et Environnement. Université de Bouira.

L

Lavelle P, Pashanasi B, Charpentier F, Gilot C, Rossi J, Derouad L, Andre J, Ponge J, Bernier N 1998 Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics, in : Edwards C.A. (Ed), *Earthworm Ecology*, St. Lucie Press, Boca Raton, USA, 103-122.

Lefebvre F 2002. *Stratégies de reproduction chez les crustacés isopodes terrestres.* *Ecologie, Environnement. Univ. Poitiers, Français.*

Leng P, Zhiming Z, Guangtang P, Maojun Z 2011. Applications and development trends in biopesticides. *Afr. J. Biotechnol.*, **10(86)** : 19864-19873.

Louveaux J., 1984. Les traitements phytosanitaires et les insectes pollinisateurs. 565- 575.

Luckas Pfiffner 2013. Les vers de terre architectes des sols fertiles. Fiche technique Vers de terre, numéro de commande 1619, Edition suisse FiBL 2013 (Institut de recherche de l'agriculture biologique. FiBL) www.shop.fibl.org.

M

Magdelaine C 2013. Les pesticides ou produits phytosanitaires. (En ligne) : <http://www.notre-planete.info/ecologie/alimentation/pesticides.php>.

Consulté le 13/05/2015.

Martin G Vijvera b, Hubert Th Wolterbeekc, Jos PM. Vinkb, Cornelis AM van Gestela 2005. Surface adsorption of metals onto the earthworm *Lumbricus rubellus* and the isopod *Porcellio scaber* is negligible compared to absorption in the body. *Sci. Total Environ.* **340** : 271-280.

Mead F, Gabouriaut D, Corbière-Tichané G 1976. Structure de l'organe sensoriel apical de l'antenne chez l'isopode terrestre *Metopnorthus sexfaciantus* Budde-Lund (Crustacea, Isopoda). *Zoomorphologie*, **83** : 253-269.

Medjri Y, Chabira H 2019 Les lombricidés, bioindicateurs de la qualité des sols agricoles de la région de Bouira, pollués par les pesticides. Mémoire en fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en Biodiversité et Environnement. Université de Bouira.

Merhi M 2008. Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faible dose : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de doctorat en pathologie, toxicologie, génétique et nutrition, université de Toulouse, France, 140 p.

Millot F, Decors A, Mastain O, Quintaine T, Berny P, Vey D, Lasseur R, Bro E 2016. Field evidence of bird poisonings by imidacloprid-treated seeds : a review of incidents reported by the French SAGIR network from 1995 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*. 1614-7499.

Mitchell A 1997. Production of Eiseniafoetida and vermicompost from feed-lot cattle manure, SoiBiol. Biochem. 29, p. 763-766.

Mittal R, Mittal G C. 2013. Impact of population explosion on environment. WeSchool. 1(1).

Mnif W., Hassine A.I.H., Bouaziz A., Bartegi A., Thomas O., Roig B., 2011. Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. International journal of environmental research and public health 8, 2265–2303.

Mouhoub-Sayah C 2021. « Ecotoxicologie et analyse des résidus » (notes fournis dans le cours EAR), université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, 24 janvier 2021.

N

Nebig S, Hamdache D 2019. Contribution à l'étude de l'utilisation et commercialisation des produits phytosanitaire dans la région de Bouira. Mémoire en fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master II en protection des végétaux. Université de Bouira.

Noel F, Séchet E 2007. Crustacés Isopodes terrestres du Nors Ouest de la France (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Invertébrés Armoricaïns*. 2 : 1-48.4

P

Pelosi Celine 2008. Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. Contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les communautés Lombriciennes. Thèse Doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivants et de l'Environnement (Agro Paris Tech).

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

R

Regnault-Roger C, Fabres G, Philogène B 2005. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement : pesticides et biopesticides-OGM lutte intégrée et biologique-Agriculture durable. Lavoisier. Paris : Tec et Doc, 1013p.

Ramade F 1998. Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. 4^{ème} Edition. Dunod. 689 p.

Ratelle M, Pujalte I 2015. Stratégies de biosurveillance pour le suivi de l'exposition professionnelle aux pesticides.

Rice PJ, Drewes CD, Klubertanz TM, Bradbury SP, Coats JR. 1997. Acute toxicity and behavioral effects of chlorpyrifos, permethrin, petrol, strychnine and 2,4-dinitrophenol to 30 days-old Hapanese MEdaka (*Oryziaslatipes*).*Setac.Journals*, 19 :696-704p.

Rigaud T, Juchault P, Mocquard JP 1997. The evolution of sex determination in isopods crustaceans. *Bioessays*, 19 : 409-416.

