

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Présenté par :

M^{elle} SENOUSSE Hassiba

Thème

*Impact d'un fongicide sur l'aspect biochimique
des vers de terre : cas de l'espèce *Aporrectodea trapezoides**

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
M. LAMRI Takfarinas	MCA	<i>Univ. De Bouira</i>	<i>Président</i>
Mme. MAIZI Naila	MCA	<i>Univ. De Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
Mme. MECELLEM Dalila	Pr.	<i>Univ. De Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
Mme. RAHMOUNI Amina	MAA	<i>Univ. De Bouira</i>	<i>Co - promotrice</i>

Année Universitaire : 2023/2024

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

یَرْفَعُ اللّٰهُ الَّذِیْنَ اٰمَنُوْا مِنْكُمْ
وَالَّذِیْنَ اٰتَوْا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍ



Remerciements

Avant tout je remercie **ALLAH**, le miséricordieux, le tout puissant et le plus clément de m'avoir donné la bonne santé, la patience, la force et la volonté et l'amour du savoir afin de poursuivre mes études et de réaliser ce travail.

Dans le cadre de ce modeste travail, j'adresse mes vifs remerciements à ma promotrice **Dr. MAIZI Naila**, pour tout ce qu'elle a fait pour moi, pour sa patience, son expertise et sa disponibilité et surtout pour ses précieux conseils qui ont nourri ma réflexion.

Je désire aussi remercier ma Co-promotrice **Mme. RAHMOUNI Amina**, elle a consacré beaucoup de temps à m'apporter les outils méthodologiques essentiels à la réalisation de ce travail.

Mes plus vifs remerciements vont à **Dr. LAMRI Takfarinas** qui m'a honoré de présider le jury de ce mémoire, Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

J'exprime toute ma gratitude au **Pr. MECELLEM Dalila** pour avoir accepté de juger ce travail et faire partie de ce jury en qualité d'examinatrice.

Je voudrais remercier spécialement **Pr. BAZRI Kamel Eddine** de l'Université de Constantine pour sa précieuse contribution à l'identification des espèces de vers de terre.

Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à **Dr. MEBDOUA Samira** et **M. CHIBANE Mohand** pour leurs précieuses aides et leurs conseils.

Ces mêmes remerciements s'adressent aux enseignants et aux personnels de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre spécialement les enseignants de la filière **ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT** je leurs dis avec une grande fierté : « je suis extrêmement honorée par vous tous ».

En fin, je tiens à témoigner toute ma gratitude aux ingénieurs des laboratoires de la faculté SNV spécialement **Mme. ROUANE Sihem** pour leurs aides et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, Merci...

Mais je n'ai pas oublié ! Merci à tous **LES VERS DE TERRE** qui ont sacrifié leur vie pour nos expériences, j'espère que ce sacrifice servira à tous les organismes du sol !





Dédicaces

À l'occasion de ma soutenance, Je dédie ce modeste travail :

À mes chers **PARENTS (B, Y)** pour leur sacrifices, amour, la tendresse, le soutien et les prières qu'ils m'ont offerts tout au long de mes études, mes piliers! Je vous remercie énormément pour la confiance que vous m'accordez, pour l'éducation que vous m'avez donnée, Je suis pleinement consciente que vous êtes fiers de ma réussite et votre fille Hassiba vous fera toujours briller de fierté, je vous le promets.

À ma chère grande sœur **MERIEM**, tu n'es pas seulement ma grande sœur tu es aussi ma deuxième maman et ma meilleure amie merci d'exister dans ma vie

À mon grand frère **AHCEN (enzo-massimo)**, quand je parle de l'amour, sincérité,... Je parle de toi mon héros, tu es la personne la plus merveilleuse que j'ai rencontrée dans cette vie frérot! Je suis extrêmement chanceuse de t'avoir comme frère, tu es drôle et tu sais toujours comment me redonner le sourire, la force et le courage de continuer lorsque j'étais faible tu es mon modèle et ma source d'inspiration.

À ma douce sœur **ZAHRA** qui a toujours été à mes côtés dans les moments difficiles; t'avoir dans ma vie est une chance inouïe, Grâce à toi, j'ai appris à me défendre et à vaincre mes peurs.

À mon cher frère **MOHAMMED**, Ta présence dans ma vie et ton soutien ont été d'une grande valeur pour ta petite sœur.

À ma meilleure amie **SARAH**, tu es ma sœur que la vie a oublié de me donner ; je ne sais pas ce qui se passerait si tu n'étais pas à mes côtés, t'es pas ma sœur de sang mais t'es ma sœur de cœur.

À ma belle-sœur « **FATIMA** ».

À mes beaux-frères **HAMZA et SMAIL**.

À mes chers neveux « **ABDEL RAOUF, IYAD, YOUNES, DJAWED, AMIR** » et ma seule nièce « **ASSILE** » que dieu vous protège pour nous.

À tous les membres de la famille **SENOUSSI et MAHFOUDI** : mes oncles, mes tantes, cousines et cousins.

En fin je dédie ce travail à mes amis avec qui j'ai vécu de merveilleux moments à l'université

« **LUCINDA, CHIFAA, CHAMS, FATIMA, SALIHA, SAFIA, CHAHINEZ** ».

SENOUSSI HASSIBA



La liste des abréviations

ISO : Organisation Internationale De Normalisation.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

OC : Organochlorés.

OP : Organophosphorés.

OMS : Organisation Mondiale De Santé.

DL50 : Dose Létale Médiane.

MA : Matière Active.

WP : Poudre Mouillable.

WG : Granulés Dispersables Dans L'eau.

MG : Micro-Granulés.

SL : Concentrés Solubles.

SC : Suspensions Concentrées.

EC : Concentrés Emulsionnables.

EW : Emulsions Concentrées.

SU : Suspension Pour Application Très Bas Volume.

USD : Dollar Des Etats-Unis.

Ph : Potentiel Hydrogène.

ECBU : Examen Cytobactériologique Des Urines.

HCL : Acide Chlorhydrique.

Caco3 : Carbonate De Calcium.

A.Trapezoides : *Aporrectodea Trapezoides*.

DO : Densité Optique.

CO2 : Dioxyde De Carbone.

CE : Conductivité Electrique.

KCL : Le Chlorure De Potassium.

FAO : L'organisation Pour L'alimentation Et L'agriculture.

A : Argile.

LF : Limons Fin.

SG : Sable Grossier.

BBC : Bleu Brillant De Coomassie.

Nm : Nanomètre.

Gsts : Glutathion S-Transférase.

GSH : Glutathion.

CDNB : 1-Chloro-2,4-Dinitrobenzene.

MDA : Malondialdéhyde.

L. terrestrice : *Lumbricus terrestris*.

MT : Métallothionéine.

E. Fetida : *Eisenia fetida*.

NPK : Azote, Phosphore Et Potassium.

A.calginosa : *Aporrectodea calginosa*.

ACHE : Acétylcholinestérase.

CAT : Catalase.

GPX : Glutathion Peroxydase.

LDH : Lactase Déshydrogénase.

La liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des pesticides en fonction de l'organisme nuisible visé et de leur fonction.	Page 05
Tableau 02 : Classement des pesticides selon leur mode d'entrée.	Page 09
Tableau 03 : Classement des pesticides selon leur mode d'action.	Page 09
Tableau 04 : Effets néfastes des pesticides sur les espèces bénéfiques.	Page 15
Tableau 05 : Les différentes parties du tube digestif.	Page 21
Tableau 06 : Les différents paramètres physicochimiques du sol analysés.	Page 32
Tableau 07 : Caractéristiques des deux matières actives D'ORTIPLUS.	Page 35
Tableau 08 : Dosage des protéines totales chez les vers de terre : réalisation de la gamme d'étalonnage.	Page 39
Tableau 09 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol.	Page 46
Tableau 10 : Critères morphologiques d' <i>Apporectodea trapezoides</i> .	Page 50
Tableau 11 : La systématique d' <i>Apporectodea trapezoides</i> .	Page 50

La liste des figures

Figure 01: La structure chimique des organochlorés.	Page 06
Figure 02: La structure chimique des organophosphorés.	Page 07
Figure 03: La structure chimique des carbamates.	Page 07
Figure 04: La structure chimique des pyréthrinés.	Page 07
Figure 05: La structure chimique des pyréthrinoides.	Page 08
Figure 06: La structure chimique des néonicotinoïdes.	Page 08
Figure 07: Les processus impliqués dans le devenir et le comportement des pesticides dans l'environnement.	Page 12
Figure 08: les trois catégories écologiques des vers de terre.	Page 17
Figure 09: alimentation et comportement des trois catégories écologiques de vers de terre.	Page 17
Figure 10: La structure externe d'un individu de ver de terre.	Page 18
Figure 11: Prostomium et péristomium de ver de terre.	Page 19
Figure 12: Disposition des soies chez les vers de terre.	Page 20
Figure 13: La structure interne des vers de terre .	Page 20
Figure 14: Le système circulatoire des lombrics.	Page 22
Figure 15: La reproduction et la formation des cocons chez les lombrics.	Page 23
Figure 16: L'accouplement chez les lombrics.	Page 23
Figure 17: Cocon d'un ver de terre.	Page 24
Figure 18: Cycle de vie d'un individu de ver de terre.	Page 25
Figure 19: Avantages des vers de terre.	Page 26
Figure 20: Localisation géographique du site d'échantillonnage.	Page 31
Figure 21: Matériel utilisé sur terrain pour le prélèvement du sol.	Page 32
Figure 22: Carte des sols d'Algérie.	Page 33
Figure 23: Quelques photos prises lors du déroulement de l'enquête dans la wilaya de Bouira.	Page 34
Figure 24: Fongicide utilisé dans notre teste (ORTIPLUS).	Page 35

Figure 25: Echantillonnage des vers de terre.	Page 36
Figure 26: Conservation des vers de terre et leur observation sous microscope.	Page 35
Figure 27: Préparation des vers de terre pour le dosage biochimique.	Page 38
Figure 28: Matériels utilisés pour le dosage biochimique.	Page 39
Figure 29: Répartition des pesticides les plus achetés par les agriculteurs.	Page 47
Figure 30: Répartition des pesticides les plus vendus par les vendeurs.	Page 48
Figure 31: Critères d'achats des pesticides par les agriculteurs.	Page 49
Figure 32: Répartition des mesures de sécurité mis en place par les agriculteurs.	Page 49
Figure 33: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 24 heures d'exposition.	Page 51
Figure 34: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 48 heures d'exposition.	Page 52
Figure 35: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 72 heures d'exposition.	Page 52
Figure 36: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez <i>Apporectodea trapezoides</i> en fonction du temps d'exposition.	Page 53
Figure 37: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 24 heures d'exposition.	Page 54
Figure 38: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 48 heures d'exposition.	Page 55
Figure39: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez <i>Apporectodea trapezoides</i> après 72 heures d'exposition	Page 55
Figure40: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez <i>Apporectodea trapezoides</i> en fonction du temps d'exposition.	Page 56

Tables des Matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

Chapitre 01 : Synthèse Bibliographique

I. Généralités sur les pesticides	4
I.1 Définition de pesticides.....	4
I.2 Les différentes catégories de pesticides	4
I.2.1 Classement basé sur les espèces nuisibles ciblées	5
I.2.2 Classement basé sur les sources d'origines.....	5
I.2.3 Classement basé sur leur toxicité	9
I.2.4 Classement basé sur le mode d'entrée	9
I.2.5 Classement basé sur leur mode d'action	9
I.2.6 Classement basé sur leurs domaines d'utilisations	10
I.3 La formulation des pesticides.....	10
I.3.1 La matière active (MA).....	10
I.3.2 Un diluant.....	11
I.3.3 Les adjuvants.....	11
I.4 Type de présentation des pesticides pour la vente aux agriculteurs.....	11
I.4.1 Les formulations solides	11
I.4.2 Les formulations liquides.....	12
I.5 Le comportement et le devenir des pesticides dans l'environnement	12
I.6 Les produits phytosanitaires en Algérie.....	13
I.7 Impact des pesticides sur la santé humaine.....	13
I.8 L'impact des pesticides sur l'environnement.....	14
I.8.1 Contamination de l'atmosphère	14
I.8.2 Contamination du sol	14
I.8.3 Contamination des eaux de surface et des eaux souterraines.....	15
I.9 L'impact sur la biodiversité faunistique.....	15
II. Revue bibliographique sur les vers de terre	16

II.1 Classification biologiques des vers de terre.....	16
II.2 Classification écologique des vers de terre.....	16
II.2.1 Les épigées.....	17
II.2.2 Les endogées.....	17
II.2.3 Les anéciques.....	17
II.3 Description de la morphologie générale des vers de terre	18
II.3.1 La structure externe	18
II.3.2 La structure interne	20
II.4 Mode de déplacement des lombrics.....	24
II.5 Cycle de vie des vers de terre	24
II.6 Régime alimentation des vers de terre.....	26
II.7 La régénération des vers de terre	26
II.8 La période d'activité.....	26
II.9 Intérêt des lombrics.....	26
II.9.1 Formation du sol.....	27
II.9.2 La porosité du sol.....	27
II.9.3 Infiltrations de l'eau.....	27
II.9.4 Décomposition de la matière organique	27
II.9.5 Formation d'humus	28
II.9.6 Suppression des maladies et des ravageurs transmis par le sol.....	28
II.9.7 Cycle des nutriments.....	28
II.9.8 Croissance des plantes	28
II.10 Stratégies d'évaluation de la toxicité par les pesticides.....	28
II.10.1 Utilisation des vers de terre en biosurveillance	29

Chapitre 02 : Partie Expérimentale

III. Partie Expérimentale.....	30
III.1 Présentation du site d'échantillonnage.....	30
III.2 Prélèvement du sol	31
III.3 Les analyses physico-chimiques du sol.....	32
III.4 Choix du contaminant	33
III.4.1 Présentation du fongicide ORTIPLUS	34
III.5 Echantillonnage des vers de terre	35
III.5.1 Identification des échantillons de lombriciens par spécialiste.....	36
III.6 Préparation des concentrations D'ORTIPLUS.....	37
III.7 Préparation des vers de terre pour les dosages biochimiques :.....	37
III.7.1 Test de toxicité aigüe.....	38
III.8 Dosage biochimique	38

III.8.1 Dosage des protéines totales.....	38
III.8.2 Dosage des glutathion S-transférases	39
IV. Résultats.....	46
IV.1 Les analyses physico-chimiques du sol.....	46
IV.2 L'enquête:.....	47
IV.2.1 Les pesticides les plus utilisés par les agriculteurs.....	47
IV.2.2 Les pesticides les plus vendus par les vendeurs	48
IV.2.3 Les critères à considérer par l'agriculteur lors de l'achat des produits phytopharmaceutiques.....	48
IV.2.4 Mesures de protection	49
IV.3 Identification spécifique.....	50
IV.3.1 Présentation du modèle biologique <i>Aporrectodea trapezoides</i>	50
IV.4 Effet du fongicide ORTIPLUS sur les paramètres biochimiques mesurés	51
IV.4.1 Effet du fongicide Ortiplus sur la quantité des protéines totales chez d' <i>Aporrectodea</i> <i>trapezoides</i>	51
IV.4.2 Effet du fongicide ORTIPLUS sur l'activité spécifique des glutathion-S-transférases chez <i>Aporrectodea trapezoides</i>	54
V. Discussion des résultats	57
V.1 Propriétés physicochimiques du sol	58
V.2 L'enquête.....	58
V.3 Etude des paramètres biochimiques	59
V.3.1 L'effet d'ORTIPLUS sur le taux de protéines.....	59
V.3.2 L'effet d'ORTIPLUS sur l'activité spécifique des glutathions -S-transférase	61
Conclusion	62
Références bibliographiques.....	64

Annexes

Résumés

Introduction

La population mondiale ne cesse d'augmenter au fil du temps accompagnée d'un accroissement équivalent de la production agricole et afin de répondre à cette exigence, une utilisation de plus en plus massive des pesticides dans le monde entier a été relevée (**Agarwal & Pandey, 2017**).

Chaque année, des millions de tonnes de pesticides, notamment des fongicides, des insecticides et des herbicides, sont employés dans le domaine agricole afin de préserver les cultures en limitant les pertes de rendement ce qui permet d'augmenter la production (**Al-Assiuty et al., 2014**). Il semblerait que l'agriculture moderne est en train de flotter sur un océan de substances chimiques de synthèses (**Leoci & Ruberti, 2021**).

La consommation globale de produits phytosanitaires a progressé de 80% entre 1990 et 2017 (**Pelosi et al., 2021**), il existe environ 890 produits chimiques synthétiques qui ont été approuvés en tant que pesticides, alors que le nombre de produits vendus est estimé à environ 20 700 (**Stenersen, 2004**), ce qui représente en termes de dépenses estimées à environ 38 milliards de dollars consommés chaque année en pesticides (**Pan-Germany, 2012**).

L'Algérie a connu une croissance démographique importante après l'indépendance : sa population est passée de 13 millions d'habitants à l'indépendance, à 45 millions 60 ans plus tard (**Bencherif, 2018**). A cet égard, l'État algérien a consacré des efforts importants afin de moderniser son agriculture par une meilleure organisation et une optimisation de ses rendements agricoles dont le souci de sécuriser les besoins alimentaires de sa population.

Avec l'expansion des surfaces cultivées, l'utilisation des pesticides en Algérie est devenue plus fréquente (**Mustapha Bouziani, 2007**). A cet effet, on recense plus de 480 pesticides au niveau de l'institut national de la protection des végétaux dans le domaine de l'agriculture (**Ayad-Mokhtari, 2012**).

Mis à part que ces produits agrochimiques sont cruciaux pour satisfaire la demande alimentaire qui ne cesse de croître, en renforçant la productivité et en préservant les cultures des insectes ravageurs et des mauvaises herbes (**Khandelwal, 2017**), leur usage excessif peut occasionner des dommages importants sur l'environnement (**Touzout, 2022**), ainsi que sur la santé humaine (**Soares & De Souza Porto, 2009**), en altérant globalement l'écosystème, provoquant ainsi la détérioration de la biodiversité y compris la microflore et la microfaune (**Singh et al., 2020**).

En règle générale, il est envisageable que les résidus de pesticides soient mélangés dans la partie supérieure située à 15 cm du sol, reconnue comme étant la région où l'activité

microbienne et faunique est la plus significative (**Blasco & Picó, 2009**). Ces résidus peuvent ensuite se bio-accumuler dans le sol, les cultures cultivées, les micro-organismes présent dans le sol, les micro-organismes aquatiques, l'air et la chaînes alimentaires, ils pourraient persister dans l'environnement pendant plusieurs décennies, provoquant des expositions qui pourraient mettre en danger la santé humaine (**Mcginley et al., 2023**). De nos jours, l'agriculture durable est donc une tâches extrêmement difficile à réaliser (**Mishra & Arora, 2016**).

De nombreuses études ont été menées sur l'évaluation de la toxicité des pesticides sur l'homme et sur l'environnement (**Lévêque, 1997**), celles portant sur les effets des pesticides sur les communautés du sol sont axées majoritairement sur les vers de terre, qui sont considérés comme des organismes modèles pour évaluer les risques environnementaux associés aux substances chimiques et à la toxicologie des sols (**Rashi Miglani & Satpal Singh Bisht, 2019**).

Or, ces vers de terre en tant qu'ingénieurs des écosystèmes sont habituellement en contact direct avec les éléments solides et aqueux du sol, ils en consomment des quantités importante ce qui les rendent directement exposés aux composés xénobiotiques issus des activités agricoles, industrielles ou bien de dépôts atmosphériques (**Gill & Garg, 2014**), entraînant ainsi une diminution importante de leur population.

Actuellement, les vers de terre figurent parmi les espèces employées dans des tests d'écotoxicité normalisés afin d'évaluer la qualité des sols [**ISO 11268 :1998-2 ; ISO 17512 : 2008**], ces derniers sont utilisés dans le but d'évaluer les dommages résultant de l'utilisation des pesticides, en se basant sur l'étude de la survie, de la croissance, de la reproduction, et récemment le comportement d'évitement (**Kammenga et al., 2000**).

Du fait que les vers de terre ne possèdent pas de cuticule dure autour de leur corps, sont extrêmement sensibles aux produits agrochimiques (**Lanno et al., 2004; Nahmani et al., 2007**).

En Algérie, la diversité des vers de terre a été étudiée par (**Baha 1997 ; Omodeo et al., 2003 ; Ouahrani 2003 ; Kherbouche et al., 2012 ; Boukria 2012 ; Zeriri et al., 2013 ; Bazri et al., 2013**). Au cours de ces travaux, 41 espèces ont été recensées. D'autres, études se sont focalisées sur les effets toxiques des produits phytosanitaires sur les populations de lombrics: (**Thomson 1970 ; Randell et al., 1972 ; Benz et Altwegg 1975 ; Stenersen 1979 ; Inglesfield 1984 ; Lee 1985 ; Roberts et Dorrough 1985 ; Zhou et al., 1988 ; Potter et al., 1990 ; Yasmin et D'sousza 2007 ; Pereira et al., 2009 ; Xu et al., 2011 ; Bouazdia 2020 ; Berrok et al., 2022**).

Par ailleurs, la plupart des études qui ont été menées sur les vers de terre portaient essentiellement sur l'efficacité de leur utilisation en tant que bio-indicateurs de la contamination chimique du sol (**Al-Assiuty et al., 2014**). Récemment, des méthodes plus performantes reposent sur l'utilisation des paramètres biochimiques du vivant ont comblé les lacunes liées aux analyses physico-chimiques, qui sont nécessaires pour une évaluation adéquate des risques engendrés par les polluants présents dans la nature (**Mathias, 2011; Zeriri, 2014**).

Les chercheurs sont de plus en plus intéressés par l'exploration des bio-marqueurs qui constituent des indices performants des impacts des pesticides sur la faune du sol (**R. Tiwari et al., 2016**). Diverses catégories d'enzymes sont employées en tant que bio-marqueurs du fait de leur rôle capitale dans la transmission neurocholinergique ainsi que dans l'homéostasie cellulaire empêchant la toxicité des produits chimiques (**Sanchez-Hernandez 2006 ; Novais et al., 2011 ; Mekahlia et al., 2015**).

Au final, les vers de terre sont perçus comme les organismes les plus adaptés pour examiner l'effet des pesticides sur les paramètres biochimiques de stress (**Chen et al., 2018**). C'est dans ce contexte que nous avons orienté notre travail avec pour objectif d'évaluer l'effet d'un fongicide ORTIPLUS constitué de deux matières actives (Azoxystrobine 20%+ Difenconazole 12.5%) sur une espèce de vers de terre : *Aporrectodea trapezoides*.

Pour une meilleure compréhension de l'objectif de ce sujet, ce présent document est séparé en trois chapitres, en commençant par une introduction et en clôturant par une conclusion :

- ⇒ Le premier chapitre présente une revue de littérature sur les pesticides ainsi que les vers de terre (données bioécologiques).
- ⇒ Le deuxième chapitre offre un aperçu détaillé sur la zone d'échantillonnage et la démarche expérimentale adoptée.
- ⇒ Le troisième chapitre présente les résultats obtenus, suivis d'une discussion.

Chapitre 01 :
Synthèse
Bibliographique



I. Généralités sur les pesticides

Le recours aux pesticides dans le secteur de l'agriculture moderne et de la santé publique a connu une augmentation significative. Malgré l'usage de ces derniers offrent certains avantages en matière d'amélioration du rendement en éliminant les insectes nuisibles, les mauvaises herbes, les vecteurs et autres parasites... (**Kumar et al., 2021**).

Cependant leurs usages de manière abusive et aléatoire a également une influence considérable sur les différents compartiments environnementales et surtout la santé des humains (**Poudel et al., 2020**), Puisque seuls 0,1 % des pesticides utilisés dans les cultures atteignent effectivement leurs cibles, le reste est introduit dans l'environnement et s'accumulent dans les tissus des organismes qui ne sont pas ciblés ce qui engendre des problèmes de toxicité aigus et chroniques chez de nombreux être vivants (**Kumar et al., 2021**).

I.1 Définition de pesticides

Un pesticide est une substance ou un mélange de substances utilisées comme moyen de prévention, destruction ou de contrôle des ravageurs, y compris les insectes, les champignons, des rongeurs ou des espèces de plantes nuisibles entraînant des dommages lors de la production et du stockage des récoltes (**Abubakar et al., 2020**).

Ils incluent des insecticides, des herbicides, des nématicides, des fongicides, des molluscicides, des rodenticides, des régulateurs de croissance des plantes et d'autres composés. Ces produits peuvent être naturels ou fabriqués chimiquement, sont utilisés par divers secteurs tels que l'alimentation, la foresterie, l'agriculture et l'aquaculture (**Pathak et al., 2022**).

Cependant, un grand nombre de pesticides chimiques présentent un risque pour l'environnement et les humains à long terme en raison de leur résistance dans la nature ou dans les tissus corporels (**Hossain et al., 2017**).

I.2 Les différentes catégories de pesticides

D'après les renseignements fournis par **Simranjeet Singh (2020)**, les pesticides peuvent être catégorisés de différentes façons en fonction des espèces de ravageurs visées, de leur composition chimique, de leur mécanisme d'entrée, de leur niveau de toxicité, etc.

I.2.1 Classement basé sur les espèces nuisibles ciblées

Dans cette classification, les pesticides sont classés selon les organismes auxquels ils sont destinés ainsi que leurs fonctions, comme indiqué en détail dans le **Tableau 01**.

Tableau 01 : Classification des pesticides en fonction de l'organisme nuisible visé et de leur fonction (Akashe *et al.*, 2018).

Type De Pesticide	Organismes Nuisibles/Fonctions	Exemples
Insecticides	Les insecticides sont utilisés pour éradiquer les insectes ou perturber leur croissance ou leur évolution.	Azadirachtine, DDT, Chlorpyrifos, Malathion, etc.
Herbicides	Substances employées pour détruire les plantes ou pour bloquer leur croissance ou leur développement.	Alachlore, Paraquat, 2,4-D
Fongicides	Les substances chimiques qui servent à prévenir, guérir et éradiquer les champignons.	Cymoxanil, Thiabendazole, Bouillie bordelaise
Arvicides	Limite la croissance des larves.	Méthoprène
Acaricides	Sont utilisées pour éliminer les acariens et les tiques ou pour perturber leur croissance ou leur formation.	DDT, Dicofol, Chlorpyrifos, Permethrine, etc.
Répulsifs pour oiseaux	Substances chimiques destinées à repousser les oiseaux.	Diazinon, Methiocarbe, etc.
Algicide	Substances utilisées pour tuer ou ralentir la croissance des algues.	Sulfate de cuivre, Diuron, Oxyfluorène, ect.
Rodenticides	Produits utilisés pour tuer les rongeurs et les animaux apparentés.	Strychnine, Warfarine, Phosphure de zinc, etc
Nématocides	Mites substances chimiques utilisés pour combattre les Nématodes.	Carbofuron, Chlorpyrifos, Bromure de méthyle, etc.
Piscicides	Lutter contre les poissons.	Roténone
Molluscicides	Substances utilisées pour éradiquer les limaces et les escargots.	Métaldéhyde, Thiadicarbe, etc.

I.2.2 Classement basé sur les sources d'origines

D'après **Raffa et Chiampo (2021)**, les pesticides peuvent être répartis en bio-pesticides et pesticides chimiques.

I.2.2.1 Source biologique

- **Pesticides microbiens** : Contenant comme ingrédient un micro-organisme comme une bactérie ou un champignon. C'est le cas des toxines bactériennes produites par *Bacillus thuringiensis* et *Bacillus sphaerius* qui ont une action sur les larves de moustiques, les larves de mouches noires (Ishwar *et al.*, 2017).
- **Agents protecteurs incorporés aux plantes** : On appelle agents protecteurs incorporés aux plantes ; les pesticides produits de manière naturelle par les plantes et le leurs matériel génétique introduit (Ishwar *et al.*, 2017).
- **Pesticides biochimiques** : Pesticides qui renferment des substances naturelles dotées d'un mécanisme inoffensif pour combattre les ravageurs (Ishwar *et al.*, 2017).

I.2.2.2 Source chimique

D'après Kaur *et al.* (2019), la méthode la plus répandue de classification des pesticides se base sur leur composition chimique et la nature des ingrédients actifs. Pour déterminer le mode d'application, les mesures à prendre lors de l'utilisation et les taux d'application, il est indispensable de connaître les propriétés physico-chimique des pesticides, ces derniers sont répartis en six catégories principales, à savoir : organochlorés, organophosphorés, carbamates, pyrèthrine, pyrèthrinoïdes et néonicotinoïdes.

- **La catégorie des organochlorés (OC)** : ils ont été largement utilisés dans le domaine agricole durant les années 1940-1960 (Ravindran *et al.*, 2016). Le succès de l'utilisation de ces insecticides OC dans la lutte contre le paludisme et le typhus a déjà été démontré, cependant ils sont interdits dans la majorité des pays développés (Kumari *et al.*, 2020). Du fait qu'ils sont très stables et inertes, leurs dégradations par la nature sera difficile, ils persistent donc dans l'environnement en causant un risque potentiel à la fois pour l'écosystème et la santé humaine, surtout sur les organismes vivants en se bioaccumulant dans la chaîne alimentaire (Liu, 2023).

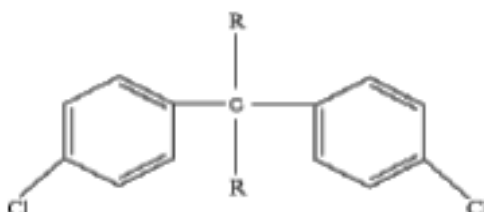


Figure 01: La structure chimique des organochlorés (Martin, 2016).

- **La catégorie des organophosphorés (OP) :** les organophosphorés sont figurés parmi les pesticides les plus couramment employés dans agriculture, spécifiquement comme insecticides et acaricides pour les cultures maraîchères, les arbres fruitiers et le coton. Ce sont les dérivés issus de l'acide phosphorique, ils exercent une action sur le système nerveux central pour inhiber l'acétylcholinestérase, une enzyme dont le rôle est de contrôler les niveaux et la quantité du neurotransmetteur – l'acétylcholine. A l'opposé des composés organochlorés, ces insecticides organophosphorés sont moins stables dans l'environnement, en raison de leurs capacités à entraîner des réactions biochimiques et biologiques éventuellement dégradables (Minuț *et al.*, 2022).

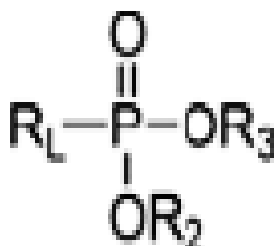


Figure 02: La structure chimique des organophosphorés (Pradhan & Mailapalli, 2020).

- **La catégorie des carbamates :** d'un point de vue structurel, les carbamates se rapprochent aux organophosphates. Néanmoins, ils se distinguent par leurs origines. Les organophosphates sont issus de l'acide phosphorique, alors que les carbamates sont issus de l'acide carbamique. Les pesticides carbamates fonctionnent selon le même principe que celui des pesticides organophosphorés en altérant la transmission des signaux nerveux, ce qui entraîne la mort de nuisible par empoisonnement (Ishwar *et al.*, 2017).

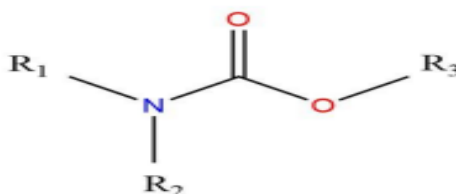


Figure 03: La structure chimique des carbamates (Riva, 2017).

- **La catégorie des pyréthrine :** les insecticides pyréthrinoïdes sont des substances de synthèse qui ont des similarités avec les composés actifs naturels, les pyréthrine, sont présentes naturellement dans certaines espèces comme ; chrysanthèmes, une grande quantité de substance active sont extraites du *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Cependant une faible quantités de pyréthrine se retrouvent également dans d'autres fleurs

de chrysanthème, comme: *Chrysanthemum coccineum* et *Chrysanthemum marshalli* (Robea et al., 2019).

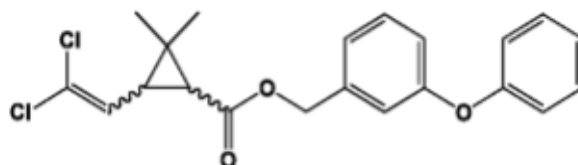


Figure 04: La structure chimique des pyrèthrine (Manon, 2016).

- **La catégorie des pyrèthrinoides :** actuellement, les insecticides pyrèthrinoides sont l'un des moyens les plus utilisés pour lutter contre les insectes agricoles et domestiques, en outre, les pyrèthrinoides sont fréquemment utilisés dans le domaine de la santé publique et commerciales, aussi dans le but de lutter contre les moustiques des épidémies des virus du Nil occidental, de Ross River et de la Dengue (Richardson et al., 2019).

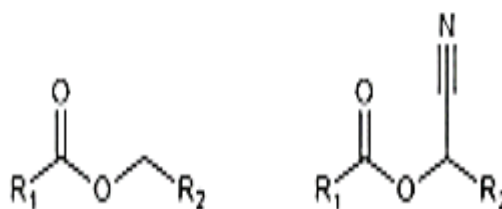


Figure 05: La structure chimique des pyrèthrinoides (Bouabdellah et al., 2022).

- **La catégorie des néonicotinoïdes :** Les néonicotinoïdes (néonics) sont appliqués au sol, soit en pulvérisation foliaire ou pour le traitement des semences dans une large éventail de domaine de cultures, Les néonics ont un effet sur l'insecte nuisible en se liant aux récepteurs nicotiques postsynaptiques provoquant une hyper-excitation neuronale qui conduit à la mort par paralysie , les néonics ont une solubilité élevée dans l'eau mais ont une faible affinité de liaison dans les sols, c'est ce qui explique leur lessivage et ruissellement dans les eaux souterraines et superficielle (Brodeur & Fonseca Pena, 2023).

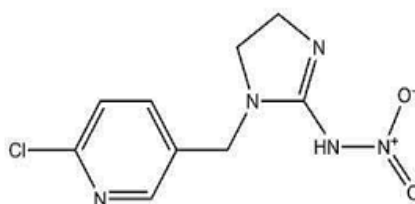


Figure 06: La structure chimique des néonicotinoïdes (Leiva, 2014).

I.2.3 Classement basé sur leur toxicité

La toxicité des pesticides dépend principalement de deux facteurs, à savoir la dose et le temps. Par conséquent, la quantité de substance impliquée (dose) et la fréquence d'exposition à la substance (durée) donnent lieu à deux types différents de toxicité : la toxicité aiguë et la toxicité chronique (Akashe *et al.*, 2018).

- **Toxicité aiguë** : la toxicité aiguë désigne la toxicité d'un pesticide sur les animaux, les plantes et les humains après une exposition à court terme au pesticide.
- **Toxicité chronique** : est un sujet de préoccupation pour la population en général et en particulier pour ceux qui manipulent avec les pesticides à cause d'une exposition éventuelle à ces derniers.

I.2.4 Classement basé sur le mode d'entrée

Cette classification donne une explication de la façon dont les pesticides atteignent leur cible (Alengebawy *et al.*, 2021) (Tableau 02).

Tableau 02 : Classement des pesticides selon leur mode d'entrée (Alengebawy *et al.*, 2021).

Mode d'entrée	Définition	Exemple
Pesticides systémiques	Les pesticides sont absorbés par les plantes ou les animaux puis sont transférés vers les tissus qui ne sont pas traités.	Glyphosate
Les pesticides de contact	Ils interviennent sur les organismes cibles lorsqu'ils entrent en contact avec eux.	Diquat dibromide
Poison d'estomac	Ils entrent dans le corps des nuisibles à travers leur tube digestif durant leur alimentation, ce qui entraîne la mort par empoisonnement.	Malathion
Répulsifs	Ils ne pénètrent pas dans le corps de la cible et ne la tuent pas ; leur seul objectif est de repousser et de lutter contre les parasites afin de les éloigner de l'hôte.	Methyl anthranilate
Fumigants	Ils détruisent les parasites en générant de la vapeur.	1,3-dichloropropene

I.2.5 Classement basé sur leur mode d'action

Selon le mode d'action, les pesticides sont classés en plusieurs types (Tableau 03)

Tableau 03 : classement des pesticides selon leur mode d'entrée (Ishwar *et al.*, 2017).

N°	Type de pesticide	Mode d'action	Exemple
1	Poison physique	Les pesticides provoquent la mort d'un insecte en exerçant un effet physique.	Argile activée
2	Poison protoplasmique	Les pesticides sont responsables de la précipitation des protéines.	Arseniciaux
3	Poison respiratoire	Produits chimiques qui inactivent les enzymes respiratoires.	Cyanure d'hydrogène
4	Poison nerveux	Produits chimiques inhibent la conduction des impulsions.	Malathion
5	Inhibition de la chitine	Produits chimiques inhibent la synthèse de chitine chez les ravageurs.	Diflubenzuron

I.2.6 Classement basé sur leurs domaines d'utilisations

D'après ce qui a été rapporté par Idrissi *et al.* (2010) selon leurs utilisations, les pesticides peuvent être classés en deux groupes distincts :

I.2.6.1 Les pesticides à usage agricole ou produits phytopharmaceutiques

Ce sont des substances chimiques qu'elles soient minérales ou organiques, de synthèse ou naturelles. Elles sont employées dans le but de protéger les végétaux des maladies et des organismes nuisibles aux cultures.

I.2.6.2 Les pesticides à usage non agricole ou biocides

Sont couramment utilisés dans la vie quotidienne, par exemple en hygiène publique dans le cadre de la lutte anti-vectorielle et dans d'autres contextes tels que la conservation du bois, la désinfection, ou certains usages domestiques.

I.3 La formulation des pesticides

La formulation des pesticides se compose d'un ingrédient actif dans un produit formulé en ajoutant divers substances inertes (inactives), les pesticides sont formés d'un mélange de produits chimiques (Arora, 2016).

I.3.1 La matière active (MA)

Une substance active est définie comme étant une matière pure ou technique, un corps pur ou un mélange isomérique, résultant d'une réaction chimique ou obtenue à partir de plantes, algues, production bactérienne, etc. Elle est la responsable de l'effet toxique des produits (Mokhtari, 2017).

I.3.2 Un diluant

Peut-être une matière solide ou bien liquide ajoutés à une préparation dans le but de diminuer la concentration en matière active, citons comme exemple : l'eau, l'huile, les solvants ou l'argile. D'autres pesticides ne nécessitent aucun diluant, sont appelés des formulations prêtes à être utilisés (Abdelli *et al.*, 2016).

I.3.3 Les adjuvants

Sont ajoutés afin de favoriser l'absorption et la stabilité de la matière active et aussi pour renforcer son action pesticide, par exemple en ajoutant les substances tensioactives inertes ; la mobilité et absorption des herbicides par les feuilles des mauvaises herbes sera améliorées (Kalyabina *et al.*, 2021). En parallèle, Mesnage et Antoniou (2018) ont spécifié dans leur propre travail que les adjuvants favorise non seulement l'infiltration de l'ingrédient actif dans les plantes, mais aussi dans la peau des individus exposés.

A partir des renseignements données par Mishra (2023) les principaux objectifs des formulations sont précisés en dessous :

- ⇒ Les formulations contribuent à améliorer les propriétés d'un produit chimique pour sa manipulation, son stockage et son application.
- ⇒ Simplifier la manipulation et l'utilisation des produits phytosanitaires.
- ⇒ Accroître l'efficacité biologique.
- ⇒ Diminuer les effets néfastes et l'influence sur les organismes non ciblés et les écosystèmes.

I.4 Type de présentation des pesticides pour la vente aux agriculteurs

D'après Hazra et Purkait (2019), l'indication de type de formulation est réalisé en appliquant un code international de deux lettres majuscules inséré après le nom commercial, on distingue deux principaux types de formulation :

I.4.1 Les formulations solides

Sont peu fréquentes mais présentent un faible risque pour l'utilisateur (quantité d'émanation est faible lors de la dilution pour l'usage), exemple :

- ⇒ Poudre mouillable (code : WP).
- ⇒ Granulés dispersables dans l'eau (code : WG).
- ⇒ Micro-granulés (code : MG).

I.4.2 Les formulations liquides

Sont les plus fréquentes et il est recommandés d'éviter l'inhalation lors de la préparation, par exemple :

- ⇒ Concentrés solubles (SL).
- ⇒ Suspensions concentrées (SC).
- ⇒ Concentrés émulsionnables (EC).
- ⇒ Emulsions concentrées (EW).
- ⇒ Suspension pour application très bas volume (SU).

I.5 Le comportement et le devenir des pesticides dans l'environnement

Les pesticides sont soumis à de nombreux processus complexes qui déterminent leur devenir dans les différents compartiments de l'environnement. Pour déterminer et évaluer les risques potentiels que constitue l'utilisation de ces produits sur les écosystèmes, les êtres vivants, la santé humaine, il est essentiel de comprendre ces processus (**Djouhr, 2022**). **Girard et al. (2020)** ont indiqué que seulement une portion des pesticides utilisés dans l'agriculture parvient à atteindre la cible visée, les substances qui restent (de 30% à 99%) se dispersent dans l'environnement.

Quand les pesticides sont pulvérisés sur une cible, il est possible qu'ils puissent pénétrer dans l'environnement. En entrant dans l'environnement, les pesticides peuvent être affectés par des processus tels que le transfert et la dégradation, la dégradation de ces derniers entraîne l'apparition de nouvelles substances chimiques qu'ils se déplacent du site pulvérisé vers d'autre milieux environnementaux ou des organismes non ciblés par le biais de divers processus ; transfert, l'adsorption, le lessivage, la volatilisation, la dérive de pulvérisation et le ruissellement (**Ahamad et al., 2023**).

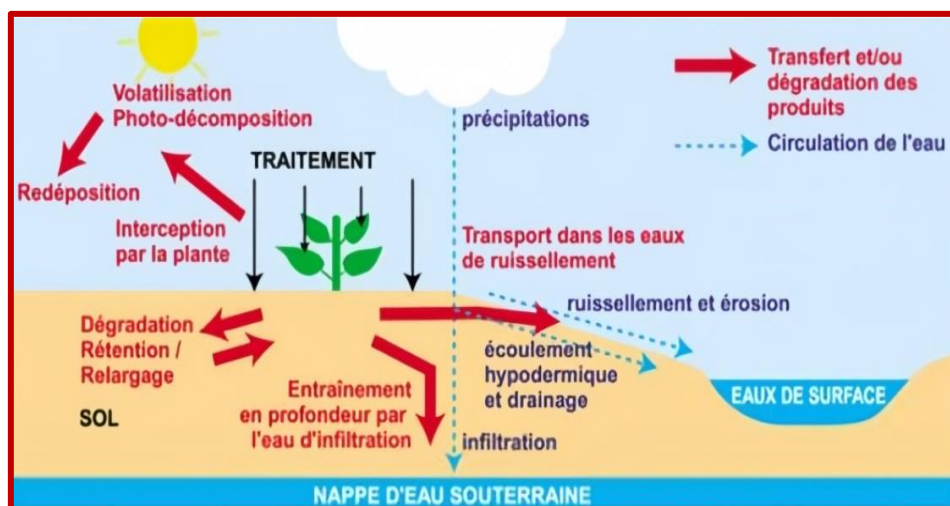


Figure 07: Les processus impliqués dans le devenir et le comportement des pesticides dans l'environnement (Malagnoux, 2014).

I.6 Les produits phytosanitaires en Algérie

La fabrication des pesticides en Algérie a été prise en charge par des entités autonomes de gestion des pesticides : Asmidal, Moubydal (Bouziani, 2007). Environ 400 produits phytosanitaires sont autorisés en Algérie, une quarantaine d'entre eux sont couramment utilisés par les agriculteurs. En effet, le marché des produits phytosanitaires ne cesse d'augmenter puisque 59,6 millions USD de pesticides ont été importés par l'Algérie en 2010, et environ 92 million USD en 2012, alors qu'en 2014 et 2015 le nombre s'élevait à près de 108 millions USD (Merabet, 2022).

I.7 Impact des pesticides sur la santé humaine

Les pesticides ont permis d'améliorer le niveau de la santé humaine en réduisant les maladies transmises par les vecteurs. Cependant, l'utilisation de ces produits à long terme a des conséquences néfastes sur la santé des êtres humains (Mahmood et al., 2016).

Bhat et al. (2023) ont précisé dans leur propre étude qu'il existe trois principales voies permettant aux pesticides de pénétrer dans le corps humain, à savoir :

- ⇒ La peau (par contact externe avec des pesticides).
- ⇒ Les poumons (par la respiration).
- ⇒ La bouche (par ingestion).

D'après Cherin et al. (2012), les pesticides ont des effets aigus qui sont principalement représentés par des brûlures chimiques oculaires, des lésions cutanées, des effets neurologiques, des troubles hépatiques...etc.

Selon plusieurs études, l'exposition aux pesticides peut avoir des effets nocifs sur le système nerveux, la reproduction, les systèmes respiratoire et cardiovasculaire chez l'être humain, aussi des maladies chroniques, comme le cancer du cerveau chez l'adulte, la leucémie lymphoïde (LLC), le cancer de la prostate, le cancer infantile, la maladie d'Alzheimer (MA), la maladie de Parkinson, les troubles de la reproduction et les déséquilibres hormonaux, les maladies respiratoires, les douleurs mammaires et l'infertilité ont également été rapportés (**Amenyogbe et al., 2021**).

Par ailleurs, **Dahab et al. (2017)** ont mentionné que ces effets sur la santé des humains varient en fonction de :

- ⇒ La nature de la substance.
- ⇒ La dose appliquée.
- ⇒ La voie d'exposition.
- ⇒ La sensibilité propre à chaque individu.

I.8 L'impact des pesticides sur l'environnement

Une quantité importante de pesticides appliquée sur les cultures est dispersée dans l'environnement, soit par dérive atmosphérique, lessivage ou ruissellement (**Choudhary et al., 2018**).

I.8.1 Contamination de l'atmosphère

L'usage intensif de produits phytopharmaceutiques pour protéger les cultures, est à l'origine de l'émission des composés plus ou moins dangereux pour l'environnement avec ces trois compartiments sol, eau et atmosphère. Ce dernier compartiment joue un rôle considérable dans la dispersion de pollutions engendrées par l'usage de ces molécules de synthèse. En réalité les pesticides ne contaminent pas exclusivement les endroits proches des cultures, mais aussi des endroits dépourvus de toute activité agricole (**Millet & Bedos, 2016**).

I.8.2 Contamination du sol

Après leur utilisation, la majorité des pesticides se retrouvent dans le sol, soit en raison de leur application direct, soit en raison du lessivage du feuillage des plantes. A cet effet, le sol joue un rôle essentiel dans le devenir et le comportement des pesticides, les processus clés qui déterminent le devenir de ces derniers sont ; la dégradation (biotique et abiotique) et la rétention qui sont conditionnées par les propriétés des molécules et des sols. Ces processus bio-physico-chimiques combinés permettent de déterminer la concentration des pesticides

dans la solution du sol et influencent ainsi leur déplacement vers les eaux superficielles ou souterraines ainsi que les effets écotoxicologiques qu'ils peuvent avoir sur les organismes du sol (Chaplain *et al.*, 2011).

I.8.3 Contamination des eaux de surface et des eaux souterraines

Le ruissellement des plantes et des sols traités permet aux pesticides de se propager dans les eaux de surface (Oguh *et al.*, 2020). En revanche la majorité des pesticides déplacent facilement avec l'eau s'enfonçant vers le bas à travers le sol, il y a une forte probabilité qu'ils atteignent les eaux souterraines (Lokesh & Madagoudra, 2021).

I.9 L'impact sur la biodiversité faunistique

L'expansion des pratiques agricoles qui se caractérisent par l'usage abusive d'intrants chimiques (pesticides) conduit à la disparition de la biodiversité (Pelosi *et al.*, 2014). Leur usage aléatoire peut avoir un impact sur les plantes et les animaux, allons des micro-organismes et insectes utiles du sol aux plantes non ciblées, en passant par les poissons, les oiseaux et d'autres animaux sauvages (Poudel *et al.*, 2020).

Tableau 04 : Effets néfastes des pesticides sur les espèces bénéfiques (Kankam, 2021).

Organismes/ Insectes	Avantages	Effets des pesticides	Références
Mammifères , hérisson	- Pollinisation - Lutte biologique contre les insectes nuisibles.	- Diminution des proies - Déshabitation due à l'influence indirecte des pesticides sur les milieux adjacents.	(Mathews <i>et al.</i> , 2018)
Coccinelle	- Agent de contrôle biologique de pucerons.	- Affecté par les pesticides non sélectifs.	(Di Vitantonio <i>et al.</i> , 2018)
Papillons	- Pollinisation - Bons indicateurs de santé de l'environnement.	- La mort direct - Déshabitation due à application de pesticides néonicotinoïdes.	(Braak <i>et al.</i> , 2018)
Abeilles	- Pollinisation efficace.	les produits chimiques entraînent une toxicité aiguë sur le terrain lors de la recherche de nourriture.	(Ndakidemi <i>et al.</i> , 2016)
Ver de terre	- Décomposition - Porosité et aération du sol.	- Déclin de la population - Diminution du poids.	(Science Daily, 2014)
Libellules	- Impact par prédation sur	- La diminution de la	(Nakanishi <i>et al.</i> ,

	les insectes nuisibles aquatiques	population de ces mouches est due principalement à l'application de pesticides Fipronil.	2018)
--	--------------------------------------	---	-------

II. Revue bibliographique sur les vers de terre

Dans la quasi-totalité des écosystèmes terrestres, les vers de terre font partie des principaux organismes responsables de la formation du sol (Ermolov, 2022), environ 7000 espèces de ver de terre ont été décrites par les scientifiques à l'échelle mondiale (Orgiazzi et al., 2016).

Ces organismes occupent une place importante dans la communauté du sol grâce à leur aptitude à modifier aisément l'environnement et à construire de nouveaux habitats adaptés à d'autres organismes par le biais de leurs multiples activités, c'est pour cela ils sont appelées « les ingénieurs du sol » (Zirbes & Haubruge, 2009).