Robinson R et Sutheland W 2002. Post-war Changes in Arable Farming and Biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*. 39,157-176.

Rousset F, Bouchon D, Pintureau B, Juchault P, Solignac M 1992. Wolbachia endosymbionts responsible for various altérations of sexuality in arthropods. *Proc. R Soc. Lond. B Biol.Sci.*, 250 : 91-98p.

Ruben PUGA FREIAS 2012. Effet du ver de terre *Aporrectodea caliginosa* sur la croissance des plantes, leur développement et leur résistance aux pathogènes. Thèse de doctorat. Université Paris est Spécialité : Sciences de l'Univers et de l'Environnement. P 107.

S

Saidemberg DM, Ferreira MAB, Takahashi TN, Gomes PC, Cesar-Tagnol LMM, Da Silva-Filho LC, Tormena CF, Da Silva GJV, Palma MS 2009. Monoamine oxidase inhibitory activities of indolylalkaloid toxins from the venom of the colonial spider *Parawixia bistriata* : functional characterization of PwTX-I. *Toxicon*. 54 (6) : 717-724.

Scheu S 2003. Effects of earthworms on plant growth : patterns and perspectives : The 7th international symposium on earthworm ecology. Cardiff Wales 2002. *Pedobiologia*, 47,846-856.

Schreck H, Graff O 1977. Evaluation of the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny) as a protection source, *landbauforschung volkenrode* 27, p. 216-218.

Sfenthourakis S, et Taiti S 2015. Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods.*Zookeys*.515 : 13-25.

Socorro J 2015. Etude de la réactivité hétérogène de pesticides adsorbés sur des particules modèles atmosphériques : cinétiques et produits de dégradation. Thèse de doctorat en Chimie de l'Environnement, université Aix-Marseille, France, 245p.

T

Terki S 2015. Evaluation de la toxicité des pesticides (Mancozebe et Dursban) sur un crustacé terrestre *Armadillidium sp* : Bio-indicateur des agro-écosystèmes (Région de Bejaia)

Tomé H. V. V, Martins G. F, Lima M. A. P, Campos L.A.O, Guedes R.N.C 2012. Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native *stingless bee Melipona quadrifasciata anthidioides*. PloS ONE 7, e38406.

V

Van Der Werf H M G 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. Agriculture, Ecosystems and Environment.

Van Haluwyn C, Cuny D, Garrec J P. 2011. Introduction générale-Définitions, concepts et enjeux généraux de la biosurveillance de la qualité de l'air. Pollution Atmosphérique, Numéro spécial : 7-13.

Vandel A 1960. Isopodes terrestres (seconde partie). In : Faune de France (Lechevalier P, ed). Paris, 417-931p.

Vankateswara Rao D, Pavan S et Madhavendra SS, 2003. Toxic effects of chlorpyrifos on morphology and acetylcholine esterase activity in the earthworm, *Eisenia foetida*. Ecotoxicology and Environmental Safety 54 (2003) 296-301p.

Villeneuve F, Désire C 1965. Zoologie Bordas. 40p.

W

Wolfe N, Mingelgrin U, Miller G 1990. Aiotic transformations in water, sediments and soils. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.

Effet de chaque dose sur la mortalité des cloportes

(N : nombre d'individus morts, Fc : fréquence centésimale des cloportes morts).

Dose 2500mg/l

Temps d'exposition Répétitions	T=0		Semaine1		Semaine2		Semaine3		Semaine4	
	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc
Témoin	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
R1	0	0%	2	10%	3	15%	5	25%	6	30%
R2	0	0%	0	0%	1	5%	1	5%	3	15%
R3	0	0%	1	5%	5	25%	5	25%	5	25%
R4	0	0%	1	5%	2	10%	3	15%	4	20%
Moyenne	0%		5%		13.75%		17.5%		22.5%	

Dose 1250mg/l (N : nombre d'individus morts, Fc : fréquence centésimale des cloportes morts).

Temps d'exposition Répétitions	T=0		Semaine1		Semaine2		Semaine3		Semaine4	
	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc
Témoin	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
R1	0	0%	0	0%	1	5%	4	20%	7	35%
R2	0	0%	0	0%	3	15%	5	25%	5	25%
R3	0	0%	0	0%	2	10%	3	15%	3	15%
R4	0	0%	0	0%	1	5%	3	15%	4	20%
Moyenne	0%		0%		8.75%		18.75%		23.75%	

Dose 625mg/l (N : nombre d'individus morts, Fc : fréquence centésimale des cloportes morts).