À l'état actuel, 300 spécialistes à travers le monde se penchent sur l'étude des vers de terre, dont la majorité se préoccupent de leur écologie et de leur contribution aux écosystèmes terrestres (Lone et al., 2021).

II.1 Classification biologiques des vers de terre

Les vers de terre sont des organismes invertébrés appartenant à la famille des Lumbricidae, ils font partie de l'embranchement des Annélides (vers avec segments et se caractérisent principalement par leur corps formé d'une série d'anneaux), la sous-classe des Oligochètes (ceux qui ont peu de poils), l'ordre des Haplotaxida et au sous-ordre des Lumbricina, cette famille occupe une place prépondérante parmi les Oligochètes, elle est principalement constituée de vers terrestres (Edwards & Bohlen, 1996).

II.2 Classification écologique des vers de terre

Au départ, les catégories écologiques étaient initialement proposées par Marcel Bouché à travers ces deux publications (Bouché, 1971; Bouché, 1972), ensuite affiné ultérieurement par un article plus tardif (Bouché, 1977). L'article de 1971 met en avant les trois catégories principales (vers anéciques, endogés et épigés), la classification repose sur leur morphologie et leur emplacement dans les couches du sol.

II.2.1 Les épigées

Il s'agit de vers pigmentés de taille réduite (habituellement de 10 à 30 mm), ils habitent habituellement dans la litière de surface en s'alimentant sur des débris organiques qui s'y trouvent.

II.2.2 Les endogées

Il s'agit de vers peu ou pas pigmentés de taille différente (1 à 20 cm), ils habitent couramment dans les premiers centimètres du sol, où ils mettent en place des galeries temporaires horizontales en consommant de la fraction minérale du sol, avec une teneur variable de matières organiques.

II.2.3 Les anéciques

Il s'agit de vers de couleur brune, avec une taille allant de moyenne à géante (10 à 110 cm). Ils creusent des tunnels verticaux profonds à sub-verticaux de forme plus ou moins ramifiées, s'étendant en surface. Leur mode de vie est varié et s'alimentent de matières organiques prélevés en surface.

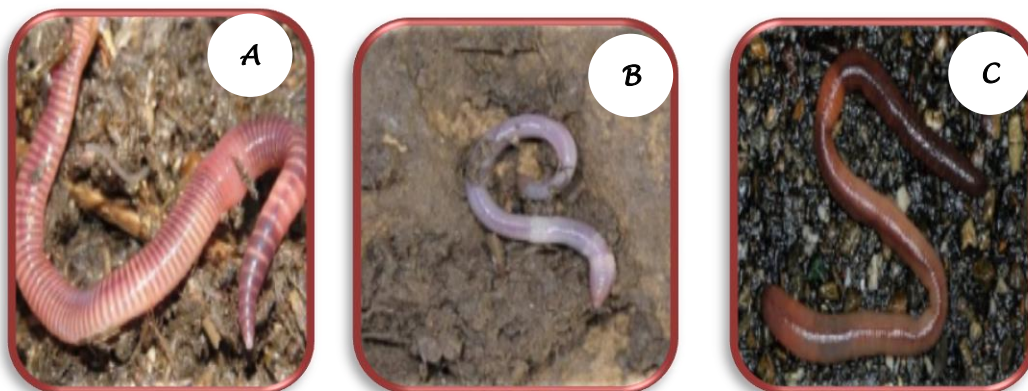


Figure 08 : (A) *Esenia fetida* (Eepigeic), (B) *Aporrectodea caliginosa* (endogeic), (C) *Lumbricus terrestris* (anecic) (Das et al., 2021).

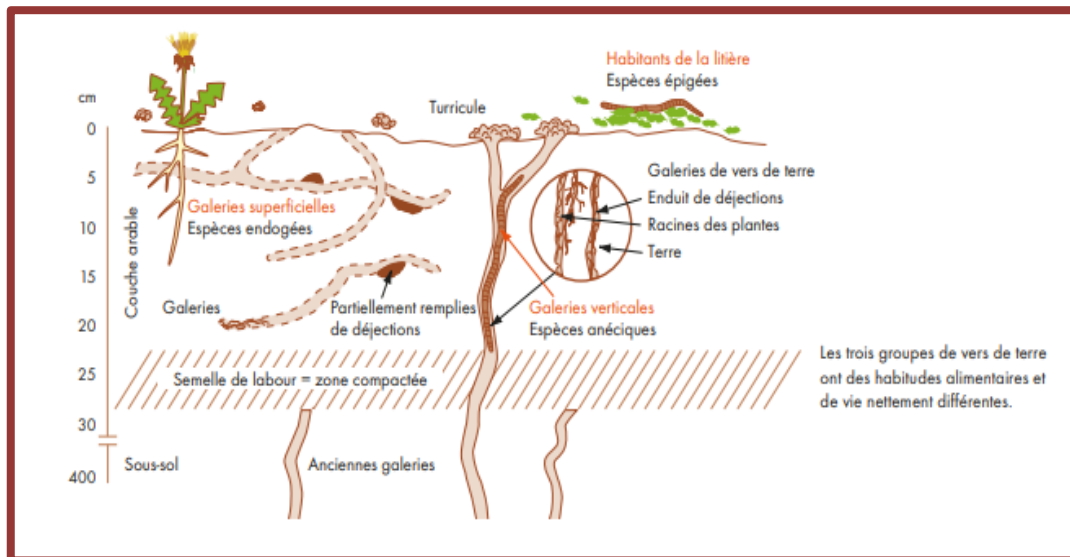


Figure 09 : Alimentation et comportement des trois catégories écologiques de vers de terre (Pfiffner, 2023).

II.3 Description de la morphologie générale des vers de terre

Les Oligochètes sont décrits comme des annélides segmentés métamériquement à l'intérieure et à l'extérieur de l'ensemble de leur corps, en absence de parapode, mais avec des soies réparties sur tous les segments à l'exception du péristomium et le périprocte, avec un vrai cœlome et un système vasculaire complètement fermé. Habituellement, ils sont hermaphrodites avec un faible nombre de gonades dans des endroits bien déterminé avec des conduits spéciales pour la sécrétion des produits sexuels ainsi qu'un clitellum qui libère des cocons dans lesquels les ovules et les spermatozoïdes seront déposés. Lorsqu'ils seront fécondés, ils se développent sans passer par un stade larvaire libre (Reynolds, 2022).

II.3.1 La structure externe

Généralement, la forme corporelle des vers de terre est cylindrique avec symétrie bilatérale (Edwards & Bohlen, 1996), de couleur rougeâtre (Desire, 1962). D'après des études américaines, les caractéristiques physiques et chimiques du sol influencent fortement la couleur des vers de terre (Reynolds, 1977).

Ils ont la capacité de ramper vers l'avant et de reculer, ils peuvent ainsi quitter leurs galeries facilement par la fixation de leur queue (Darwin & Perrier, 1882). Comme la plupart des oligochètes, les vers de terre ne possèdent ni yeux ni tête, néanmoins, ils possèdent une grande quantité de cellules sensorielles (Bazri & Touati, 2015). La bouche est le premier segment du corps (prostomium), le deuxième segment le péristomium, alors que le dernier est appelé le périprocte. En outre, dans la face dorsale de la partie antérieure existe un

renflement appelé le clitellum, alors que la partie postérieure comprend l'anus (Sims & Gerard, 1985).

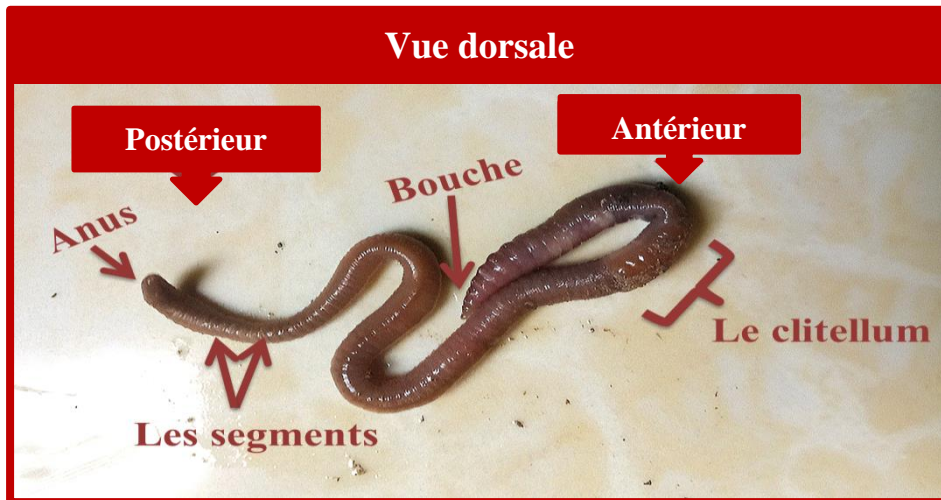


Figure 10: La structure externe d'un individu de ver de terre (Originale, 2024).

II.3.1.1 Le prostomium

Le prostomium se présente sous la forme d'une bosse ou d'un lobe, l'identification des espèces est facilitée par la forme de cette fonctionnalité, peut être employé comme un rabat pour protéger la bouche. Ce prostomium contient aussi des fonctions sensorielles, il sera employé pour faire entrer les aliments dans la bouche, les deux premiers segments sont dépourvus de soies (Crow, 2012).

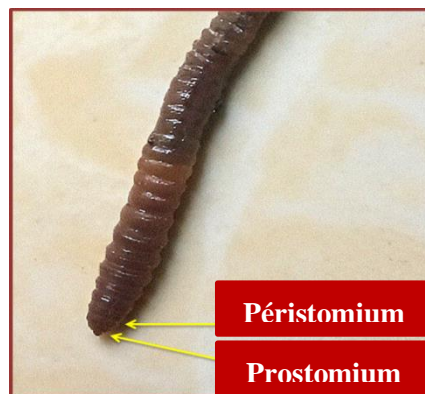


Figure 11: Prostomium et péristomium de ver de terre (Originale, 2024).

II.3.1.2 Le metastomium (soma)

C'est la partie principale du corps des vers de terre, chez les vers adultes le soma peut être séparé en trois zones essentielles (Sims & Gerard, 1999).

- **La zone antérieure (anté-clitélienne) :** cette zone renferme une grande quantité de cellules sensorielles, elle abrite le cerveau. Sa morphologie subit des modifications en

raison du développement musculaire, ce qui lui confère un rôle mécanique majeur pour permettre aux vers de terre de pénétrer dans le sol (Sims & Gerard, 1999).

- **Le clitellum** : il s'agit d'une transformation d'une série de segments antérieurs qui donne naissance à un anneau renflé, ce dernier libère un cordon muqueux qui assure le maintien du partenaire pendant la reproduction et pour créer un cocon sur lequel les œufs vont s'évoluer (Gauer, 2007). Ce renflement témoigne de la maturité sexuelle des vers de terre (Crow, 2012).
- **La zone postérieure (post-clitélienne)** : il s'agit d'une série de segments identiques, son rôle principalement est mécanique et digestif, elle aide les vers de terre à se fixer à l'orifice du terrier lorsqu'ils se déplacent au-dessus du sol (Sims & Gerard, 1999).

II.3.1.3 Soies

Les vers sont dotés de soies très rigides, avec un petit nombre et des formes peu diversifiées, déposées sur les tissus corporels et groupées deux à deux en huit rangées (disposition lombricienne), elles créent une ceinture plus ou moins complète au centre des segments (disposition périchétienne des Megascolecidae), ces soies participeraient au mouvement des vers (Bachelier, 1978).

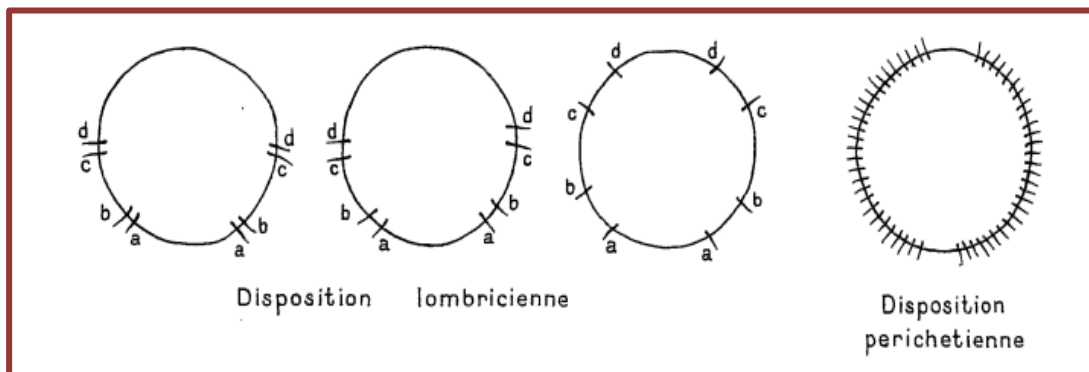


Figure 12 : disposition des soies chez les vers de terre (Bachelier, 1978).

II.3.1.4 Le pygidium

Caractérisé par l'absence de cavité coelomique, c'est pour cela il n'est pas classé comme un métamère. Il s'étend autour de l'anus (Sims & Gerard, 1999).

II.3.2 La structure interne

Le positionnement des organes internes du ver de terre indique que la partie antérieure abrite la majorité des organes vitaux de l'organisme, qui débute de la tête jusqu'au dernier segment du clitellum (Yesudhasan *et al.*, 2013). Les annélides ont fréquemment été décrits comme ayant un style de corps de « tube dans un tube » (Reynolds, 1977).

La paroi corporelle forme le tube externe, alors que le canal alimentaire forme le tube interne, les fonctions locomotrices et respiratoires sont assurées par le tube externe (**Bouché, 1972**), entre ces deux tubes se trouve la cavité corporelle secondaire désignée sous le nom du coelome, qui est séparé par un septum au sillon intersegmentaire à chaque segment. La cavité du coelome renferme un liquide dont la composition diffère d'une espèce à l'autre, les liens entre ces différents éléments sont maintenus par un système sanguin fermé et le système nerveux. Selon **Schraer (1987)**, il existe six systèmes différents chez le lombric: un système respiratoire, , nerveux, digestif, circulatoire, reproducteur et excréteur (**Figure 13**).

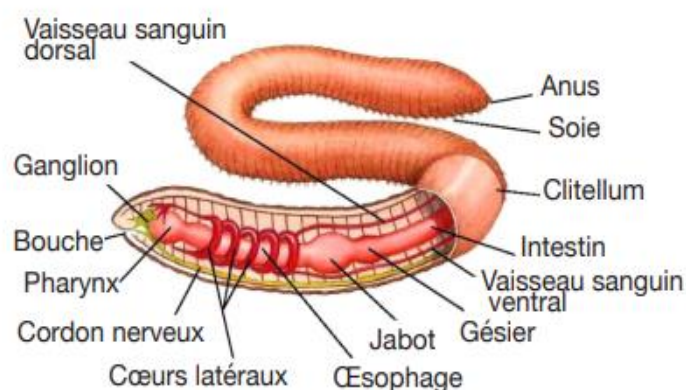


Figure 13 : la structure interne des vers de terre (**Byambas et al., 2017**).

II.3.2.1 Le système digestif (le canal alimentaire)

Il débute par la cavité buccale qui permet d'absorber les aliments par succion. Il abrite successivement le pharynx, l'œsophage, le jabot, le gésier, puis l'intestin qui se clôture par pygidium. La zone de l'œsophage est entourée par plusieurs pseudo-cœurs (**Crow, 2012**).

Tableau 05 : les différentes parties du tube digestif (**Nieberding et al., 2014**).

Région	Définition
Bouche	Entouré d'ectoderme
Pharynx	Dispose d'une paroi musculaire épaisse, qui facilite l'incorporation des débris végétaux, etc.
Œsophage	Conduit vers le jabot.
Jabot	Il favorise le stockage temporaire des aliments ingérés.
Gésier	Musclé, déchire les aliments et contient une paroi musculaire épaisse.

Intestin	Endroit où les nutriments sont absorbés, se finit par l'anus.
Glandes salivaires	Elles sécrètent des enzymes digestives qui seront déversées dans le pharynx.
Glandes calcifères	Garantissent la régulation ionique en précipitant du carbonate qu'elles envoient dans l'œsophage (de cette manière, le calcium ne sera pas réabsorbé dans le système digestif).

II.3.2.2 Le système respiratoire

Les vers de terre n'ont pas des poumons (comme nous), ni branchies (tels que les poissons ou les vers marins). En conséquence, il respire à travers leur peau très fine, c'est ce qu'on appelle une respiration cutanée. Néanmoins, il est essentiel que la peau soit humide pour permettre à l'oxygène de l'air de circuler librement à travers sa peau, le ver de terre libère du mucus, ce qui le rend visqueux au toucher. Il est évident que la respiration par la peau est moins performante que la respiration par les poumons, cependant, elle est adéquate pour satisfaire les besoins en oxygène des vers de terre qui sont plus faibles que nous (**Lallier, 2021**).

II.3.2.3 Le système nerveux

A l'inverse des vertébrés qui ont un cerveau centralisé, les vers de terre sont dotés d'un système nerveux simple décentralisé, témoignant la forme allongée et cylindrique de leur corps. Le cerveau (ganglion cérébral) des vers de terre se trouve à l'extrémité antérieure juste derrière la bouche, les fibres nerveuses sont envoyées le long du ver, ce qui forme la corde nerveuse ventrale. À travers ce cordon, chaque segment du corps renferme des ganglions (amas de cellules nerveuses), ces ganglions ont pour mission de gérer les informations sensorielles et de contrôler les activités motrices propres à ce segment.

Grâce à l'agencement segmenté, les vers effectuent des mouvements coordonnés ce qui permet de réagir rapidement aux stimuli environnementaux. Ce système est aussi doté de divers organes sensoriels qui peuvent détecter les variations de lumière, température, vibrations...etc, ce qui permet aux vers de terre de se déplacer dans son environnement, d'échapper aux prédateurs et a trouvé des sources d'alimentation (**Sourav, 2023**).

II.3.2.4 Système excréteur

Appelé néphridie, il comprend trois segments et chacun d'eux contient à son tour une paire de canalisation urinaire sinueuse. Chaque canal urinaire s'ouvre à l'extérieure à travers

un orifice excréteur le pygidium qui s'étend sur un autre orifice nommé anus (Yesguer, 2015).

II.3.2.5 Le système circulatoire

Leur système circulatoire des vers de terre est fermé, constitué de capillaires autour du tube digestif qui irriguent les divers organes, et aussi deux grands vaisseaux sanguins longitudinaux de grande taille ; l'un ventral et l'autre dorsal, et aussi des cœurs latéraux qui agissent en tant que pompe (Edwards & Lofty, 1972).

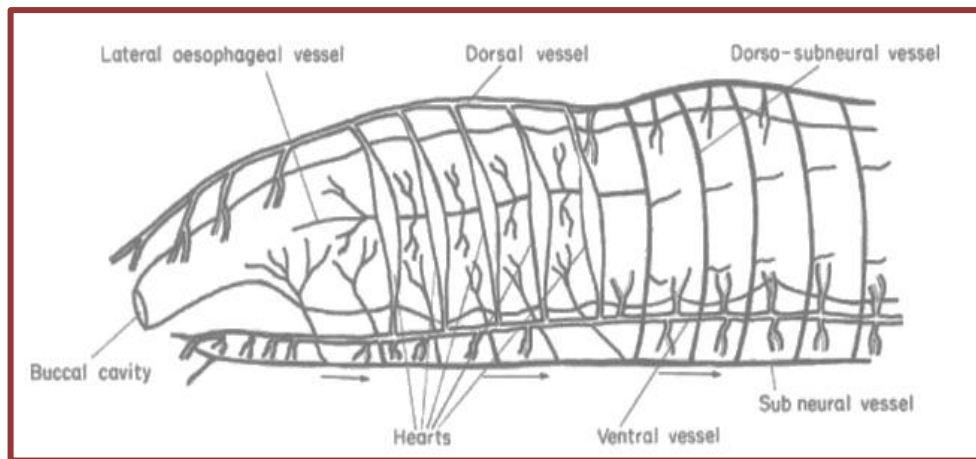


Figure 14: Le système circulatoire des lombrices (Edwards & Lofty, 1972).

II.3.2.6 Le système reproducteur

Les lombrices sont tous hermaphrodites, ils sont à la fois équipés par des gonades mâles (testicules) et femelles (ovaires) (Martin & Ait Boughrous, 2012). Il est inévitablement que certains espèces soient bi-parentales, comme c'est le cas de *Lumbricus terrestris*, tandis que certaines ont la capacité de se reproduire sans accouplement (autofertilisation ou bien parthénogénèse) (Fernández *et al.*, 2011; Sims & Gerard, 1999).

En effet, la parthénogénèse a été définie par Suomalainen (1950) comme « la transformation de l'ovule vers un nouvel individu sans fécondation ». Par ailleurs, Nieberding *et al.* (2014) ont précisé que lors de l'accouplement les vers de terre s'accrochent grâce à leur soies génitales puis s'accouplent tête-bêche, ventre-à-ventre, ils sont renforcé par la sécrétion du mucus par les clitellums.

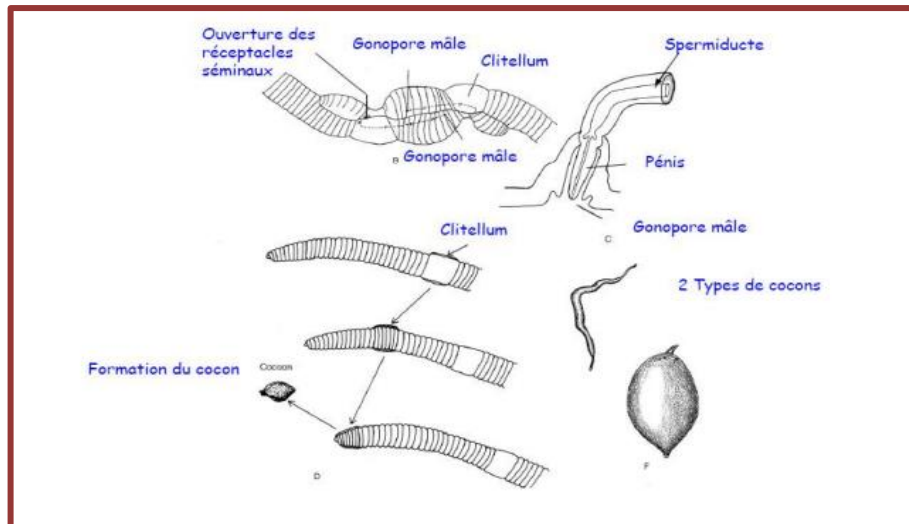


Figure 15: La reproduction et la formation des cocons chez les lombrics (Gauer, 2007).



Figure 16: L'accouplement chez les lombrics (Mittelberger, 2022).

II.4 Mode de déplacement des lombrics

Dans la cavité cœlomique, le liquide cœlomique agit comme un squelette hydrostatique, ensuite les muscles exercent leurs actions pour changer la forme du corps, des mouvements de contraction- relâchement s'étendent le long du ver et le poussent à avancer (péristaltisme), ce qui permet aux vers de terre de creuser dans leur galeries par leur extrémités antérieures (Nieberding et al., 2014).

II.5 Cycle de vie des vers de terre

Les vers de terre sont habituellement hermaphrodites capable de se reproduire par fécondation croisée. Lors de l'accouplement, un échange de spermatozoïdes se produira la

plupart du temps à la surface du sol. Après quelques jours, le clitellum se déplace le long de l'extrémité antérieure du ver (Cosín *et al.*, 2010). Après cela le cocon qui contient les gamètes mâles et femelles est libéré dans le sol sous la forme d'une capsule avec deux extrémités fermées (Pelosi, 2008).



Figure 17: Cocon d'un ver de terre (Originale, 2024).

Chaque année, les vers adultes en fonction de leur âge émettent plusieurs cocons (Svendsen *et al.*, 2005), tout dépend des conditions dans lesquelles se trouvent (Lee, 1985). Par exemple l'espèce *L. terrestris* peut générer entre 10 à 25 cocons par an en fonction de la température (Butt, 1993). Cependant, il est important de souligner que les cocons résistent bien aux conditions défavorables de température ou de précipitation (Edwards & Bohlen, 1996). Quelques temps plus tard, un ou plusieurs individus connus sous le nom de juvéniles, éclosent.

Au fur et à mesure, les juvéniles vont progressivement développer des caractéristiques sexuelles secondaires externes qui interviennent lors de l'accouplement, à ce moment-là, il sera un stade sub-adulte. Après cela, le clitellum se formera et permettra aux vers d'atteindre leur maturité sexuelle, afin de pouvoir se reproduire par la suite ; il acquiert alors l'âge adulte. La durée des quatre phases clés du cycle des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte), et la fécondité et la survie des vers sont étroitement liés à l'espèce considérée et surtout les conditions environnementales (Pelosi, 2008).



Figure 18: Cycle de vie d'un individu de ver de terre. (Originale, 2024).

II.6 Régime alimentation des vers de terre

La principale source de nourriture des vers de terre est les débris végétaux morts, tellement ils n'ont pas d'enzymes digestives pour dégrader les cellules de la matière végétale, ils ingèrent une quantité de la terre avec la biomasse végétale pour faciliter sa digestion. Afin de satisfaire leurs besoins quotidiens en calories, ils doivent manger entre 20 à 30 fois leur propre poids, étant donné que les vers de terre ne possèdent pas de dents, ils ne peuvent pas se nourrir sur les racines. C'est pour cette raison qu'ils nécessitent une alimentation riche en biomasse végétale tels que les feuilles mortes, fumier en décomposition...etc (**Pfiffner, 2023**).

Globalement, il existe deux catégories de nutrition pour les vers de terre ; les détritivores qui se nourrissent de débris végétaux en dégradation et les géophages qui absorbent des quantités importantes de terre renfermant de la matière organique (**Curry & Schmidt, 2007**).

II.7 La régénération des vers de terre

Un grand nombre de vers de terre peuvent se régénérer facilement. Lorsque le corps est séparé en deux parties, celle qui est supérieure est capable de former une nouvelle queue, par contre la partie inférieure n'a pas la capacité de développer une nouvelle tête (**Puranik & Bhate, 2007**). La présence de cellule souches connus sous le nom de néoblastes est essentiel pour la régénération au sein de la famille des lombricidés (**Jamshidi et al., 2014; Myohara, 2012**).

II.8 La période d'activité

L'activité reproductive des vers de terre est plus intense pendant le mois de mars – avril et en septembre-octobre (**Pfiffner, 2023**), le sol doit rester humide et à une température d'environ 10°C (optimum de 12°C) (**Vigot & Cluzeau, 2014**), lorsqu'il fait sec, les vers de terre s'enfoncent profondément dans le sol. Au printemps, la vie redevient normale grâce à l'adoucissement du climat (**Potvin & Lilleskov, 2017**). Alors qu'en hiver, il s'éloigne dans la zone nom gelée de leur galerie ils se mettent alors en mode « veilleuse » (**Pfiffner, 2023**).

II.9 Intérêt des lombrics

Les vers de terre sont cruciaux pour l'équilibre des sols agricoles et forestiers, les différents rôles jouer par les vers de terre sont montré dans la **Figure 19** (**Ponge, 2016**).



Figure 19 : Les différentes fonctions des vers de terre (Kumar et al., 2020).

II.9.1 Formation du sol

Les vers de terre participent à l'évolution du sol à travers leurs services multiples tels que la dégradation des minéraux et la formation d'humus (Blouin et al., 2005; Pop, 1998). Il contribue non seulement à la formation du sol, mais aussi à améliorer sa structure en le rendant plus résistant à l'érosion (Le Bayon et al., 2002).

II.9.2 La porosité du sol

Le système des terriers des vers de terre joue un rôle primordial dans l'amélioration de la porosité du sol en changeant ses caractéristiques. A titre d'exemple, les pores créés par le mouvement péristaltiques des vers de terre affectent fortement la dégradation des matières organiques, le taux d'absorption d'eau, la répartition des nutriments et les échanges d'air lors de la respiration des végétaux et stimule ainsi le développement des racines (Jégou et al., 2002).

II.9.3 Infiltrations de l'eau

La porosité du sol joue un rôle essentiel dans l'infiltration de l'eau (Gupta & Kumar, 2018), la géométrie et les caractéristiques spatiales du système de terriers des vers de terre déterminent également le taux d'infiltration de l'eau (Chan, 2004).

II.9.4 Décomposition de la matière organique

Les vers de terre sont impliqués dans l'altération de la matière organique du sol, ils dégradent les grandes particules du sol, les débris végétaux et toutes sortes de matière organique et de particule (Edwards & Bohlen, 1996; Furlong et al., 2002).

II.9.5 Formation d'humus

En fonction des conditions environnementales et les espèces de vers de terre, les matières organiques peuvent se transformer en humus en quelques mois plus tard (**Canellas et al., 2002**).

II.9.6 Suppression des maladies et des ravageurs transmis par le sol

L'agriculture est souvent confrontée à un problème majeur de nématodes parasites des plantes, qui réduisent le rendement des plantes et provoquent des pertes économiques d'une valeur dépassant 100 milliards par an (**Barker, 2003**). Ces populations sont contrôlées indirectement par les vers de terre (**Räty & Huhta, 2003**).

II.9.7 Cycle des nutriments

La minéralisation du sol est directement influencée par les vers de terre grâce à leurs cadavres et de leurs déchets métaboliques (tel que le plâtre et le mucus ; qui contiennent de l'ammonium, de l'allantoïne), et aussi indirectement en modifiant les caractéristiques du sol (**Blouin et al., 2013**).

II.9.8 Croissance des plantes

Les terriers des vers de terre font partie des éléments qui affectent positivement la croissance des plantes (**Meysman et al., 2006**), ils les utilisent pour stimuler leur racines et leur respiration (**Lavelle et al., 1998**).

II.10 Stratégies d'évaluation de la toxicité par les pesticides

Selon **Vindimian (1996)**, si on cherche à préserver les écosystèmes des agressions extérieures, habituellement liées à l'action anthropique qui altère leurs fonctionnements biologiques, la solution la plus simple consiste à rechercher les témoins de ces perturbations au sein des organismes vivants, cela est à l'origine de la notion de bio-surveillance.

La bio-surveillance (selon les anglophones ; bio-monitoring) est défini comme l'application à tous les stades de l'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un groupe d'organisme afin d'anticiper une dégradation de l'environnement et d'en suivre son évolution (**Garrec & Delzenne-Van Haluwyn, 2002**).

II.10.1 Utilisation des vers de terre en biosurveillance

Les vers de terres constituent une grande proportion de la biomasse animale des sols, ils jouent également un rôle crucial dans leur fonctionnement et leur évolution. Cependant, ils sont immédiatement en contact avec les polluants du sol, que ce soit par contact cutané (peau) ou par ingestion de l'eau ou du sol potentiellement contaminés (**Chevillot, 2017**). Ce qui les qualifie d'espèces sentinelles de la pollution des sols.

Plusieurs types de bio-essais peuvent être pratiqués à savoir : tests de toxicité aiguë, de toxicité chronique, ou encore mesure de biomarqueurs par exemple. L'objectif de l'utilisation des biomarqueurs est de déterminer si l'exposition des vers à des sols entraîne des variations de certains de leurs marqueurs. Ainsi, cela nous permet d'identifier des effets moléculaires et de différencier les sols. Différents marqueurs du stress oxydant, du métabolisme et du système nerveux sont étudiés. Enfin, la génotoxicité permet quant à elle de vérifier si le sol peut entraîner des modifications génétiques sur les vers (**Charissou et Chesnot, 2013**).

Chapitre 02 :
Partie Expérimentale

III. Partie Expérimentale

Ce modeste travail a pour but d'évaluer l'effet de différentes doses d'un fongicide (ORTIPLUS) sur la teneur en protéines et l'activité des glutathion S-transférases chez l'espèce *Aporrectodea trapézoides*.

Pour cela, nous avons adopté la démarche suivante :

- ⇒ Analyse physicochimique du sol du site d'échantillonnage des vers de terre
- ⇒ Enquête sur terrain auprès des agriculteurs et des vendeurs de pesticide.
- ⇒ Identification des individus de vers de terre échantillonnés
- ⇒ Choix du fongicide (ORTIPLUS)
- ⇒ Application de diverses doses du pesticide choisi
- ⇒ Dosage des paramètres biochimiques chez les vers de terre.

Cette étude a été menée au sein des laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre (SNV-ST) de l'Université de Bouira.

III.1 Présentation du site d'échantillonnage

Les échantillons de vers de terre sont prélevés à partir d'un jardin localisé dans la commune d'Aïn El Hadjar à environ 09 km de la wilaya de Bouira au nord-centre d'Algérie. Il s'agit d'un terrain naturel qui n'a jamais été soumis à un traitement phytosanitaire et qui renferme une grande abondance de vers de terre.

Les coordonnées géographiques du site d'échantillonnage sont les suivantes :

- ⇒ Latitude : 36°23'40'' N.
- ⇒ Longitude : 3 ° 46'07''E.
- ⇒ Altitude : 728.1 m.

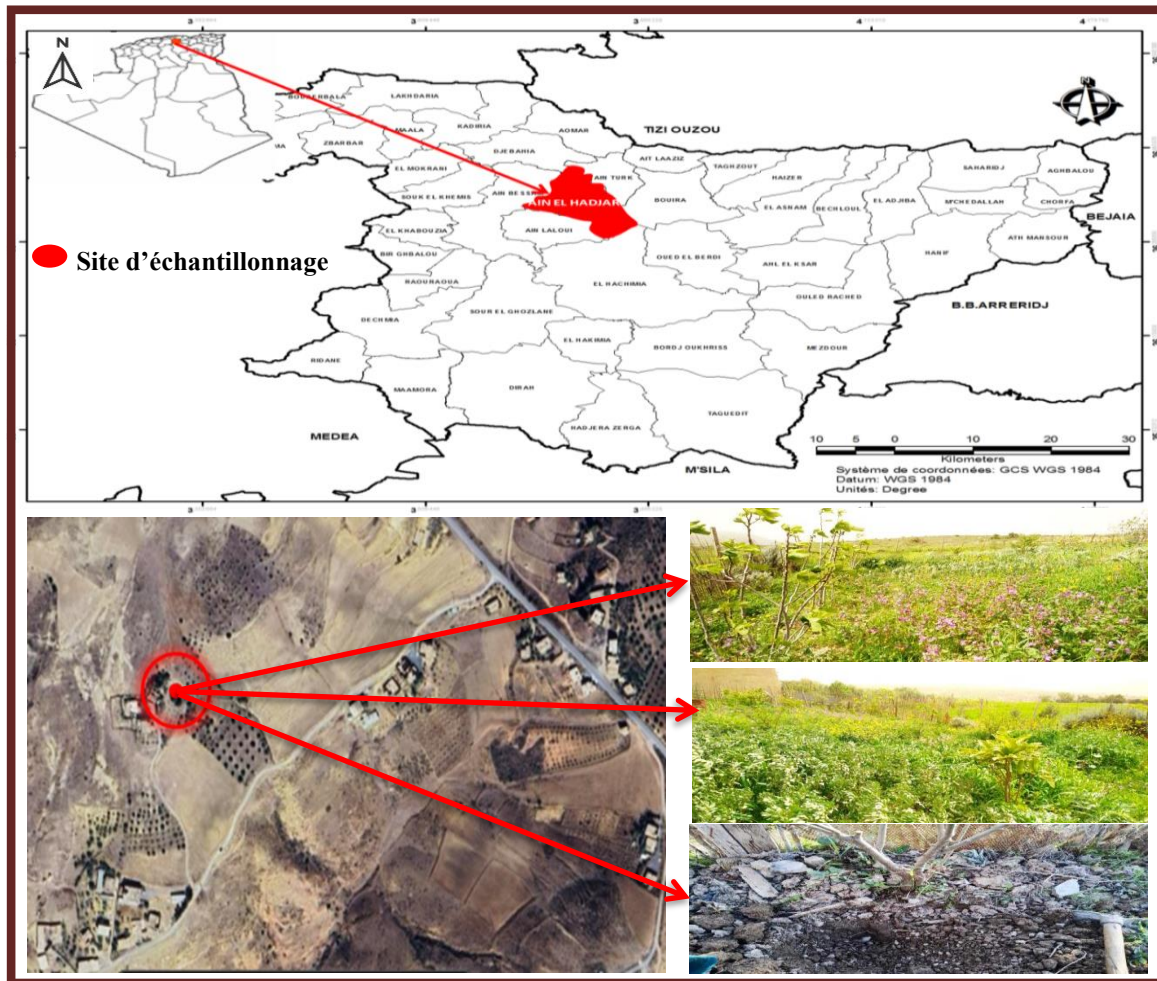


Figure 20: Localisation géographique du site d'échantillonnage (Google Earth,

III.2 Prélèvement du sol

Afin de mieux interpréter nos résultats et garantir la fiabilité des tests de toxicité, il est essentiel de connaître les facteurs naturels environnementaux qui peuvent influencer la dynamique des espèces existantes. A cet effet, un prélèvement de sol pour l'analyse physico-chimique a été effectué sur le même site d'échantillonnage des vers de terre.

Après avoir retiré les gros résidus végétaux (Figure 21), le sol est prélevé à une profondeur de 30 cm (B) à l'aide d'une pelle et une Binette (A). La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre numérique (D). La première opération du prélèvement a eu lieu le 28 janvier 2024 (C).



Figure 21: Matériel utilisé sur terrain pour le prélèvement du sol.

(A) Pelle et binette (B) Le décimètre (C) Opération de prélèvement (Originale, 2024).

III.3 Les analyses physico-chimiques du sol

Les échantillons du sol prélevés ont été séchés à l'air libre (A) et acheminé vers le laboratoire pour être tamisés afin de préparer la terre fine (fraction ≤ 2 mm de diamètre) (Annexe 02).

Les paramètres physico-chimiques du sol analysés ainsi que les méthodes utilisées sont résumés dans le **Tableau 06**.

Tableau 06 : Les différents paramètres physico-chimiques du sol analysés.

N°	Paramètres analysés	Méthodes
01	Température	Mesurée en utilisant un thermomètre numérique avec sonde.
02	Humidité de champ	Méthode gravimétrique basée sur la différence des poids des échantillons de sol récupérés directement du terrain avant et après séchage à 105°C.
03	Humidité à la capacité de rétention	Méthode gravimétrique qui prend en considération la masse d'eau maximale que le sol peut contenir dans sa porosité (réserve utile).
04	Calcaire totale	Méthode volumétrique en utilisant le calcimètre de BERNARD, elle est basée sur la réaction caractéristique des calcaires en présence de l'acide chlorhydrique (HCl).
05	Conductivité électrique	Méthode basé sur le principe de la conductance, avec un rapport (terre/eau) = 1/5.
06	pH	Méthode potentiométrique en utilisant un pH mètre à électrode de verre sur des extraits dilués à 1/2.5.

07	Porosité totale	Méthode de calcul à partir des mesures de la densité apparente réalisée sur des agrégats (méthode à la paraffine) et de la densité réelle (fixée à 2.65).
08	Carbone	Méthode par perte au feu : après une déshydratation de l'échantillon, puis une calcination. La combustion de la matière organique s'effectue entre 220°C et 450°C.
09	Texture du sol	Méthode internationale à la pipette de ROBINSON basée sur le principe de la sédimentation (Loi de Stokes, 1851).

Il convient de signaler que chacun de ces paramètres a été mesuré à travers trois répétitions.

Selon la carte pédologique réalisée par **Durand (1954)**, le sol échantillonné à Ain El Hadjar (anciennement dénomé « Aboutville »), appartient à la classe des sols Calcimagnésiques (**Figure 22**).

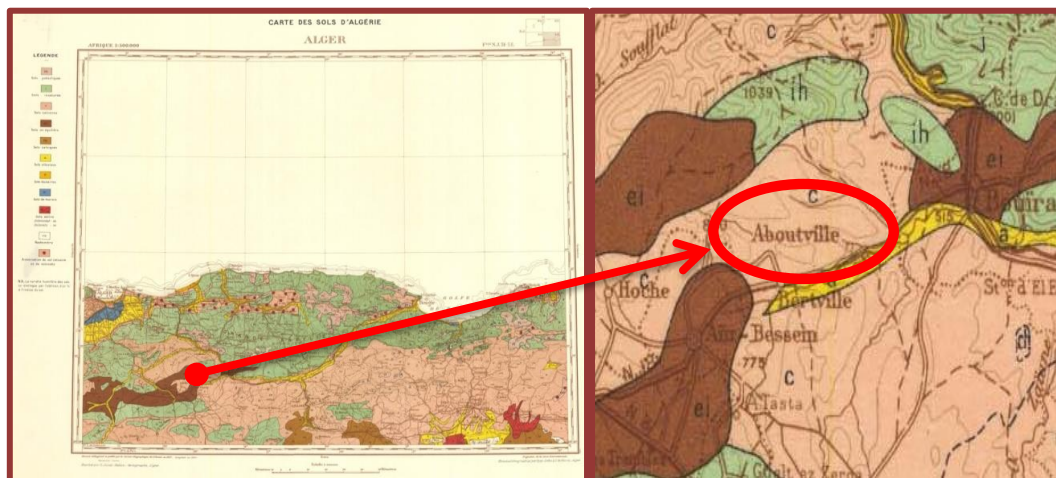


Figure 22: Carte des sols d'Algérie (**Durand, 1954**)

III.4 Choix du contaminant

Le pesticide utilisé dans notre étude est choisi selon une enquête au niveau de la wilaya de Bouira (**Figure 23**). Cette dernière a été établie sur le terrain auprès des agriculteurs et les points de vente de produits agricoles dans plusieurs communes (Ain El Hadjar, Oued El Berdi, El Hachimia, Ain Bessam, Bouira ville, Djebahia) (**Annexe 01**). L'enquête a démontré que les insecticides sont les plus utilisés dans l'activité agricole dans cette wilaya suivis par les fongicides.

Parallèlement, les travaux de recherche ayant fait recours à l'utilisation des fongicides pour évaluer leur potentiel toxique sur les vers de terre sont rares et limités ; la plupart des études d'écotoxicité menées auparavant sur les vers de terre mettaient l'accent sur le choix des insecticides, en raison de leur impact affirmé sur ces derniers.

Raison pour laquelle, nous avons opté pour le choix d'un fongicide notamment ORTIPLUS qui est le plus utilisé parmi eux dans cette région agricole.



Figure 23: Quelques photos prises lors du déroulement de l'enquête dans la wilaya de Bouira.

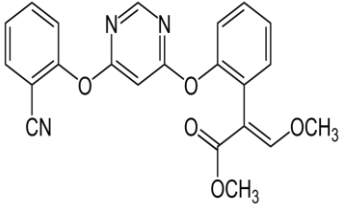
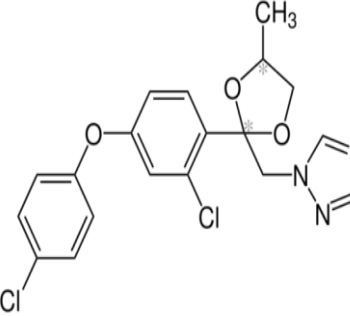
III.4.1 Présentation du fongicide ORTIPLUS

ORTIPLUS est un fongicide à usage préventif et curatif, associant deux matières actives complémentaires (azoxystrobine 20% et difenoconazole 12.5%). L'azoxystrobine fait partie de la famille chimique des strobilurines et le difénoconazole fait partie de la famille des triazoles, ce qui permet un haut niveau de protection contre les maladies fongiques des cultures maraichères, arboricoles et viticoles.



Figure 24: Fongicide utilisé dans notre teste (ORTIPLUS).

Tableau 07: Caractéristiques des deux matières actives D'ORTIPLUS.

Matière active	La structure chimique	Fonction principale
<p>Azoxystrobine</p>	 <p>(Ali <i>et al.</i>, 2015)</p>	<p>Cette matière active a pour but de bloquer la respiration cellulaire au niveau des mitochondries.</p>
<p>Difenoconazole</p>	 <p>(Abdallah <i>et al.</i>, 2023)</p>	<p>La plante absorbe rapidement cette matière active, qui est ensuite transférée à la sève pour être distribuée dans toutes les feuilles. Elle s'occupe du contrôle des champignons à l'intérieur de la plante et intervient avant que l'haustori ne pénètre dans la cellule. Ainsi qu'elle empêche la formation de stérols dans la membrane cellulaire.</p>

III.5 Echantillonnage des vers de terre

L'échantillonnage des vers de terre a été réalisé durant les mois de février et mars, lors des périodes d'activité des vers de terre, en particulier les jours pluvieux. Un total de 300 vers de terre en bonne santé ont été prélevés (**A**), dont 280 sont adultes (doté d'un clitellum bien développé) et 20 juvéniles (**B**). Cette opération est réalisé en utilisant la méthode physique de (**Bouché, 1972**) et qui consiste à :

- ⇒ Une élimination complète des mauvaises herbes et d'autre débris végétaux présents sur le lieu de prélèvement.
- ⇒ Creuser le sol jusqu'à ce que la cavité atteigne une profondeur de 30 cm, là où les vers de terre se trouvent en grande quantité.
- ⇒ Ramasser les vers de terre adultes en triant soigneusement le sol.

Les vers de terre sont ensuite placés directement dans un récipient en plastique (C), rempli par un volume du sol et quelques adventices retirés de leur milieu de vie, puis enfin transférés vers l'élevage.

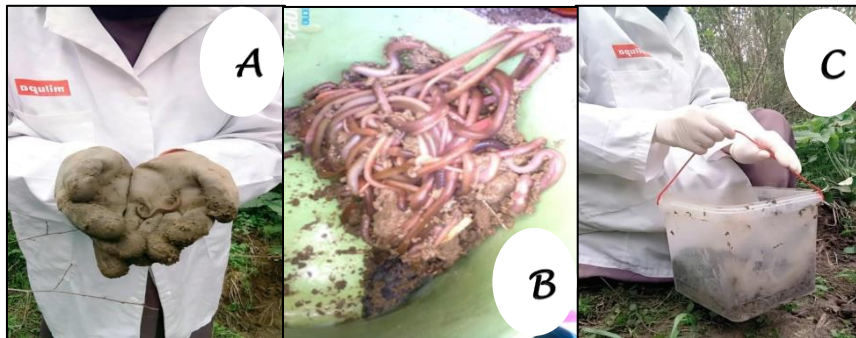


Figure 25: Echantillonnage des vers de terre.

(A) La collecte manuelle des vers de terre (B) Recensement des vers collectés après chaque échantillonnage (C) Dépôts des vers de terre dans des récipients en plastique (Originale, 2024).

L'élevage des lombricidés a duré presque 02 mois, période permettant l'acclimatation et l'adaptation aux conditions d'alimentation, de température et d'éclairage identiques à celle de l'essai. Durant cette période les vers sont alimentés par les adventices et une eau provenant d'un puits situé dans le même jardin.

III.5.1 Identification des échantillons de lombriciens par spécialiste

Des individus de vers de terre sont bien conservés individuellement avec de l'éthanol à 75% et envoyés au Laboratoire d'Ecologie de la Faculté SNV de l'Université de Constantine1-Frères Mentouri. L'identification est opérée par le Pr. BAZRI Kamel-Eddine, en se basant sur les clés de **Álvarez (1971)** et **Bouché (1972)**. Les principaux critères pris en considération sont la couleur, le type de prostomium, la position des pores masculins, les soies, le 1^{er} point dorsal, le clitellum et les papilles.



Figure 26: Conservation des vers de terre et leur observation sous microscope.

III.6 Préparation des concentrations D'ORTIPLUS

En agriculture, le fongicide Ortiplus est appliqué à une proportion de 10 ml pour chaque 6 litres d'eau, contenant 20% d'azoxystrobine et 12.5% de difenoconazole (matières actives) par litre de produit. Afin de reproduire les mêmes conditions sur le terrain, il est nécessaire que les concentrations utilisées dans ces expériences soient égales ou inférieures à celles rencontrées dans l'environnement. Les quatre doses inférieures calculées en fonction de la décroissance logarithmique sont les suivantes :

« **Dose 01** :1.66 ml/l, **Dose 02** :0.83ml/l, **Dose 03** :0.42ml/l, **Dose 04** :0.21ml/l ».

III.7 Préparation des vers de terre pour les dosages biochimiques :

Les individus adultes de vers de terre sont partiellement immergés dans l'eau pendant 24 heures dans le but de vider leur tube digestif (**Panda & Sahu, 1999**). Un lot de 15 individus de taille et de poids équivalents est placé dans chaque boîte en plastique contenant 500 g de sol.

Afin d'éviter tout contact direct avec les vers de terre, les différentes doses de pesticide 12.5% (1.66 ml/l), 25% (0.83ml/l), 50% (0.42ml/l), 100% (0.21ml/l) sont appliquées environ 30 minute après la mise des vers de terre dans les boîtes, le temps nécessaire pour que les vers de terre creusent et filent vers la profondeur de la boîte. Ainsi tout vers de terre restant à la surface doit être remplacé.

Pour une meilleure exploitation des résultats nous avons fait trois répétitions pour chaque concentration y compris les boîtes témoins, ces dernières sont aspergées d'eau distillée. Toutes les boîtes sont recouvertes d'un couvert de plastique perforé pour permettre l'aération.

Au cours de ce travail un seul test est effectué, il s'agit d'un test de toxicité aigüe.

III.7.1 Test de toxicité aigüe

Il s'agit d'un essai de toxicité dans lequel la mesure de la teneur en protéine ainsi que l'activité des glutathion S-transférases sont réalisées après des durées de 24, 48 et 72 h et où 05 individus sont collectés de chaque boîte pour effectuer le dosage biochimique (3 répétitions pour tester l'effet dose/période).

Les échantillons de vers de terre sont ensuite lavés avec de l'eau distillée, placés dans des tubes contenant chacun 1 ml de tampon phosphate et conservés au congélateur jusqu'à l'analyse biochimique. Il convient de signaler que les vers de terre sont écrasés manuellement à l'aide d'un mortier avant l'analyse biochimique.