Temps d'exposition Répétitions	T=0		Semaine1		Semaine2		Semaine3		Semaine4	
	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc
Témoin	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
R1	0	0%	2	10%	3	15%	4	20%	5	25%
R2	0	0%	2	10%	4	20%	5	25%	5	25%
R3	0	0%	0	0%	0	0%	2	10%	4	20%
R4	0	0%	0	0%	1	5%	3	15%	3	15%
Moyenne	0%		5%		10%		18.75%		21.25%	

Dose 312.5mg/l (N : nombre d'individus morts, Fc : fréquence centésimale des cloportes morts).

Temps d'exposition Répétitions	T=0		Semaine1		Semaine2		Semaine3		Semaine4	
	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc	N	Fc
Témoin	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
R1	0	0%	0	0%	2	10%	4	20%	7	35%
R2	0	0%	0	0%	0	0%	2	10%	2	10%
R3	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	10%
R4	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	4	20%
Moyenne	0%		0%		2.5%		8.75%		18.75%	

Résumé

Une recherche bibliographique des travaux déjà faits sur l'utilisation des pesticides dans la région de Bouira, et une enquête établie au niveau de la DSA, ont montré que Aliette flesh est le fongicide le plus utilisé dans les activités agricoles. L'évaluation de la toxicité du pesticide sur les cloportes et les vers de terre qui sont bio-indicateurs des agro-écosystèmes. L'échantillonnage a été effectué dans un jardin qui suit la fertilisation naturelle. Afin d'évaluer la toxicité du pesticide, quatre concentrations ont été utilisées pour réaliser deux tests de toxicité qui sont de l'ordre de 312.5mg/l, 625mg/l, 1250mg/l et 2500mg/l. Un test de toxicité aiguë de 28 jours où on prend en considération la mortalité des cloportes chaque semaine. Un test d'évitement (48h) des vers de terre où nous avons pris en considération leurs comportements. Ces tests sont réalisés dans des conditions de laboratoire. Aliette-flesh a présenté un effet faiblement toxique pour les cloportes, une mortalité inférieure à 50% à la fin du test. Concernant le test d'évitement, les vers de terre ont marqué un complètement de fuite à l'égard du fongicide.

Mot clé : toxicité, bio-indicateur, Aliette-flesh.

Abstract

A bibliographic search of work already done on the use of pesticides in the Bouira region, and a survey established by the DSA, showed that Aliette flesh is the most used fungicide in agricultural activities. The assessment of the toxicity of the pesticide on woodlice and earthworms which are bio-indicators of agro-ecosystems. Sampling was carried out in a garden which follows natural fertilization. In order to assess the toxicity of the pesticide, four concentrations were used to perform two toxicity tests which are in the order of 312.5mg / l, 625mg / l, 1250mg / l and 2500mg / l. A 28-day acute toxicity test in which the mortality of woodlice is taken into account each week. An avoidance test (48h) for earthworms where we took their behavior into consideration. These tests are performed under laboratory conditions. Aliette-flesh showed a low toxic effect for woodlice, a mortality of less than 50% at the end of the test. Regarding the avoidance test, the earthworms marked a complete escape from the fungicide.

Keyword: toxicity, bio-indicator, Aliette-flesh.

ملخص

أظهر بحث ببليوغرافي عن العمل الذي تم إنجازه بالفعل بشأن استخدام المبيدات في منطقة البويرة، وجره ASD، أن لحم البيت مو أكثر مبيدات النطريات المستخدمة في المنطقة الزراعية. نُظِم سبعة مبيدات الفئانات على فئال الخشب وديدان الأرض وهي مؤشرات بيولوجية للنظم البيئية الزراعية. تم أخذ العينات في حديقة بعد الإخصاب الطبيعي. من أجل تقييم سمية المبيد تم استخدام أربعة تراكيز الجارة اختبارين للسمية بتراكيز 5.2.3 مجم / لتر و 523 مجم / لتر و 231 مجم / لتر و 2311 مجم / لتر. اختبار السمية الحادة لمدة 22 يوم تم فيه أخذ معدل ونجات فئال الخشب

في الاختبار لكل أسبوع اختبار تجنب (82 ساعة) لديدان الأرض حيث أخذنا سبلولعم في الاختبار. يتم إجراء هذه الاختبارات في ظل ظروف معملية.

أظهر $htAif-DttAIIA$ نتائج إيجابية لمنح مخرج على فئال الخشب، حيث بلغ معدل الوفيات أقل من 31% في نهاية الاختبار. نيمًا يتعلق باختبار التجنب،

كانت ديدان الأرض بمثابة هروب كامل من مبيد النطريات.

الكلمة الرئيسية: السمية، المؤشر الحيوي Aliette-flesh.