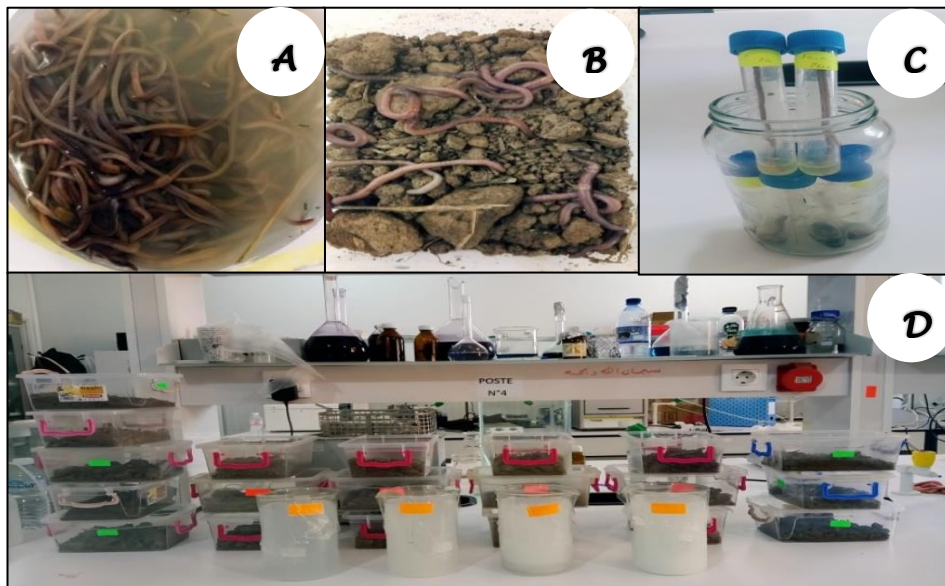


Figure 27: Préparation des vers de terre pour le dosage biochimique.

(A) Vers de terre immergés dans l'eau (B) Vers de terre placés dans des boîtes en plastique (C) Vers conservés dans des tubes à centrifuger (D) Enceinte des Biotests.

III.8 Dosage biochimique

III.8.1 Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines totales est réalisé en utilisant la méthode de **Bradford (1976)**. Cette méthode consiste à ajouter dans une fraction aliquote de 100 μ l, 4ml de réactif du bleu brillant de Commassie (BBC) G 250 (Merck). Ce dernier met en évidence la présence des protéines en les colorants en bleu. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée en utilisant une solution d'albumine de sérum de bœuf (BSA) titrant 1 mg/ml (**Tableau 08**).

Tableau 08: Dosage des protéines totales chez les vers de terre: réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution standard d'albumine (μ l)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4ml	4ml	4ml	4ml	4ml	4ml
Quantité d'albumine (μ g)	0	20	40	60	80	100

III.8.2 Dosage des glutathion S-transférases

Les glutathion-S-transférases (GSTs) est une famille d'enzymes qui ont de multiple fonctions, particulièrement cytosoliques, engagées dans divers opérations de transports et de biosynthèse dans la cellule. Elles jouent un rôle essentiel dans la détoxification des xénobiotiques ; elles sont souvent impliquées dans la conjugaison des molécules électrophiles avec le glutathion réduit (GSH). Les produits sont ensuite transformés en acide mercapturique et excrétés au niveau de la bile et des urines (**Habig *et al.*, 1974**).

Les adultes de vers de terre témoins et traitées sont prélevés à différentes périodes (24h, 48h, 72h) et centrifugé à 1400 trs/min à 4°C pendant 30 min, le surnageant est utilisé pour le dosage de l'activité des GSTs.

Le dosage est effectué selon la méthode de **Habig *et al.* (1974)**. Il s'agit de faire réagir les GSTs avec un mélange CDNB (20mM) /GSH (100mM). La lecture de la densité optique est effectuée toutes les 1 min pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm.

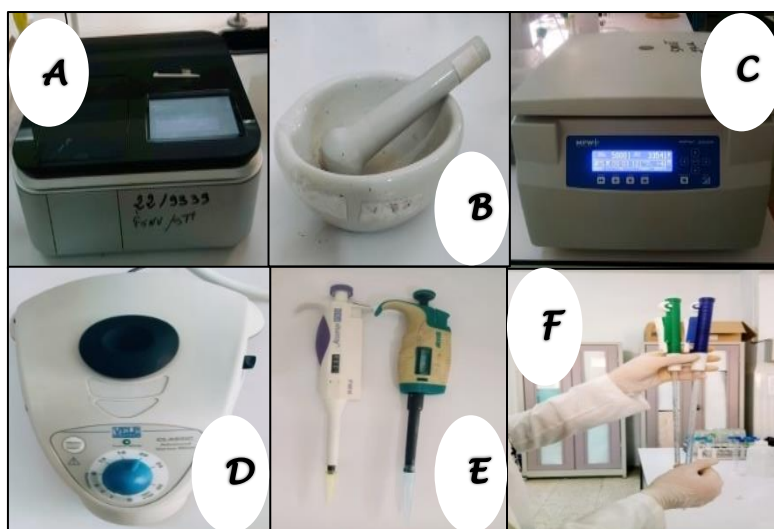


Figure 28: Matériels utilisés pour le dosage biochimique.

(A) Spectrophotomètre (B) Un mortier (C) Centrifugeuse (D) Vortex (E) Micropipettes (1000 μ l et 200 μ l) (F) Pro-pipettes

Chapitre 03:

Résultats et Discussion

Ce chapitre est séparé en deux parties principales. La première, aborde les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques du sol ainsi que les résultats de l'enquête et de l'identification spécifiques des vers de terre. Elle comprend également les résultats du dosage des protéines et de l'activité des glutathions-S-transférase d'*A. trapezoides*.

Quant à la deuxième partie, elle propose une discussion approfondie des résultats qui sont présentés sous forme de tableaux, de graphes ou d'images originales.

IV. Résultats

IV.1 Les analyses physico-chimiques du sol

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol effectués sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 09: Résultats des analyses physico-chimiques du sol.

Paramètres analysés		Résultats obtenus
Température du sol		12.2°C
Humidité du champ		18.61%
Capacité de rétention en eau du sol		47.19%
Calcaire total		53.11%
Porosité totale		47.55%
CE (1/5)		0.11 (ds/cm)
pH		8.16
Matière organique		3.58%
Analyse granulométrique	Argile	57.22 %
	Limon fin %	27.80 %
	Limon grossier %	2.54 %
	Sable fin %	6.298 %
	Sable grossier%	2.54 %
	La texture du sol	Argileuse

D'après les résultats affichés ci-dessus, il semble que les vers de terre échantillonnés préfèrent de vivre dans des sols à températures moyennes (environ 12°C), avec un niveau d'humidité élevé (Humidité du champ égale à 18.61%) et une capacité de rétention en eau considérablement forte (47.19%). Cette dernière caractéristique est due aux teneurs très élevées en Argile (texture argileuse). De plus, ils s'adaptent très bien aux sols alcalins (pH de 8.16), très riches en calcaires ($\text{CaCO}_3 = 53.11\%$), faiblement salé ($\text{CE} = 0.11\text{dS/cm}$) et très riche en matière organique (Teneurs en matière organique avoisinant les 4%). Il s'avère que les vers de terre ont très bien accomplis leur mission de bioturbation en créant de la porosité allant jusqu'à 47 %.

IV.2 L'enquête

L'enquête effectuée sur terrain auprès de 20 agriculteurs et 20 vendeurs a permis d'obtenir de nombreuses informations cruciales sur les produits phytosanitaires les plus vendus et les plus utilisés par les exploitants agricoles, Ces données ont contribué dans le choix du pesticide à tester.

IV.2.1 Les pesticides les plus utilisés par les agriculteurs

La **Figure 29** illustre clairement que les insecticides sont les plus utilisés par les agriculteurs avec 85%, suivis par les fongicides qui sont utilisés par 60% des agriculteurs et les herbicides qui sont utilisés par 50% d'entre eux. Toutefois, les autres produits (Acaricide et autres) sont les moins utilisés par les agriculteurs, chaque catégorie étant utilisée par seulement 10% des agriculteurs.

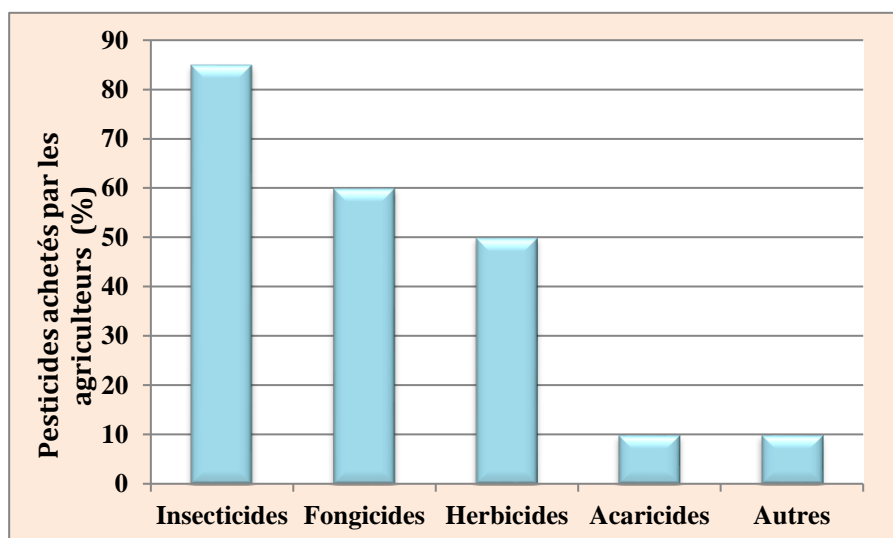


Figure 29: Répartition des pesticides les plus achetés par les agriculteurs.

IV.2.2 Les pesticides les plus vendus par les vendeurs

La Figure 30 démontre clairement les pesticides les plus vendus par les vendeurs, les résultats obtenus confirment ceux déclarés par les agriculteurs, 55% des ventes sont représentés par les insecticides, par la suite les fongicides qui représentent 30% des ventes, tandis que les herbicides viennent en dernière position avec 15% des produits vendus. On tient à signaler qu'aucune vente d'acaricide n'a été enregistrée.

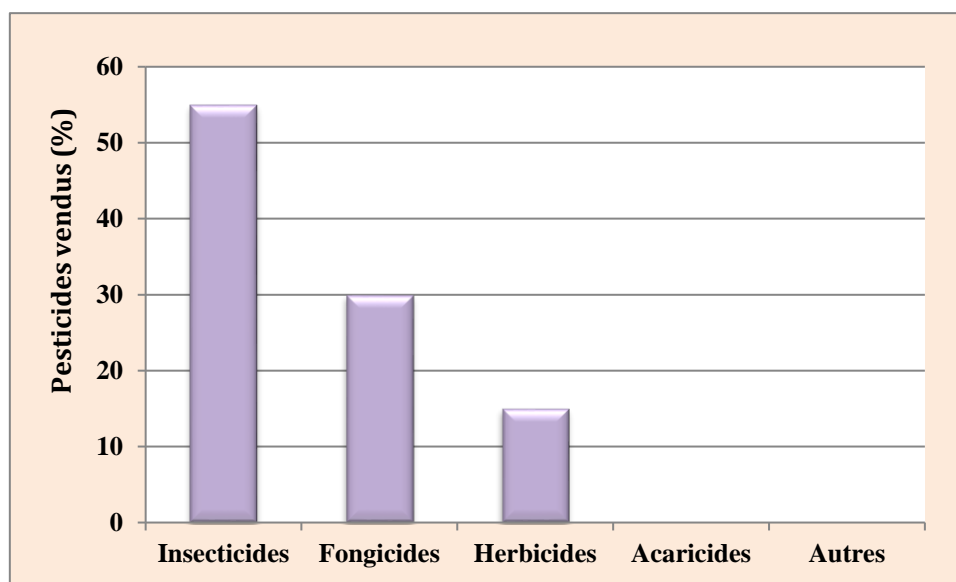


Figure 30: Répartition des pesticides les plus vendus par les vendeurs.

IV.2.3 Les critères à considérer par l'agriculteur lors de l'achat des produits phytopharmaceutiques

Les agriculteurs enquêtés affirment tous que l'efficacité du produit est leur principale préoccupation lors de l'achat d'un produit (Figure 31). Quant aux autres critères de choix, ils sont très faiblement pris en compte ; 35% des agriculteurs achètent les pesticides pour leur facilité d'emploi, tandis que 25% des agriculteurs accordent de l'importance au degré de sélectivité. Nous remarquons que les critères liés à l'environnement (risques environnementaux et toxicité) sont les moins considérés. Ils représentent ensemble 15% des critères d'achat.

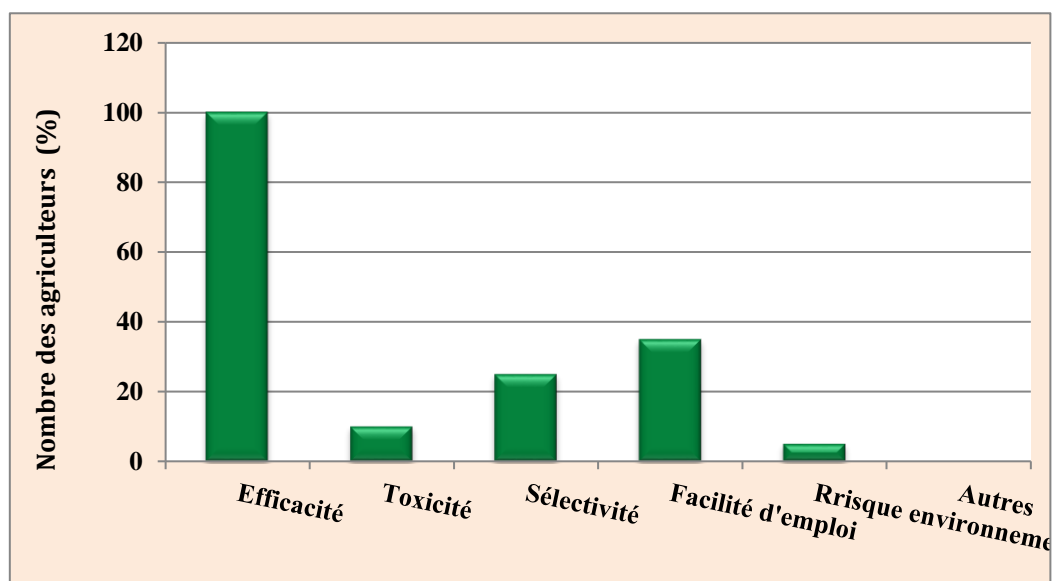


Figure 31: Critères d'achats des pesticides par les agriculteurs.

IV.2.4 Mesures de protection

D'après les résultats de la Figure 32, les agriculteurs ne prennent pas de mesures de protection bien efficaces pour leur santé, les gants sont les plus utilisés avec un pourcentage de 75%. De l'autre côté, 65 % d'entre eux portent les masques et les bottes, alors que les lunettes et les combinaisons sont utilisées uniquement par 20% des agriculteurs.

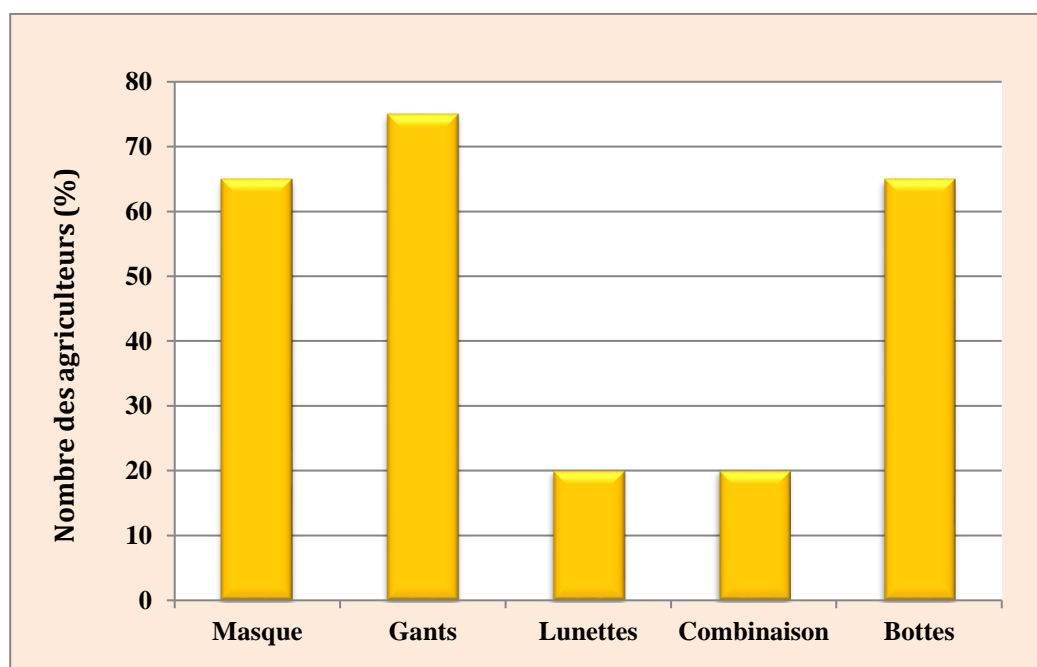


Figure 32: Répartition des mesures de sécurité mis en place par les agriculteurs.

IV.3 Identification spécifique

L'observation sous la loupe binoculaire par le **Pr. BAZRI Kamel-Eddine** révèle que les individus examinés appartiennent à la même espèce *Aporrectodea trapezoides*. Les principaux critères examinés sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10: Critères morphologiques d'*Aporrectodea trapezoides*.

Caractéristiques \ Espèce	<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)
Prostomium	Proloobique
Pore mâle	½ 15 (au milieu du 14 ^{ème} , 15 ^{ème} et 16 ^{ème} anneau)
Clitellum	entre 26 ^{ème} et 34 ^{ème} anneau
Puberculum	entre 31 ^{ème} et 33 ^{ème} anneau
Pore dorsal	entre 4 ^{ème} et 5 ^{ème} anneau
Papilles	11, 12 et 13
Couleur	Grisâtre/Brunâtre

IV.3.1 Présentation du modèle biologique *Aporrectodea trapezoides*

Le matériel biologique utilisé dans notre étude est représenté par *Aporrectodea trapezoides* (**Dugès, 1828**), du fait de leur abondance sur le site choisi. Cette espèce appartient à la catégorie des Endo-anécique, vit et se nourrit à l'intérieur du sol (**Bouché, 1984**). D'après **Bouché (1977)** *A. trapezoides* a une durée de vie varie de 3-5 ans, de taille moyenne grande (45-160 mm de longueur). Le poids des adultes peut atteindre jusqu'à (3.5g) (**El-Okki & Rached, 2016**). Elle se trouve généralement dans les jardins, pâturages, berges, sous les pierres et dans les sols riches en matières organique et en humidité (**Blakemore, 2008**). En effet, cette espèce a une tolérance raisonnable à la sécheresse (**Fernández et al., 2011**).

Tableau 11: La systématique d'*Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828).

Règne : Animalia	
Embranchement : Annelidae	
Classe : Oligochaeta	
Sous-Classe : Diplostesticulata	
Super-Ordre : Megadrili	
Ordre : Opisthopora	
Sous-Ordre : Lumbricina	
Famille : Lumbricidae	
Genre : <i>Aporrectodea</i>	
Espèce : <i>A. trapezoides</i> (Dugès, 1828)	

IV.4 Effet du fongicide ORTIPLUS sur les paramètres biochimiques mesurés

IV.4.1 Effet du fongicide Ortiplus sur la quantité des protéines totales chez d'*Aporrectodea trapezoides*

La quantification des protéines totales chez les témoins et les individus traités avec différentes concentrations du fongicide ORTIPLUS à savoir : 12.5% (0,21ml/l), 25% (0,42ml/l), 50% (0,83ml/l) et 100% (1,66ml/l) a été évaluée en fonction du temps d'exposition.

- **Après 24 heures d'exposition**

Le contenu en protéines chez les vers de terres après 24h d'exposition est illustré dans la **Figure 33**.

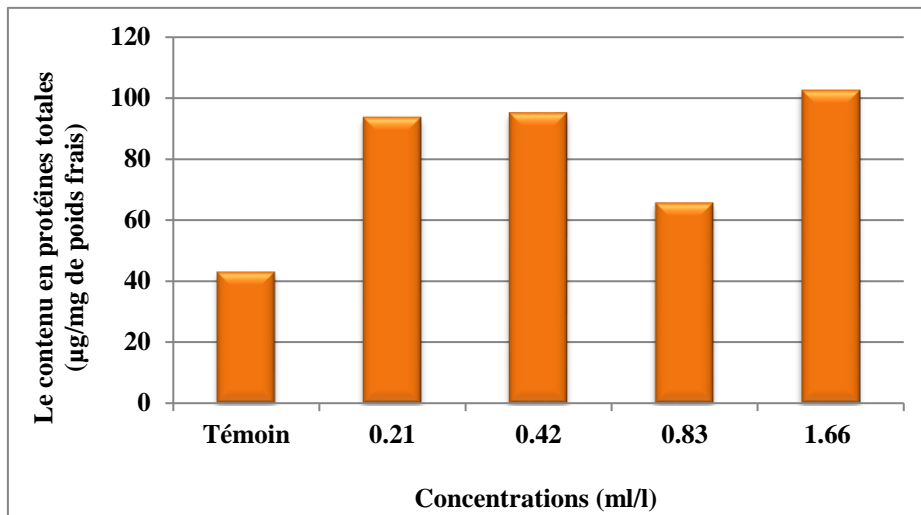
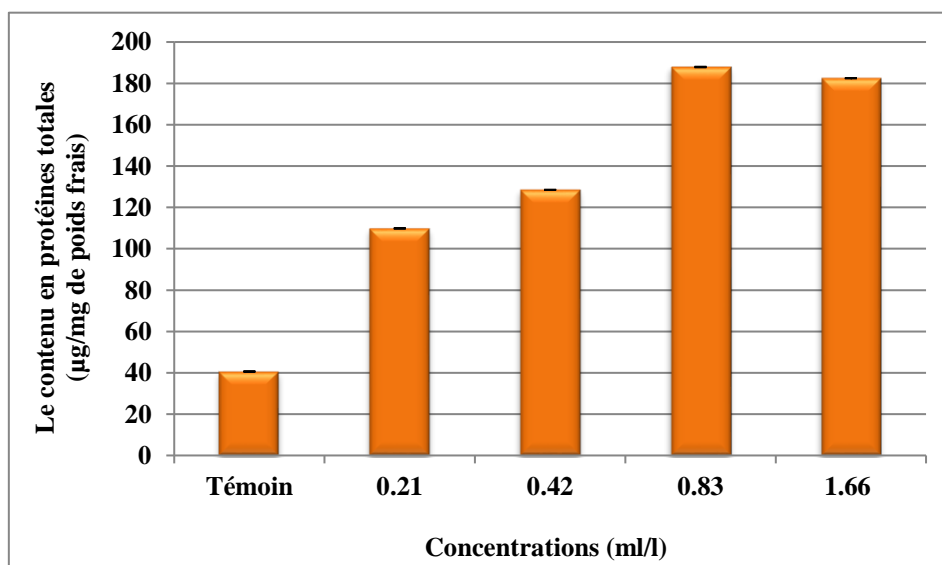


Figure 33: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez *Aporectodea trapezoides* après 24 heures d'exposition.

La Figure 33 montre que la quantité des protéines chez *A. trapézoides* traité avec différentes concentrations d'ORTIPLUS a augmenté après 24h d'exposition par rapport au témoin. En effet, cette augmentation a été quasiment équivalente pour les concentrations 0,21, 0,42 et 1,66ml/l avec 93, 95, 10 et 102,46µg/mg de poids frais respectivement. Tandis que pour la concentration 0,83ml/l, cette dernière a entraîné une légère diminution des protéines avec 65,64µg/mg de poids frais.

- **Après 48 heures d'exposition**

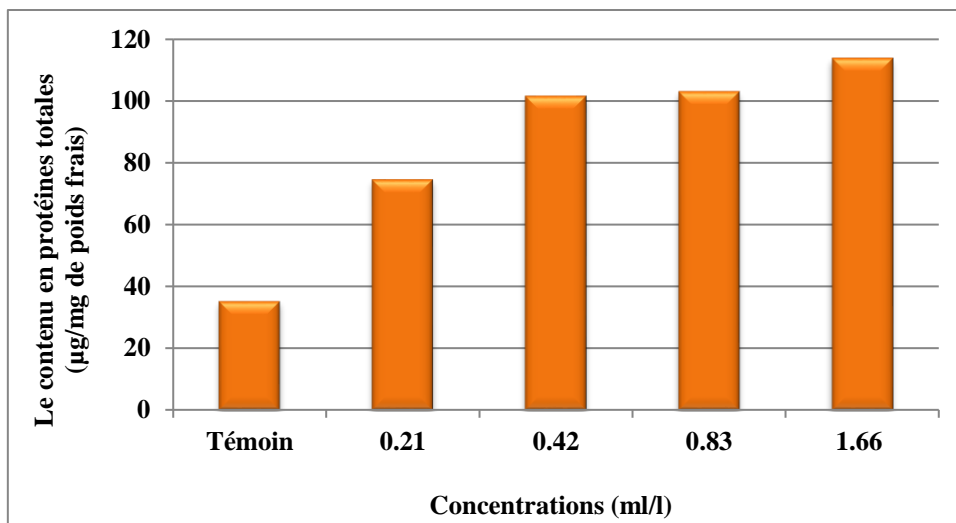
La quantité des protéines totales chez les vers de terres après 48h d'exposition est représentée par la Figure 34.



La Figure 34 met en évidence une augmentation considérable du taux des protéines totales chez les vers de terre traités par rapport au témoin, pour atteindre une valeur maximale de 187,90 $\mu\text{g}/\text{mg}$ chez les individus d'*A. trapézoides* contaminés par la concentration 50% (0,83ml/l) ; tandis que la teneur minimale est atteinte chez les vers de terre contaminés par la concentration 12.5% (0,21ml/l) avec 109 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de poids frais.

- **Après 72 heures d'exposition**

Le taux moyen des protéines totales chez les vers de terres après 72h d'exposition est représenté par la Figure 35.



Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez *Aporrectodea trapezoides* après 72 heures d'exposition.

D'après la Figure 35, il apparaît que les teneurs en protéines augmentent avec les concentrations croissantes d'ORTIPLUS et ceci par rapport aux témoins, où la teneur la plus élevée a été enregistré chez les vers de terre traités par la concentration 100% (1,66ml/l) avec (113,76 $\mu\text{g}/\text{mg}$), par contre la valeur minimale est de 74,47 $\mu\text{g}/\text{mg}$, cette dernière caractérise les individus d' *A. trapézoides* contaminés par une concentration de 0,21ml/l d'Ortiplus.

- **L'effet d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez *A. trapézoides* en fonction du temps d'exposition**

L'histogramme ci-dessous résume l'effet du fongicide ORTIPLUS appliqué à différentes concentrations (12.5%, 25%, 50% et 100%) sur le taux des protéines totales après 24h, 48h et 72h.

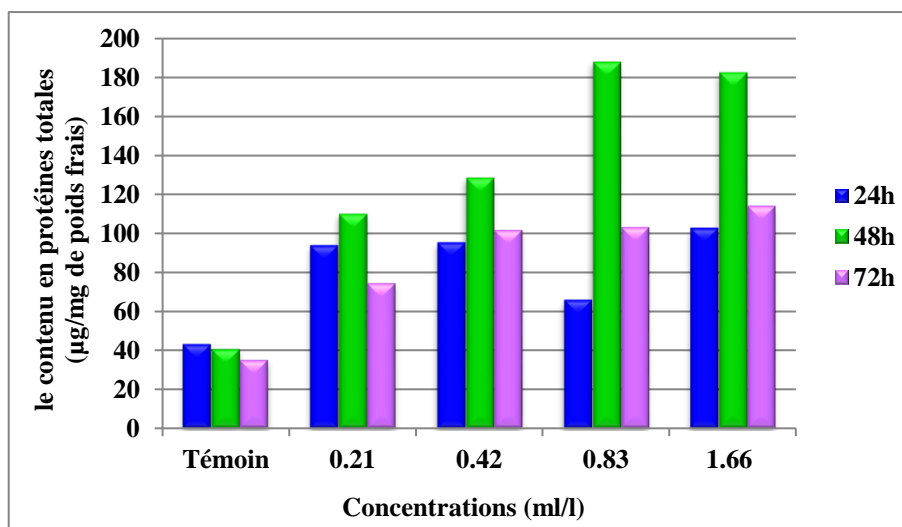


Figure 36: Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur la quantité des protéines totales chez *Aporrectodea trapezoides* en fonction du temps d'exposition.

L'observation simultanée des trois périodes d'exposition mis en évidence que les teneurs en protéines totales suivent la même tendance chez tous les vers de terre traités par rapport aux témoins.

Par ailleurs, on relève que les taux les plus élevés en protéines ont été enregistrés après 48 heures d'exposition aux différentes concentrations d'ORTIPLUS.

IV.4.2 Effet du fongicide ORTIPLUS sur l'activité spécifique des glutathion-S-transférases chez *Aporrectodea trapezoides*

L'évaluation de l'activité spécifique des GSTs chez les vers de terre témoins et traités en fonction du temps d'exposition, a été effectué en utilisant la formule de **Habig et al. (1974)**. Les résultats obtenus sont exprimés en micromoles par minutes par milligramme de protéines ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines).

- **Après 24 heures d'exposition**

Le taux moyen des GSTs chez les vers de terres après 24h d'exposition aux différentes concentrations d'ORTIPLUS est rapporté dans la **Figure 37**.

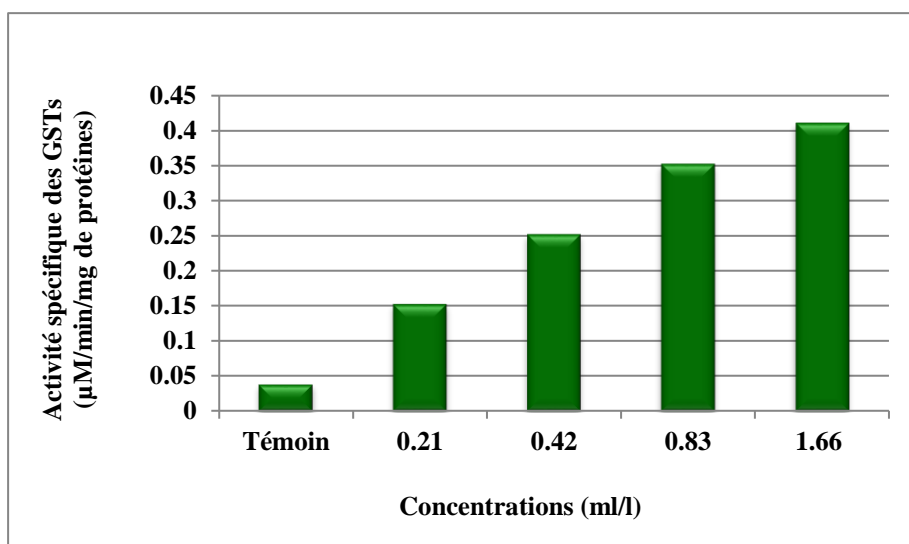


Figure 37 : Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez *Apporectodea trapezoides* après 24h d'exposition.

L'analyse de la **Figure 37** fait apparaître clairement que le taux des GSTs chez nos vers de terre a augmenté progressivement avec l'accroissement des concentrations d'Ortiplus par rapport aux témoins, L'activité la plus élevée a été observée chez les individus d'*A. trapezoides* exposés à la concentration 100% (1,66ml/l) avec 0.41 µM/min/mg de protéines, suivie d'une manière décroissante par la concentration 50% (0,83ml/l) avec 0.35 µM/min/mg de protéines, 25% (0,42ml/l) avec 0.25 µM/min/mg de protéines et enfin 12,5 % (0,21ml/l) avec 0.15µM/min/mg de protéines.

- **Après 48 heures d'exposition**

La teneur moyenne en GSTs chez les individus d'*A. trapezoides* après 48h d'exposition est représentée par la **Figure 38**.

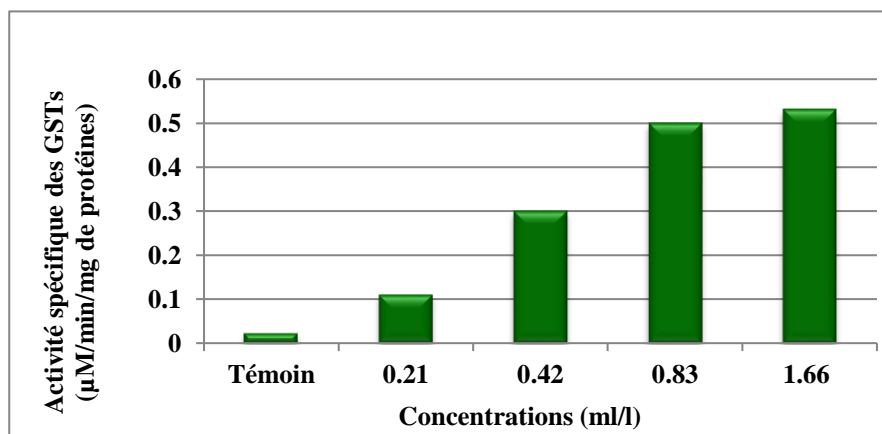


Figure 38 : Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez *Apporectodea trapezoides* après 48h d'exposition.

D'après la **Figure 38**, nous relevons que la teneur moyenne en GSTs chez nos vers de terre traités augmente de manière exponentielle pour toutes les concentrations appliquées d'Ortiplus par rapport aux témoins ; elles varient entre une valeur maximale de 0.53 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines pour la concentration 1,66ml/L et une valeur minimale de 0.11 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines pour la concentration 0,21 ml/l de fongicide utilisé.

- **Après 72 heures d'exposition**

La quantité moyenne des GSTs chez les vers de terres après 72h d'exposition est illustrée par la **Figure 39**.

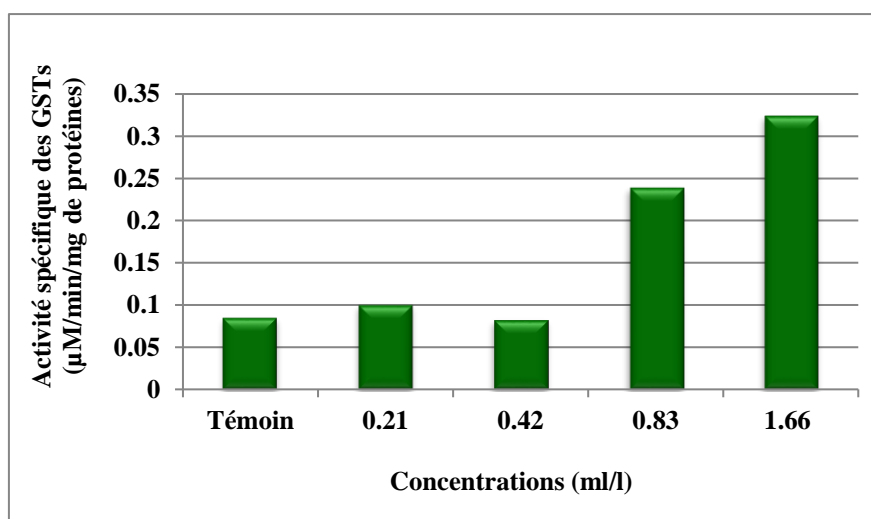


Figure 39 : Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez *Aporectodea trapezoides* après 72h d'exposition.

D'après les résultats illustrés dans la **Figure 39**, nous observons que le taux moyen des GSTs varie considérablement.

En effet, les concentrations de 0,21 et 0,42 ml/l ont connu une faible augmentation par rapport aux témoins représentant 0,10 et 0.08 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines respectivement. Néanmoins, l'exposition des vers de terre aux concentrations 0,83 et 1,66 ml/l a entraîné une augmentation progressive de l'activité des GSTs où nous avons enregistré 0.23 et 0.32 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines respectivement.

- **L'effet d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez *Aporrectodea trapézoides* en fonction du temps d'exposition**

L'histogramme ci-dessous résume l'effet d'ORTIPLUS à différentes concentrations sur l'activité des GSTs chez les vers de terre après 24h, 48h et 72 h.

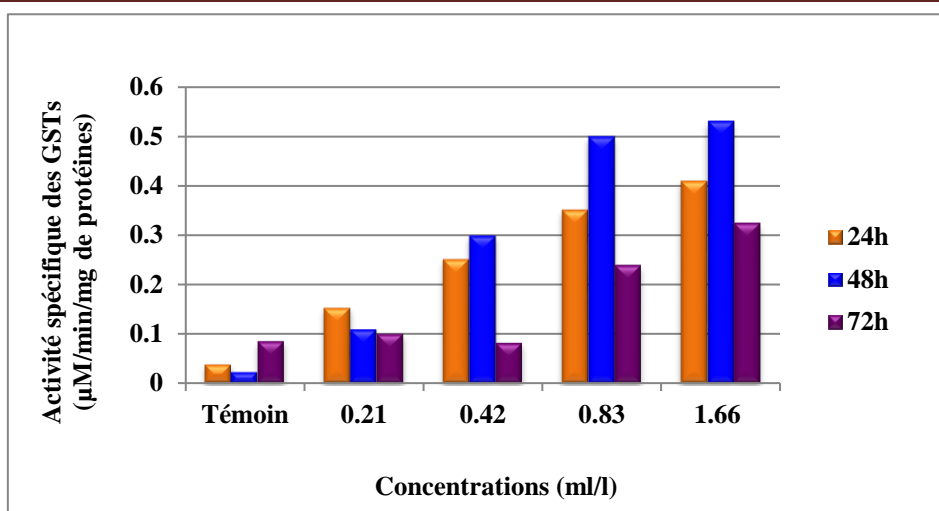


Figure 40 : Effet des différentes concentrations d'ORTIPLUS sur l'activité des GSTs chez *Apporectodea trapezoides* en fonction du temps

En observant en même temps les trois périodes d'exposition (**Figure 40**), on constate que l'activité des GSTs suit la même tendance chez tous les lombricidés traités par rapport aux témoins.

En effet, cette dernière augmente considérablement durant les périodes de 24h et 48h, en revanche une diminution progressive a été enregistré après 72h d'exposition et ceci pour toutes les concentrations.

V. Discussion des résultats

Le sol est considéré comme « véritable usine de la vie », il renferme plus de 25% des espèces faunistiques et floristiques actuellement connues. Sa qualité est fortement influencée par l'activité, la diversité, et l'équilibre entre ses espèces (**Berthelin et al., 2010**).

Cependant, l'incorporation de produits agrochimiques dans le sol peut causer des altérations dans ses composants physiques, chimiques et biologiques. Particulièrement, les micro-organismes bénéfiques (**Edwards & Bohlen, 1992**) et principalement les vers de terre (**Miglani & Bisht, 2019**).

Afin d'évaluer les effets des pesticides sur les écosystèmes naturels, il est possible d'utiliser diverses stratégies biologiques complémentaires comme ; la mesure et le suivi de bio-marqueurs, étude des espèces sentinelles et recherche des indicateurs biologiques (**Aubertot et al., 2005**). De ce fait, les vers de terre sont l'un des organismes sentinelles les plus utilisés en biosurveillance du milieu terrestre (**Halaimia et al., 2021**).

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes focalisés sur l'évaluation des effets d'un fongicide (ORTIPLUS) sur la teneur en protéines totales et l'activité des Glutathion S-

transférase chez l'espèce *Aporrectodea trapezoides* dans des conditions standardisées de laboratoire.

V.1 Propriétés physicochimiques du sol

Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que les changements environnementaux et les conditions météorologiques, peuvent avoir un impact majeur sur la densité, la distribution spatiale et la biomasse des vers de terre (**Kanianska et al., 2016**).

A cet égard, les vers de terre ne tolèrent pas la sécheresse, leur présence indique que le sol est fortement humide (**Pfiffner, 2023**). De plus, la rapidité de leur développement est influencée par la température, d'ailleurs la production de cocons augmente lorsque la température s'élève de 6 à 16°C (**Evans & Guild, 1948**), ce qui confirme les résultats trouvés précédemment.

Conformément à ce qui a été évoqué dans la littérature, les sols neutres et alcalins sont propices à la multiplication des vers de terre (**Spurgeon & Hopkin, 1996**), ce qui favorise une meilleure aération du sol (**Pfiffner, 2023**), alors que la salinité est préjudiciable à leur survie (**Chaoui, 2010**).

En outre, ils favorisent les milieux assez riches en calcaire afin de satisfaire leurs besoins physiologiques (**Bachelier, 1978**), cela renforce nos résultats obtenus.

De plus, les teneurs élevées d'argile trouvées sont renforcées par les résultats obtenus par **Herger (2003)**, qui a souligné que les vers de terre privilégient les sols argileux riches en matière organique. Tandis que la texture sableuse a été jugée comme la moins favorable à leur survie par plusieurs auteurs. D'autre part, la teneur importante de la matière organique a été validé par **Cesarz et al., (2016)**; **Frouz, (2018)**; **Singh, (2018)**, selon eux l'abondance de la matière organique contribue à la croissance rapide de ces lombrics.

V.2 L'enquête

Du fait de l'avènement de la révolution verte, le recours aux pesticides a fait un pas de géant à l'échelle mondiale afin d'améliorer le rendement de différentes cultures. D'ailleurs, tous les agriculteurs interrogés dans la wilaya de Bouira ont déclaré qu'ils utilisent les produits phytosanitaires sur leurs cultures.

L'enquête menée auprès de 20 agriculteurs et 20 vendeurs dans la wilaya de Bouira, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ⇒ Les insecticides constituent la famille de pesticide la plus vendue et la plus utilisée par les agriculteurs (85% des pesticides utilisés).
- ⇒ Le choix de cette classe peut s'expliquer par plusieurs raisons, à titre d'exemple ; l'impact du changement climatique et la prolifération des insectes ravageurs, la plupart des cultures sont frappées par les insectes nuisibles, l'expansion de points de vente des pesticides et surtout la disponibilité de ces produits.
- ⇒ Les agriculteurs rencontrés ne disposent pas de moyens requis pour assurer la protection de leur corps. D'ailleurs, beaucoup de symptômes ont été signalés par un nombre importants d'entre eux dont les maux de tête, les nausées et les allergies étaient les plus cités.

V.3 Etude des paramètres biochimiques

Dans des situations de stress environnemental intense, les organismes vivants, y compris les vers de terre, peuvent se protéger contre les effets nocifs des polluants en contrôlant leurs réactions biochimiques internes avant que leur développement ne soit perturbé et que leur vie ne soit en danger. De la même manière **Tiwari et al. (2016)** ont également souligné que les biomarqueurs sont des outils cruciaux à étudier dans le cadre de la biosurveillance. Ceci s'explique par leur capacité à agir comme un signal précoce d'alerte contre les effets potentiellement néfastes engendrés par les facteurs de stress (**Doherty, 2014**).

En raison de leur étroite interaction avec les polluants du sol, les vers de terre subissent des dommages à tous les niveaux de l'organisme ; changement dans les comportements individuels, dérèglement du métabolisme et des fonctions enzymatiques, augmentation du taux de décès individuel, la diminution de la fertilité, le retard dans la croissance et de la reproduction (**Pelosi et al., 2014**).

Au cours de cette étude, le fongicide ORTIPLUS a eu un impact significatif, selon la dose et le temps d'exposition sur la teneur en protéines totales et sur l'activité spécifiques des GSTs d'*Apporectodea trapezoides*.

V.3.1 L'effet d'ORTIPLUS sur le taux de protéines

Au moment du stress, les organismes nécessitent davantage d'énergie pour détoxifier, bio-transformer et éliminer les substances toxiques afin de réduire au minimum les effets néfastes (**Khalil, 2016**).

Les protéines forment la majeure partie du protoplasme des cellules, les acides aminés qui les composent sont utilisés pour produire des enzymes et des hormones qui sont responsables de la régulation de toutes les fonctions métaboliques, que ce soit dans la cellule ou dans l'organisme entier (**Fauconneau, 1956**). La réponse des cellules au stress est basée sur l'activation de protéines cytoprotectrices, également connues sous le nom de protéines de stress ou de choc thermique (**Sóti & Csermely, 2007**). Ces changements dans les réserves énergétiques et/ou la consommation d'énergie ont été employés comme des biomarqueurs du stress toxique (**Świątek & Bednarska, 2019**).

Au cours de cette étude, les résultats obtenus indiquent que le traitement par le fongicide ORTIPLUS a eu un effet marqué sur la teneur en protéines totales d'*A. trapezoides* en fonction de la dose et du temps d'exposition.

Au cours des périodes 24h et 48h, une augmentation du taux de protéines a été enregistrée pour toutes les doses appliquées. Il se peut que cette augmentation témoigne une adaptabilité physiologique pour compenser le stress et renforcer les défenses cellulaires. En outre, il serait possible que l'accumulation de protéines soit requise afin de restaurer les enzymes perdues dans la nécrose tissulaire causée par l'exposition aux pesticides (**Mosleh et al., 2006**), il est à noter que la croissance des protéines est le résultat de l'équilibre net entre la production et la dégradation des protéines (peu importe si l'environnement est stressant ou non) (**Abd-Allah, 2012**).

Au cours de la période 72h, une baisse significative du taux de protéines a été observée pour toutes les doses appliquées par rapport aux périodes 24h et 48h. Cette réduction de la concentration en protéines peut être causée par la production de lipoprotéines qui sont utilisées pour réparer les dommages aux organites des cellules et des tissus (**Rambabu & Rao, 1994; Sancho et al., 1998**), ou peut être liée à une réduction de l'activité métabolique globale (**Baudrimont et al., 1997; Geret et al., 2003**).

Similairement, de nombreuses études précédentes ont mis en évidence l'augmentation du taux de protéines. Parmi ces études, on peut citer celle de **Berrouk et al. (2022)** qui ont constaté que le traitement par un fongicide nommé MIKALFLASH a eu un impact significatif, sur la quantité totale de protéines et des niveaux de MDA de *L. terrestris* selon la dose et le temps d'exposition.

Ce résultat correspond à ceux de **Bernard et al. (2010)** et **Mo Xiaohui et al. (2012)** et **Otmani et al. (2018)** qui ont démontré une augmentation du niveau de protéines totales chez les vers *Eisenia fetida*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris* et *Allolobophora caliginosa*

traités avec des concentrations croissantes de cadmium. De plus, **Wu et al. (2020)** ont constaté que le stress acide du sol a eu un effet stimulant sur les teneurs en protéines totales et en métallothionéine (MT) chez *E. fetida*, tandis que les pH du sol les plus faibles ont eu des effets inhibiteurs sur la teneur en protéines ainsi que la survie, la croissance et la reproduction des vers *E. fetida*.

Par contre, les recherches menées par **Samal et al. (2020)** ont révélé une diminution du taux de protéines totales et des Anomalies cutanées et histologiques avec variations des activités enzymatiques des vers de terre *Lampito mauritii* et *Drawida willsi* après une exposition de courte durée à des pesticides organophosphorés.

Selon une autre étude menée par **Abd-Allah (2012)**, une baisse de la concentration en protéines dans le plasma des vers de *Lumbricus terrestris* a été observé et ceci d'une manière dépendante de la dose et du temps contre un herbicide nommé candidat. De même **Halaimia et al. (2021)** ont démontré une diminution notable des protéines totales chez les juvéniles d'*Aporrectodea caliginosa* traités avec de l'engrais (NPK), largement employé dans l'agriculture, cette diminution a été expliqué d'une part par le résultat du processus de catabolisme des protéines en réponse à la demande énergétique du ver, d'autre part par un déséquilibre entre la synthèse et la dégradation des protéines.

V.3.2 L'effet d'ORTIPLUS sur l'activité spécifique des glutathions -S-transférase

Les modifications de l'activité enzymatique sont fréquemment perçues comme des signaux précoces d'alerte. De cette façon, les mesures des biomarqueurs enzymatiques sont devenues un critère d'évaluation en écotoxicologie (**Gonçalves et al., 2021; Parrino et al., 2021**).

Les GSTs est une famille d'enzymes multifonctionnelles qui sont chargés de transformer un composé toxique (xénobiotiques) en un composé non toxique, donc leur rôle principal consiste à métaboliser des composés lipophiles en molécules hydrophiles qui peuvent être facilement excrétées en utilisant un substrat électrophile (Glutathion) (**Bernard et al., 2015**).

Chez les adultes traités d'*A. trapezoides*, l'activité spécifique de la GSTs a connu une augmentation significative pour toutes les doses appliqués pendant les périodes de 24h et 48h, ce qui se traduit par une mise en œuvre du processus de détoxification, qui est une forme de défense contre le fongicide (ORTIPLUS). Tandis que la période 72h, On a constaté une diminution importante de la GSTs pour toutes les doses appliquées par rapport aux périodes

24h et 48h. Cela a déjà été expliqué par **Jouni et al. (2021)** qui ont déclaré que « La variation d'activation de la GST, dépend du type et de la quantité du contaminant, l'espèce de lombric utilisée et du temps d'exposition »

De la même manière, de nombreuses recherches antérieures ont renforcé nos résultats notamment celle de **Schreck et al. (2008)**, qui ont observé une augmentation de l'activité de la GST chez *A. caliginosa* exposé à de courtes périodes au chlorpyrifos (3 jours), tandis qu'à long terme, cette activité diminuait. Similairement **Maity et al. (2008)** ; **Xue et al. (2009)** ont signalé que des taux élevés de la GSTs ont été observés chez les vers de terre suite à une exposition au tétrabromobisphénol et au plomb, respectivement.

En outre, **Aly et Schröder (2008)** ont démontré que la conjugaison de la GSTs chez *Eisenia foetida* était différente en utilisant deux herbicides distincts, à savoir le fénoxaprop et le métolachlore. De même, **Moumeni et al. (2016)** et **Amamra et al. (2015)** ont constaté une baisse importante de la concentration en GSH dans les paramécies exposées à l'insecticide, suivi par une augmentation significative de l'activité de la GST. En général, lorsque le GSH est épuisé, la GSTs est activée et une resynthèse simultanée du GSH est réalisée pour remplacer le niveau normal.

En revanche, de nombreux travaux ont déjà affirmé que l'exposition à des pesticides peut inhiber l'activité de la GSTs, tels que le carbofuran (**Clasen et al., 2014**), les pesticides organochlorés (**Bacchetta et al., 2014**), les herbicides à base de glyphosate (**Samanta et al., 2014**), l'insecticide Propoxur (**Gonçalves et al., 2018**), et les formulations de pesticides commerciaux : Sumialfa (esfenvalérate), Calypso (thiaclopride), Frontier (diméthénamide). - p), et Filon (prosulfoarbe) (**Lackmann et al., 2023**).

Conclusion

Et

Perspectives

Avec l'expansion de l'agriculture, le recours intensif aux produits chimiques notamment les pesticides est ainsi inévitable, afin de protéger les cultures contre les ravageurs et les agents pathogènes. L'usage excessif de ces produits de synthèses s'accompagne d'une contamination terrestre et aquatique ce qui influence négativement la biodiversité, ils peuvent être ensuite intégrés aux réseaux trophiques et subissent éventuellement une bioamplification dans les chaînes alimentaires.

Le sol est l'un des principaux compartiments de la biosphère, il abrite plus d'un quart de la biodiversité de la planète. Sa richesse biologique est à l'origine de son bon fonctionnement ainsi que celui de l'ensemble des services éco-systémiques.

Toutes fois, étant exposé à différents polluants principalement dus à de mauvaises pratiques agricoles, le sol subit plusieurs changements métaboliques et physiologiques. Ces altérations affectent les organismes qui y vivent, en particulier les vers de terre souvent considérés comme des organismes modèles pour évaluer son état de santé.

Ces derniers méritent d'être étudiés plus en profondeur pour démontrer les répercussions préjudiciables des pesticides, en raison de leur contribution majeure au bon fonctionnement des sols. C'est ainsi que ce travail qui vient d'être analysé, vise à mettre l'accent sur les effets de l'utilisation d'un fongicide « ORTIPLUS » en agriculture sur une espèce de vers de terre dans le cadre de la bio-surveillance.

Dans un premier temps, nous avons abordé notre travail par une enquête menée auprès des agriculteurs et vendeurs de pesticides sur leur utilisation dans la région de Bouira. Cette dernière a révélé que le fongicide ORTIPLUS est le plus largement utilisé dans les pratiques agricoles de la région parmi tous les fongicides.

Cette étude a nécessité au préalable, de réaliser des analyses physicochimiques et de déterminer les caractéristiques du sol de notre station d'échantillonnage. Les résultats de ces analyses ont montré que le sol renferme toutes les caractéristiques propices à la survie et au développement des vers de terre, en particulier l'espèce *A.trapezoides*.

L'échantillonnage des vers de terre effectué dans la station de Ain El Hadjar, Wilaya de Bouira, nous a permis de recenser une seule espèce de vers de terre appartenant à la famille des Lumbricidae, il s'agit d'*Aporrectodea trapésoides*.

Dans un second temps, un test de toxicité aigu a été réalisé où le fongicide testé à différentes concentrations (12.5%, 25%, 50% et 100%) sur les adultes d'*A. trapezoides*, a montré des résultats importants sur la teneur en protéine et l'activité spécifique des glutathions S-transférase au cours des trois périodes d'étude (24h, 48h, 72h).

Pour conclure, l'espèce *A. trapezoides* est un modèle très intéressant pour les tests de toxicité, elle s'avère utile pour enrichir les connaissances sur les conséquences des pesticides.

En terme de perspective, il serait intéressant à l'avenir de :

- ⇒ Etudier les impacts d'ORTIPLUS sur d'autres biomarqueurs de stress comme: l'ACHE, le GSH, la CAT, GPX, les glucides, lipides et LDH.
- ⇒ Evaluer l'impact de mixture des pesticides sur les vers de terre dans le but de mieux reproduire ce qui passe réellement sur le champ.
- ⇒ Compléter l'expérimentation par une étude histologique.
- ⇒ Evaluer l'effet d'ORTIPLUS sur la reproduction, la croissance, la survie des juvéniles et des adultes d'*Aporrectodea trapezoides*.
- ⇒ Elargir l'application des tests sur d'autres espèces de la chaîne trophiques terrestre, tels que : les fourmis, les termites, les scarabées, les larves d'insectes...etc.

Recommandations :

- ⇒ Il est essentiel de respecter les inscriptions lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques afin de réduire au minimum les effets néfastes.
- ⇒ Même s'il est impossible d'interdire totalement l'utilisation des pesticides, il est possible de réduire leur consommation en adoptant des alternatives physiques (comme des filets de protection), biologiques (telles que l'introduction d'espèces prédatrices), et agronomiques (comme la rotation des cultures).

*Références
Bibliographiques*

A

1. **Abd-Allah, S. M. (2012).** Humoral defense response of earthworm *Lumbricus terrestris* against herbicide; nominee. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 3(9), 881-895.
2. **Abdallah, O., Ahmed, N., El-Hamid, R., & Alhewairini, S. (2023).** Residues of difenoconazole in various ready premixes with propiconazole, cyflufenamid, and mandipropamid in/on tomato fruits. *Acta Chromatographica*. doi: 10.1556/1326.2023.01134
3. **Abdelli, M., Meribai, N., & Sifour, M. E. (2016).** Recherche des bactéries tolérant ou dégradant les pesticides. Université de Jijel.
4. **Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., . . . Patrick-Iwuanyanwu, K. C. (2020).** Pesticides, history, and classification. 29-42. doi: 10.1016/b978-0-12-819304-4.00003-8 <https://www.researchgate.net/publication/338814543>
5. **Agarwal, P., & Pandey, D. (2017).** Impact of pesticide : An overview. *Trends in Biosciences* 10(6), Print : ISSN 0974-8431, 1341-1344, 2017, 10, 1341-1344.
6. **Ahamad, A., Ahamad, J., & Naim, M. (2023).** Current perspective on pesticides: Their classification, behaviour, potential use and toxic effects. *Journal of Angiotherapy*, 7. doi: 10.25163/angiotherapy.719360
7. **Akashe, M. M., Pawade, U. V., & Nikam, A. V. (2018).** Classification of pesticides: A review. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 9(4), 144-150. doi: 10.7897/2277-4343.094131
8. **Al-Assiuty, A.-N. I., Khalil, M. A., Ismail, A.-W. A., Van Straalen, N. M., & Ageba, M. F. (2014).** Effects of fungicides and biofungicides on population density and community structure of soil oribatid mites. *Science of the total environment*, 466, 412-420.
9. **Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021).** Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9(3). doi:10.3390/toxics9030042.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33668829>
10. **Ali, A., Ashour, M.-B., Tohamy, M. R. A., & Ragheb, D. (2015).** Azoxystrobin residues on tomato leaves and fruits. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 42, 1547-1553.
11. **Álvarez, J. (1971).** Oligoquetos terrícolas ibéricos. Megascolécidos y glososcolécidos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Biol.*, 69, 97-114.
12. **Aly, M. A. S., & Schröder, P. (2008).** Effect of herbicides on glutathione s-transferases in the earthworm, *isenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research*, 15, 143-149.
13. **Amamra, R., Djebar, M. R., Moumeni, O., Azzouz, Z., Zeriri, I., Atailia, A., . . . Berrebbah, H. (2015).** Lipid peroxidation, oxidative stress and respiratory metabolism alteration in the freshwater ciliate paramecium *tetraurelia* exposed to cypermethrin, a pyrethroid insecticide. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 6(4), 115-123.

14. **Amenyogbe, E., Huang, J., Chen, G., & Wang, Z. (2021).** An overview of the pesticides' impacts on fishes and humans. *Int. J. Aquat. Biol.* (2021) 9(1): 55-65. *International Journal of Aquatic Biology*, 9, 55-65. doi: 10.22034/ijab.v9i1.972
15. **Arora, N. K., Mishra, Jitendra. (2016).** Bioformulations for plant growth promotion and combating phytopathogens: a sustainable approach. *Bioformulations: For sustainable agriculture*, 3-33.
16. **Aubertot, J.-N., Savary, S., CLERJEAU, M., David, C., Debaeke, P., Jeuffroy, M.-H., . . . Sauphanor, B. (2005).** Stratégie de protection des cultures.
17. **Ayad-Mokhtari, N. (2012).** Identification et dosage des pesticides dans l'Agriculture et les problèmes d'environnement liés. *Magister Thesis, University of Oran, Oran, 87p.*

B

18. **Bacchetta, C., Rossi, A., Ale, A., Campana, M., Parma, M. J., & Cazenave, J. (2014).** Combined toxicological effects of pesticides: a fish multi-biomarker approach. *Ecological Indicators*, 36, 532-538.
19. **Bachelier, G. (1978).** La faune des sols, son écologie et son action.
20. **Barker, K. R. (2003).** Perspectives on plant and soil nematology. *Annual review of phytopathology*, 41(1), 1-25.
21. **Baudrimont, M., Metivaud, J., Maury-Brachet, R., Ribeyre, F., & Boudou, A. (1997).** Bioaccumulation and metallothionein response in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) after experimental exposure to cadmium and inorganic mercury. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 16(10), 2096-2105.
22. **Bazri, K.-e., & Touati, O. G. (2015).** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est Algérien. 188 p. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/4416>
23. **Bencherif, S. (2018).** Origines et transformations récentes de l'élevage pastoral de la steppe algérienne. *Revue internationale des études du développement*, 55-79.
24. **Bernard, F., Brulle, F., Douay, F., Lemièrre, S., Demuynck, S., & Vandebulcke, F. (2010).** Metallic trace element body burdens and gene expression analysis of biomarker candidates in *Eisenia fetida*, using an "exposure/depuration" experimental scheme with field soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, 73(5), 1034-1045.
25. **Bernard, F., Brulle, F., Dumez, S., Lemièrre, S., Platel, A., Nesslany, F., . . . Vandebulcke, F. (2015).** Antioxidant responses of Annelids, Brassicaceae and Fabaceae to pollutants: A review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 114, 273-303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.04.024>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765131400164X>

26. **Berthelin, J., de Cara, S., Grolleau, G., Lavelle, P., Richaume-Jolion, A., & Saurel, B. (2010).** La vie cachée.
27. **Bhat, A., Bhagat, D., Chavan, M., Deshmukh, S., Pawar, R., & Chavan, V. (2023).** effects of pesticides on human health and environment.
28. **Blakemore, R. (2008).** Cosmopolitan earthworms—an eco-taxonomic guide to the species. *VermEcology: Yokohama, Japan*.
29. **Blasco, C., & Picó, Y. (2009).** Prospects for combining chemical and biological methods for integrated environmental assessment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(6), 745-757.
30. **Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K. R., . . . Tondoh, J. (2013).** A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*, 64(2), 161-182.
31. **Blouin, M., Zuily-Fodil, Y., Pham-Thi, A. T., Laffray, D., Reversat, G., Pando, A., . . . Lavelle, P. (2005).** Belowground organism activities affect plant aboveground phenotype, inducing plant tolerance to parasites. *Ecology letters*, 8(2), 202-208.
32. **Bouabdellah, S., Sahraoui, N., & Beghoul, A. E. (2022).** Enquête bibliographique sur la toxicité thyroïdienne des pyréthrinoïdes, exemple de la deltaméthrine et la bifenthrine. Université de jijel.
33. **Bouché, M. (1971).** Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. *Pesson, Paul La Vie dans le Sols; Aspects Nouveaux, Etudes Experimentales, 1971*, p. 187-209.
34. **Bouché, M. (1977).** Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletins*, 122-132.
35. **Bouché, M. (1984).** Les vers de terre.
36. **Bouché, M. B. (1972).** Lombriciens de France. Ecologie et systématique (Vol. 72). Paris: INRA Editions.
37. **Braak, N., Neve, R., Jones, A. K., Gibbs, M., & Breuker, C. J. (2018).** The effects of insecticides on butterflies—A review. *Environmental pollution*, 242, 507-518.
38. **Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254. doi: 10.1006/abio.1976.9999.
39. **Brodeur, J. C., & Fonseca Pena, S. V. D. (2023).** Effects of the neonicotinoid insecticides thiamethoxam and imidacloprid on metamorphosis of the toad *rhinella arenarum* at environmentally-relevant concentrations. *J Toxicol Environ Health A*, 86(13), 434-445. doi: 10.1080/15287394.2023.2213259 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37212041>.
40. **Butt, K. (1993).** Reproduction and growth of three deep-burrowing earthworms (Lumbricidae) in laboratory culture in order to assess production for soil restoration. *Biology and Fertility of Soils*, 16, 135-138.

41. **Byambas, P., Lemtiri, A., Hornick, J.-L., Bengone, T., & Francis, F. (2017).** Rôles et caractéristiques morphologiques du ver de terre *Eudrilus eugeniae* (synthèse bibliographique). *BASE*, 160-170. doi: 10.25518/1780-4507.16259.

C

42. **Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., & Façanha, A. R. (2002).** Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant physiology*, 130(4), 1951-1957.
43. **Carvalho, F. (2017).** Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security* 6: 48-60.
44. **Cesarz, S., Craven, D., Dietrich, C., & Eisenhauer, N. (2016).** Effects of soil and leaf litter quality on the biomass of two endogeic earthworm species. *European Journal of Soil Biology*, 77, 9-16.
45. **Chan, K. (2004).** Impact of tillage practices and burrows of a native Australian anecic earthworm on soil hydrology. *Applied Soil Ecology*, 27(1), 89-96.
46. **Chaoui, H. (2010).** Vermicompostage (ou lombricompostage): Le traitement des déchets organiques par les vers de terre: Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l . . .
47. **Chaplain, V., Mamy, L., Vieublé Gonod, L., Elsass, F., Mougin, C., Benoit, P., . . . Nélieu, S. (2011).** Approche intégrée de l'étude du comportement des pesticides dans les sols.
48. **Chen, J., Saleem, M., Wang, C., Liang, W., & Zhang, Q. (2018).** Individual and combined effects of herbicide tribenuron-methyl and fungicide tebuconazole on soil earthworm *Eisenia fetida*. *Scientific reports*, 8(1), 2967.
49. **Cherin, P., Voronska, E., Fraoucene, N., & de Jaeger, C. (2012).** Toxicité aiguë des pesticides chez l'homme. *Médecine & Longévité*, 4(2), 68-74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mlong.2012.05.003>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875717012000251>
50. **Chevillot, F. (2017).** Etude de la bioaccumulation et autres effets sublétaux de contaminants organiques sur le vers de terre *Eisenia andrei* exposé à des concentrations environnementales.
51. **Choudhary, S., Yamini, N. R., Yadav, S. K., Kamboj, M., & Sharma, A. (2018).** A review: Pesticide residue: Cause of many animal health problems. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), 330-333.
52. **Clasen, B., Leitemperger, J., Murussi, C., Pretto, A., Menezes, C., Dalabona, F., . . . Loro, V. L. (2014).** Carbofuran promotes biochemical changes in carp exposed to rice field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and environmental safety*, 101, 77-82.
53. **Cosín, D. J. D., Novo, M., & Fernández, R. (2010).** Reproduction of earthworms: sexual selection and parthenogenesis *Biology of Earthworms* (pp. 69-86): Springer

54. **Crow, W. (2012).** Earthworm, suborder Crassicitellata, cohort Terrimegadrili (Jamieson, 1988): EENY-532/IN946, 9/2012. *EDIS*, 2012. doi: 10.32473/edis-in946-2012.
55. **Curry, J. P., & Schmidt, O. (2007).** The feeding ecology of earthworms – A review. *Pedobiologia*, 50(6)463-477. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2006.09.001>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003140560600062X>

D

56. **Dahab, A., Jallow, M., & Albaho, M. (2017).** Environmental and Human Health Impacts of Pesticide Use in Agriculture.
57. **Darwin, C., & Perrier, E. (1882).** Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale: C. Reinwald.
58. **Das, A., Rani, K., Trivedi, A., & Yadav, D. K. (2021).** Earthworm: The ecosystem engineer. 4, 16-20.
59. **Desire, F. V. E. C. (1962).** Zoologie.
60. **Di Vitantonio, C., Depalo, L., Marchetti, E., Dindo, M., & Masetti, A. (2018).** Response of the European Ladybird *Adalia bipunctata* and the Invasive *Harmonia axyridis* to a Neonicotinoid and a Reduced-Risk Insecticide. *Journal of economic entomology*, 111(5), 2076-2080.
61. **Djouhr, M. (2022).** Modélisation des processus de distribution et de dérive des pesticides lors de la pulvérisation et de leur contribution à l'exposition des passants : Illustration en viticulture., université de montpellier. Retrieved from <https://theses.hal.science/tel-04087624/document>
<https://theses.hal.science/tel-04087624/document>
62. **Doherty, V. F. (2014).** Antioxidant enzymes and histopathological biomarkers of exposure to monocyclic aromatic hydrocarbons in *Clarias gariepinus* (catfish) and *Eudrilus eugeniae* (earthworm). University of Lagos (Nigeria).
63. **Dugès, A.-L. (1828).** Recherches sur la circulation, la respiration et la reproduction des Annélides abranches: impr. C. Thuau.
64. **Durand, M. J.-H. (1954).** ingénieur- docteur chef de la section de pédologie du service de la colonisation et de l'hydraulique (S.E.S).

E

65. **Edwards, C., & Lofty, J. (1972).** Earthworms and microorganisms. *Biology of Earthworms*, 155-162.
66. **Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1992).** The effects of toxic chemicals on earthworms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology: Continuation of Residue Reviews*, 23-99.
67. **Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996).** Biology and ecology of earthworms (Vol. 3): Springer Science & Business Media.

68. **El-Okki, M. E.-H., & Rached, O. (2016).** Etude des relations Lumbricidae–éléments traces métalliques en conditions naturelles et contrôlées. Université Frères Mentouri-Constantine 1.
69. **Ermolov, S. (2022).** Approaches to ecological classification of earthworms: A review. *Forest Science Issues*, 5, 1-28. doi: 10.31509/2658-607x-202251-101
70. **Evans, A. C., & Guild, W. J. M. (1948).** Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. V. Field populations. *Ann. Appl. Biol.*, 35, 485-493. <https://eurekamag.com/research/013/845/013845771.php>

F

71. **FAO. (2024).** propriété physique. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/proprietes-du-sol/proprietes-physiques/fr/#:~:text=Densit%C3%A9,%2C65%20g%2Fcm3.>
72. **Fauconneau, G. (1956).** dosage des protéines et des acides aminés et détermination de leur valeur nutritive.(1). Paper presented at the Annales de zootechnie.
73. **Fernández, R., Bergmann, P., Almodóvar, A., Cosín, D. J. D., & Heethoff, M. (2011).** Ultrastructural and molecular insights into three populations of Aporectodea trapezoides (Dugés, 1828)(Oligochaeta, Lumbricidae) with different reproductive modes. *Pedobiologia*, 54(5-6), 281-290.
74. **Frouz, J. (2018).** Effects of soil macro-and mesofauna on litter decomposition and soil organic matter stabilization. *Geoderma*, 332, 161-172.
75. **Furlong, M. A., Singleton, D. R., Coleman, D. C., & Whitman, W. B. (2002).** Molecular and culture-based analyses of prokaryotic communities from an agricultural soil and the burrows and casts of the earthworm *Lumbricus rubellus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(3), 1265-1279.

G

76. **Gauer, G. (2007).** *Biologie animale.* https://melanie.rayna-web.fr/dossiers/Biologie_animale.pdf
77. **Garrec, J.-P., & Delzenne-Van Haluwyn, C. (2002).** Biosurveillance végétale de la qualité de l'air: concepts, méthodes et applications.
78. **Geret, F., Serafim, A., & Bebianno, M. J. (2003).** Antioxidant enzyme activities, metallothioneins and lipid peroxidation as biomarkers in *Ruditapes decussatus*? *Ecotoxicology*, 12, 417-426.
79. **Gill, H. K., & Garg, H. (2014).** Pesticide: environmental impacts and management strategies. *Pesticides-toxic aspects*, 8(187), 10-5772.
80. **Girard, L., Reix, N., & Mathelin, C. (2020).** Impact des pesticides perturbateurs endocriniens sur le cancer du sein. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie* 48(2), 187-195. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gofs.2019.10.008><https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468718919303216>.

81. **Gonçalves, A. M., Rocha, C. P., Marques, J. C., & Gonçalves, F. J. (2021).** Enzymes as useful biomarkers to assess the response of freshwater communities to pesticide exposure—A review. *Ecological Indicators*, 122, 107303.
82. **Gonçalves, C. R., Marins, A. T., do Amaral, A. M. B., Leitemperger, J., Severo, E. S., Moraes, B. S., . . . Loro, V. L. (2018).** Biochemical responses in freshwater fish exposed to insecticide propoxur. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 100, 524-528.
83. **Gupta, A., & Kumar, S. (2018).** Climate resilient agro-technologies for enhanced crop and water productivity under water deficit agro-ecologies: Scientific Publisher Jodhpur.

H

-
84. **Habig, W. H., Pabst, M. J., & Jakoby, W. B. (1974).** Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J Biol Chem*, 249(22), 7130-7139.
85. **Halaimia, S., Tine, S., Tine-Djebbar, F., & Soltani, N. (2021).** Potential side-effects of a fertilizer on growth, biochemical composition and biomarker responses of the grey worm (*Aporrectodea caliginosa* Savigny, 1826). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(2), 1247-1266.
86. **Hazra, D., & Purkait, A. (2019).** Role of pesticide formulations for sustainable crop protection and environment management: A review. 8, 686-693.
87. **Herger, P. (2003).** Regenwürm. Zentrum für angewandte ökologie schattweid.
88. **Hossain, L., Rahman, R., & Khan, M. S. (2017).** Alternatives of Pesticides (pp. 147-165)
89. **Houda, B., Saleh, M., Zineb, H., Kouloud, B., Mounji, T., Nouha, K., & Fadila, K. (2022).** Effects of a fungicide fosetyl Al 50%+ folpet 25%(Mikal-Flash) on biochemical and histological aspects of *Lumbricus terresteris* earthworms.

I

-
90. **Idrissi, M., Ait Daoud, N., Lahcen, O., Rhalem, N., & Soulaymani, A. (2010).** Intoxication aigüe par les pesticides : Données du Centre Anti Poison du Maroc (1989-2007). *Maroc Toxicologie*, 4, 5-10.
91. **Ishwar, D., Yadav, C., & Devi, N. L. (2017).** Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environ.Sci. & Engg*, Vol. 6. <https://www.researchgate.net/publication/313445102>

J

-
92. **Jamshidi, P., Pishkahi, Z., Karimzadeh, L., Alizadehnohi, M., & Nabiuni, M. (2014).** The Study of Regeneration in Posterior Part of *Aporrectodea Caliginosa*. *Journal of Medical and Bioengineering Vol*, 3(1).
93. **Jégou, D., Brunotte, J., Rogasik, H., Capowiez, Y., Diestel, H., Schrader, S., & Cluzeau, D. (2002).** Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study. *European Journal of Soil Biology*, 38(3-4), 329-336.

94. Jouni, F., Bouchoud, C., Capowiez, Y., Sanchez-Hernandez, J. C., & Rault, M. (2021). Elucidating pesticide sensitivity of two endogeic earthworm species through the interplay between esterases and glutathione S-transferases. *Chemosphere*, 262, 127724.

K

95. Kalyabina, V. P., Esimbekova, E. N., Kopylova, K. V., & Kratasyuk, V. A. (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health - a review. *Toxicol Rep*, 8, 1179-1192. doi: 10.1016/j.toxrep.2021.06.004 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34150527>
96. Kammenga, J. E., Dallinger, R., Donker, M. H., Köhler, H., Simonsen, V., Triebkorn, R., & Weeks, J. M. (2000). Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 164, 93-147.
97. Kanianska, R., Jad'ud'ová, J., Makovníková, J., & Kizeková, M. (2016). Assessment of Relationships between Earthworms and Soil Abiotic and Biotic Factors as a Tool in Sustainable Agricultural. *Sustainability*, 8(9), 906. <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/9/906>
98. Kankam, F. (2021). Causes and management of pesticides contamination in agriculture: A review. *Ghana Journal of Science, Technology and Development*, 7, 2021. doi: 10.47881/265.967x
99. Kaur, R., Mavi, G. K., Raghav, S., & Khan, I. (2019). Pesticides Classification and its Impact on Environment. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(03), 1889-1897. doi: 10.20546/ijcmas.2019.803.224
100. Khalil, A. M. (2016). Impact of methomyl lannate on physiological parameters of the land snail Eobania vermiculata. *The journal of basic & applied zoology*, 74, 1-7.
101. Khandelwal, A. (2017). A study on the impact of pesticides and herbicides on the growth and reproduction of earthworm in Kota region. Ph. D. Thesis.
102. Kumar, J. K. S., Monica, S. S., Vinothkumar, B., Suganthi, A., & Paramasivam, M. (2021). Impact of pesticide exposure on environment and biodiversity: A review. *Agricultural Reviews(Of)*. doi: 10.18805/ag.R-2325 <https://www.researchgate.net/publication/356265868>
103. Kumar, R., Sharma, P., Gupta, R., Kumar, S., Sharma, M. M. M., Singh, S., & Pradhan, G. (2020). Earthworms for eco-friendly resource efficient agriculture. *Resources use efficiency in agriculture*, 47-84.
104. Kumari, S., Yasmin, G., Ullah, U., Iqbal, M., Kanwal, R., Latif, T., . . . Khan, Z. (2020). A review on adverse effects of organochlorine pesticide and other related chemicals on vertebrate biodiversity. *14*, 5069-5076.

L

105. Lackmann, C., Šimić, A., Ečimović, S., Mikuška, A., Seiler, T.-B., Hollert, H., & Velki, M. (2023). Subcellular responses and avoidance behavior in Earthworm Eisenia andrei exposed to Pesticides in the Artificial Soil. *Agriculture*, 13(2), 271.

106. **Lallier, F. H. (2021)**. Sébastien : « comment les vers de terre font pour respirer dans la terre ? ». Retrieved September 28, 2021 8.44pm SAST
107. **Lanno, R., Wells, J., Conder, J., Bradham, K., & Basta, N. (2004)**. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotoxicol Environ Saf*, 57(1), 39-47. doi: 10.1016/j.ecoenv.2003.08.014
108. **Lavelle, P., Pashanasi, B., Charpentier, F., Gilot, C., Rossi, J.-P., Derouard, L., . . . Bernier, N. (1998)**. Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics: St. Lucie Press.
109. **Le Bayon, R.-C., Moreau, S., Gascuel-Oudou, C., & Binet, F. (2002)**. Annual variations in earthworm surface-casting activity and soil transport by water runoff under a temperate maize agroecosystem. *Geoderma*, 106(1-2), 121-135.
110. **Lee, K. E. (1985)**. Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use: Academic Press Inc.
111. **Leiva, J. (2014)**. Imidacloprid Fate and Transport in Florida Flatwoods Soils and Plants During Control of the Asian Citrus Psyllid.
112. **Leoci, R., & Ruberti, M. (2021)**. Pesticides: An overview of the current health problems of their use. *Journal of geoscience and environment protection*, 9(8), 1-20.
113. **Lévêque, C. (1997)**. Etat de santé des écosystèmes aquatiques: l'intérêt des variables biologiques (CEMAGREF Ed.).
114. **Liu, J. (2023)**. Detection, Treatment and Remediation for Organochlorines. *MATEC Web of Conferences*, 386. doi: 10.1051/mateconf/202338603016
115. **Lokesh, R., & Madagoudra, Y. (2021)**. Impact of pesticide usage in agriculture. 3, 421-422.
116. **Lone, A., Thakur, S., Tiwari, N., Sokefun, O., & Yadav, S. (2021)**. Disentangling earthworm taxonomic stumbling blocks using molecular markers. *Journal of Threatened Taxa*, 13, 19566-19579. doi: 10.11609/jott.6888.13.11.19566-19579
117. **Louchahi, M. R. (2015)**. Enquête sur les conditions d'utilisation des pesticides en agriculture dans la région centre de l'algérois et la perception des agriculteurs des risques associés à leur utilisation. INA.

M

-
118. **Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016)**. Effects of pesticides on environment. 253-269. doi: 10.1007/978-3-319-27455-3_13 <https://www.researchgate.net/publication/286042190>.
119. **Maity, S., Roy, S., Chaudhury, S., & Bhattacharya, S. (2008)**. Antioxidant responses of the earthworm *lampito mauritii* exposed to pb and zn contaminated soil. *Environmental pollution*, 151(1), 1-7.

120. **Malagnoux, L. (2014).** Evaluation des impacts environnementaux liés aux pratiques phytosanitaires en vergers de pommiers: approches écotoxicologique et écologique utilisant un auxiliaire des cultures, le forficule. Université d'Avignon.
121. **Manon, G. (2016).** *La perméthrine à usage vétérinaire: Origine, mécanismes d'action, effets toxiques, et implication du pharmacien.* Thèse de Doctorat). Université Angers.
122. **Martin, A. (2016).** *Développement de matériaux innovants à base d'élastomère de silicone pour l'échantillonnage passif de pesticides dans les eaux de surface et de subsurface.*
123. **Martin, P., & Ait Boughrou, A. (2012).** Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du maghreb.
124. **Mathews, F., Kubasiewicz, L., Gurnell, J., Harrower, C., Mcdonald, R., & Shore, R. (2018).** A review of the population and conservation status of british mammals.
125. **Mathias, K. (2011).** Bibliographic study on bio indicator and biomarkers of ecosystem disturbance by pesticides. Hasane 2 Agronomic and Veterinary Institute Agadir Morocco (French).
126. **Mathieu, C., & Pieltain, F. (2003).** Analyse chimique des sols: Méthodes choisies: Tec & doc. <https://books.google.dz/books?id=cDmzAAAACAAJ>
127. **Mathieu, C., Pieltain, F., Asseline, J., Chossat, J. C., & Valentin, C. (1998).** *Analyse physique des sols : Méthodes choisies.* Paris: Lavoisier.
<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010015707>
128. **Mcginley, J., Healy, M., Ryan, P., O'driscoll, J. H., Mellander, P.-E., Morrison, L., & Siggins, A. (2023).** Impact of historical legacy pesticides on achieving legislative goals in europe. *Science of the total environment*, 873, 162312.
129. **Melian, H. (2018).** Protocoles courants des analyses des sols validé par le conseil scientifique de la faculté snv université djillali liabes de sidi bel abbes ,16p.
130. **Merabet Camelia, B. (2022).** Rapport phytosanitaire sur les pesticides commercialisés en algérie. Retrieved from <https://dspace.univ-bba.dz:443/xmlui/handle/123456789/2681>
<https://dspace.univ-bba.dz:443/xmlui/handle/123456789/2681>.
131. **Mesnage, R., & Antoniou, M. N. (2018).** Ignoring adjuvant toxicity falsifies the safety profile of commercial pesticides. *Public Health*, 5. doi: doi: 10.3389/fpubh.2017.00361
file:///C:/Users/asus/Downloads/Ignoring_Adjuvant_Toxicity_Falsifies_the_Safety_Pr.pdf.
132. **Meysman, F. J., Middelburg, J. J., & Heip, C. H. (2006).** Bioturbation: A fresh look at darwin's last idea. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(12), 688-695.
133. **Miglani, R., & Bisht, S. S. (2019).** World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdiscip Toxicol*, 12(2), 71-82. doi: 10.2478/intox-2019-0008.
134. **Miglani, R., & Bisht, S. S. (2019).** World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdisciplinary Toxicology*, 12(2), 71-82.

135. Millet, M., & Bedos, C. (2016). La contamination de l'atmosphère par les produits phytosanitaires. Protéger les végétaux des attaques de pesticides nuisibles. *Pollution atmosphérique*. doi: 10.4267/pollution-atmospherique.5655.
136. Minuț, M., Roșca, M., Cozma, P., & Gavrilesco, M. (2022). Identification of impacts and human health risks produced by the presence of pesticides in the environment i. Pesticides behaviour in the environment. *Annals of the Academy of Romanian Scientists Series on Physics and Chemistry*, 7(2), 83-119. doi: 10.56082/annalsarsciphyschem.2022.2.83.
137. Mishra, J., & Arora, N. (2016). Bioformulations for plant growth promotion and combating phytopathogens: A sustainable approach (pp. 3-33).
138. Mishra, S. K. (2023). Pesticides and their formulations. *Recent Research and Innovation in Plant Protection*. doi: <https://www.researchgate.net/publication/375485765>
file:///C:/Users/asus/Downloads/Ch.5.pdf.
139. Mittelberger, P. (2022). Le ver de terre, véritable «ingénieur de l'écosystème». Retrieved 21/10/2022, from <https://www.virgule.lu/luxembourg/le-ver-de-terre-veritable-ingenieur-de-l-ecosysteme/29116.html>.
140. Mo Xiaohui, M. X., Qiao Yuhui, Q. Y., Sun Zhenjun, S. Z., Sun Xiaofei, S. X., & Li Yang, L. Y. (2012). Molecular toxicity of earthworms induced by cadmium contaminated soil and biomarkers screening.
141. Mokhtari, M. (2017). Recherche des résidus de pesticides appartenent à quelques groupes chimiques de pesticides dans les fruits et légumes récoltés en mitidja. ENSA.
142. Mosleh, Y. Y., Paris-Palacios, S., & Biagianti-Risbourg, S. (2006). Metallothioneins induction and antioxidative response in aquatic worms tubifex tubifex (oligochaeta, tubificidae) exposed to copper. *Chemosphere*, 64(1), 121-128. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.10.045
143. Moumeni, O., Berrebbah, H., Azzouz, Z., Amamra, R., Otmani, H., Alayat, A., . . . Djebar, M. (2016). Effects of cycloxydim on population growth, phagocytosis, contractile vacuole activity and antioxidant responses in the freshwater ciliate (paramecium tetraurelia). *Research Journal of Environmental Toxicology*, 10(2), 115-125.
144. Mustapha Bouziani. (2007). L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires. Retrieved 26 juin 2007, 2007, from <http://www.santetropicale.com/santemag/algerie/poivue51.htm>
145. Myohara, M. (2012). What role do annelid neoblasts play? A comparison of the regeneration patterns in a neoblast-bearing and a neoblast-lacking enchytraeid oligochaete. *PloS one*, 7(5), e37319.

N

146. **Nahmani, J., Hodson, M. E., & Black, S. (2007).** Effects of metals on life cycle parameters of the earthworm *Eisenia fetida* exposed to field-contaminated, metal-polluted soils. *Environ Pollut*, 149(1), 44-58. doi: 10.1016/j.envpol.2006.12.018
147. **Nakanishi, K., Yokomizo, H., & Hayashi, T. I. (2018).** Were the sharp declines of dragonfly populations in the 1990s in Japan caused by fipronil and imidacloprid? An analysis of Hill's causality for the case of *Sympetrum frequens*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 35352-35364.
148. **Ndakidemi, B., Mtei, K., & Ndakidemi, P. (2016).** Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects.
149. **Nieberding, C., Hance, T., Rees, J.-F., Maillieux, A.-C., Remacle, C., Bourdais, D., & Van Doninck, K. (2014).** Diversité et évolution animale: Les non vertébrés.

O

150. **Oguh, C., Oluwanisola, O., Musa, D., & Osuji, C. (2020).** Toxicity impact of chemical pesticide (synthetic) on ecosystem—a critical review. 3, 23-36. doi: 10.36349/EASJALS.2020.v03i02.04.
151. **OMS. (2020).** Classification OMS recommandée des pesticides en fonction des dangers qu'ils présentent et lignes directrices pour la classification 2019.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/334382/9789240011472-fre>.
152. **Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., & Barrios, E. (2016).** Global soil biodiversity atlas: European Commission.
153. **Otmani, H., Tadjine, A., Moumeni, O., Zeriri, I., Amamra, R., Samira, D. B., . . . Berrebbah, H. (2018).** Biochemical responses of the earthworm *Allobophora caliginosa* exposed to cadmium contaminated soil in the northeast of Algeria. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.

P

154. **Pan-Germany. (2012).** Pesticides and health hazards facts and figures. from www.pangermany.org/download/Vergift_EN-201112-web.pdf
155. **Panda, S., & Sahu, S. K. (1999).** Effects of malathion on the growth and reproduction of *Drawida willsi* (Oligochaeta) under laboratory conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(3), 363-366.
156. **Parrino, V., De Marco, G., Minutoli, R., Lo Paro, G., Giannetto, A., Cappello, T., . . . Fazio, F. (2021).** Effects of pesticides on *Chelone labrosus* (Risso, 1827) evaluated by enzymatic activities along the north eastern Sicilian coastlines (Italy). *The European Zoological Journal*, 88(1), 540-548.

157. Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., . . . Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Front Microbiol*, *13*, 962619. doi: 10.3389/fmicb.2022.962619 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36060785>.
158. Pelosi, C. (2008). Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre lumbricus terrestres au champ. Contribution à l'étude de l'impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes. AgroParisTech.
159. Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., & Vandebulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *34*(1), 199-228. doi: 10.1007/s13593-013-0151-z <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0151-z>.
160. Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Néliu, S., . . . Vulliet, E. (2021). Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *305*, 107167.
161. Pelosi, C., Toutous, L., Chiron, F., Dubs, F., Hedde, M., Muratet, A., . . . Makowski, D. (2014). Réduire les pesticides pour augmenter les populations de vers de terre dans les champs cultivés.
162. Pffner, L. (2023). Vers de terre–architectes des sols fertiles: Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL.
163. Ponge, J.-F. (2016). Le ver de terre: Ami ou ennemi? *La Forêt Privée-revue forestière européenne*, *347*, 58-63.
164. Pop, V. (1998). Earthworm biology and ecology: A case study: The genus octodrilus omodeo, 1956 (oligochaeta, lumbricidae), from the carpathians.
165. Potvin, L. R., & Lilleskov, E. A. (2017). Introduced earthworm species exhibited unique patterns of seasonal activity and vertical distribution, and lumbricus terrestris burrows remained usable for at least 7 years in hardwood and pine stands. *Biology and Fertility of Soils*, *53*, 187-198.
166. Poudel, S., Poudel, B., Acharya, B., & Poudel, P. (2020). Pesticide use and its impacts on human health and environment. *Environment & Ecosystem Science*, *4*(1), 47-51. doi: 10.26480/ees.01.2020.47.51 <https://www.researchgate.net/publication/344552484>
167. Pradhan, S., & Mailapalli, D. (2020). Nanopesticides for pest control (pp. 43-74).
168. Products, E. Panel o. P. P., Residues, T., Ockleford, C., Adriaanse, P., Berny, P., Brock, T., . . . Smith, R. H. (2018). Scientific opinion on the state of the science on pesticide risk assessment for amphibians and reptiles. *EFSA Journal*, *16*(2), e05125. doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5125>
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2018.5125>.
169. Puranik, P., & Bhate, A. (2007). Animal forms and functions: *Invertebrata*: Sarup & Sons.

R

170. **Raffa, C. M., & Chiampo, F. (2021).** Bioremediation of agricultural soils polluted with pesticides: A review. *Bioengineering (Basel)*, 8(7). doi: 10.3390/bioengineering8070092 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34356199>.
171. **Rambabu, J. P., & Rao, M. B. (1994).** Effect of an organochlorine and three organophosphate pesticides on glucose, glycogen, lipid, and protein contents in tissues of the freshwater snail *Bellamya dissimilis* (Müller). *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 53(1), 142-148. doi: 10.1007/bf00205151.
172. **Räty, M., & Huhta, V. (2003).** Earthworms and pH affect communities of nematodes and enchytraeids in forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, 38, 52-58.
173. **Ravindran, J., Megha, P., & Puthur, S. (2016).** Review article. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9, 90-100. doi: 10.1515/intox-2016-0012.
174. **Reynolds. (1977).** The earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario. *Life Sciences, Miscellaneous Publications, Royal Ontario Museum, Toronto, Ontario, Canada. Reynolds The earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario 1977.*
175. **Reynolds, J. (2022).** The earthworms (Lumbricidae, Megascolecidae and Sparganophilidae) in Canada.
176. **Richardson, J. R., Fitsanakis, V., Westerink, R. H. S., & Kanthasamy, A. G. (2019).** Neurotoxicity of pesticides. *Acta Neuropathol*, 138(3), 343-362. doi: 10.1007/s00401-019-02033-9 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31197504>
177. **Riva, C. (2017).** Application de la démarche de drug-design pour la conception de nouveaux médicaments vétérinaires contre le parasite *Varroa destructor* (Acari : Varroidae).
178. **Robea, M.-A., Nicoară, M., Plăvan, G., Ciobîcă, A., & Strungaru, Ş.-A. (2019).** An overview on toxicological effects of pyrethroid insecticide deltamethrin. *BIOLOGIE ANIMALĂ*.

S

-
179. **Samal, S., Mishra, C., & Sahoo, S. (2020).** Dermal, histological anomalies with variations in enzyme activities of the earthworms *Lampito mauritii* and *Drawida willsi* after short term exposure to organophosphate pesticides. *Invertebrate Survival Journal*, 17, 117-128.
180. **Samanta, P., Pal, S., Mukherjee, A. K., & Ghosh, A. R. (2014).** Biochemical effects of glyphosate based herbicide, Excel Mera 71 on enzyme activities of acetylcholinesterase (AChE), lipid peroxidation (LPO), catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) and protein content on teleostean fishes. *Ecotoxicology and environmental safety*, 107, 120-125.
181. **Sancho, E., Ferrando, M. D., Fernández, C., & Andreu, E. (1998).** Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure to fenitrothion. *Ecotoxicol Environ Saf*, 41(2), 168-175. doi: 10.1006/eesa.1998.1689.

182. **Schraer. (1987).** Biology the study of life 87: Allyn & Bacon, Incorporated.
<https://books.google.dz/books?id=53MXYmsOABQC>.
183. **Schreck, E., Geret, F., Gontier, L., & Treilhou, M. (2008).** Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *aporrctodea caliginosa nocturna*. *Chemosphere*, 71(10), 1832-1839.
184. **Science Daily. (2014).** Pesticides make the life of earthworms miserable. Retrieved (March 25, 2014), from <https://www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140325113232.htm>
185. **Simranjeet Singh, J. S. (2020).** Pesticides: Intoduction, types et toxicité., *vol, 20*, pp. 3170-3174. <https://www.researchgate.net/publication/344160915> .
186. **Sims, R. W., & Gerard, B. M. (1985).** Earthworms: Keys and notes for the identification and study of the species (Vol. 31): Brill Archive.
187. **Sims, R. W., & Gerard, B. M. (1999).** Earthworms: Notes for the identification of british species: Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association.
188. **Singh, J. (2018).** Role of earthworm in sustainable agriculture *Sustainable food systems from agriculture to industry* (pp. 83-122): Elsevier.
189. **Singh, S., Kumar, V., Singla, S., Sharma, M., Singh, D. P., Prasad, R., . . . Singh, J. (2020).** Kinetic study of the biodegradation of acephate by indigenous soil bacterial isolates in the presence of humic acid and metal ions. *Biomolecules*, 10(3), 433.
190. **Slama Salim. (2018).** Algerie. L'utilisation des produits phytosanitaires dans l'agriculture: L'inquiétante situation. Retrieved 18 juin 2018.
191. **Soares, W. L., & De Souza Porto, M. F. (2009).** Estimating the social cost of pesticide use: An assessment from acute poisoning in brazil. *Ecological Economics*, 68(10), 2721-2728.
192. **Sóti, C., & Csermely, P. (2007).** Protein stress and stress proteins: Implications in aging and disease. *Journal of biosciences*, 32, 511-515.
193. **Sourav. (2023).** Système nerveux du ver de terre.
194. **Spurgeon, D. J., & Hopkin, S. P. (1996).** Effects of variations of the organic matter content and ph of soils on the availability and toxicity of zinc to the earthworm *eisenia fetida*. *Pedobiologia*.
195. **Stenersen, J. (2004).** *Chemical pesticides mode of action and toxicology*: CRC press.
196. **Suomalainen, E. (1950).** Parthenogenesis in animals. *Advances in genetics*, 3, 193-253.
197. **Svendsen, T. S., Hansen, P. E., Sommer, C., Martinussen, T., Grønvold, J., & Holter, P. (2005).** Life history characteristics of *lumbricus terrestris* and effects of the veterinary antiparasitic compounds ivermectin and fenbendazole. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5), 927-936.
198. **Świątek, Z. M., & Bednarska, A. J. (2019).** Energy reserves and respiration rate in the earthworm *eisenia andrei* after exposure to zinc in nanoparticle or ionic form. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 24933-24945.

T

-
199. Tiwari, R., Singh, S., Pandey, R., & Sharma, B. (2016). Enzymes of Earthworm as Indicators of Pesticide Pollution in Soil. *Advances in enzyme research*, 4, 113-124. doi: 10.4236/aer.2016.44011.
200. Tiwari, R. K., Singh, S., Pandey, R. S., & Sharma, B. (2016). Enzymes of earthworm as indicators of pesticide pollution in soil. *Advances in enzyme research*, 4(04), 113.
201. Touzout, N. (2022). Réponses écophysiological des plantes cultivées aux stress xénobiotiques. Approches expérimentales en microcosmes. Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis.

V

-
202. Vigot, M., & Cluzeau, D. (2014). Les vers de terre. *Chambre d'Agriculture de la Vienne, Vienne*.
203. Vindimian, E. (1996). La biosurveillance.
204. Walkley, A., & Black, C. (2003). Centre d'expertise en analyse environnementale du québec et ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du québec. *Détermination de la matière organique par dosage du carbone organique dans les sols agricoles: méthode Walkley-Black modifiée, MA*.

W

-
205. Wu, J., Ren, Z., Zhang, C., Motelica-Heino, M., Deng, T., Wang, H., & Dai, J. (2020). Effects of soil acid stress on the survival, growth, reproduction, antioxidant enzyme activities, and protein contents in earthworm (*eisenia fetida*). *Environ Sci Pollut Res Int*, 27(27), 33419-33428. doi: 10.1007/s11356-019-04643-y.

X

-
206. Xue, Y., Gu, X., Wang, X., Sun, C., Xu, X., Sun, J., & Zhang, B. (2009). The hydroxyl radical generation and oxidative stress for the earthworm *eisenia fetida* exposed to tetrabromobisphenol a. *Ecotoxicology*, 18, 693-699.

Y

-
207. Yesguer, S. (2015). Evaluation de l'écotoxicité de certains pesticides sur les sols par l'utilisation d'un biotest: *Cas des lombricidés*. Thèse de doctorat: Université de Bejaia.
208. Yesudhasan, B. V., Jegathambigai, J., Thangasamy, P. A., Lakshmanan, D. D., Selvan Christyraj, J. R. S., Sathya Balasingh Thangapandi, E. J. J., . . . Sivasubramaniam, S. (2013). Unique phenotypes in the sperm of the earthworm *eudrilus eugeniae* for assessing radiation hazards. *Environmental monitoring and assessment*, 185, 4745-4752.

Z

209. **Zeriri, I. (2014).** Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates. Université de Annaba-Badji Mokhtar.
210. **Zirbes, L., & Haubruge, E. (2009).** Les vers de terre: Écologie et gestion des déchets.

Annexes

Annexe 01 : Questionnaires auprès des agriculteurs et des vendeurs



جامعة ألكى موخذ أولحاج كلية علوم الطبيعة والحياة و علوم الارض

إستفسار / Questionnaire

للمزارعين/ Pour les agriculteurs

N° de série / رقم السلسلة :.....

La date de l'enquête/ التاريخ التحقيق :.....

Lieu/المكان.....

Age des personnes interrogées/ عمر الاشخاص المعنيين : le niveau d'éducation/ مستوى التعليم:

21-30.....

Aucun (primaire non achevé)/ لا شيء....

31-40.....

Primaire/ابتدائي.....

41-50.....

Secondaire/ثانوي.....

51-60.....

Universitaire / جامعي.....

61-70.....

Conduit de la culture/ ادارة الزراعة:

❖ Plein champ/حقل ❖ Sous terre/بيت بلاستيكي

Type de la culture/ نوع المحصول :..... Variété/ متنوع :.....

Utilisez-vous des pesticides sur vos cultures ? هل تستخدمون مبيدات على محاصيلكم ?

Oui/ نعم: Parfois/ أحيانا: Non/ لا:

Quel type de formulation de pesticides utilisez-vous? ما نوع تركيبة المبيدات التي تستعملونها ?

Liquide/ سائلة Solide/ صلبة Gazeux/ غازية

Les produits utilisés/المنتجات المستعملة :

❖ Insecticides/ مبيدات حشرية: ❖ Fongicides/ مبيدات فطرية: ❖ Herbicides/ مبيدات أعشاب: ❖ Acaricides/ مبيدات اقراد: ❖ Autres/ اخرى:

Quel est l'autre type ?/ ما هو النوع الاخر ?

.....

Comment sont utilisés ?/ كيف يتم استخدامها ?

Individuellement / فردية Mélange / مزيج

La Superficie Réelle Traitée/المساحة المعالجة	Période De Traitement/ فترة العلاج	Dose Appliquée Sur La Surface Traitée/ كمية الجرعة المطبقة على المساحة المعالجة

Critères De Sélection Lors De L'achat Des Produits/ معايير الاختيار عند شراء المنتجات:

Efficacité /فعالية: sélectivité / الانتقائية: facilité d'emplois / سهولة الاستخدام:

Toxicité / السمية: Risque Environnementale / مخاطر بيئية: Autre/ اخرى:

Type de pulvérisateur utilisé/ نوع البخاخة المستعملة:

- Manuel/ يدوي:
- Moderne / حديث:
- Autres/ اخرى:

Dosage des produits/ الجرعة المستخدمة:

Respecté / محترمة: Non Respecté / غير محترمة:

Formation sur l'application des produits phytosanitaire/ دورة تكوينية حول المبيدات:

Oui/ نعم: Non/ لا:

Mesures de protection lors des traitements phytosanitaires/ تدابير وقائية أثناء معالجة المحاصيل:

Masques De Protection / قناع وقاية: Gants/ قفازات: Lunettes / نظارات:

Combinaison / سترة: Bottes/ أحذية:

Est-ce-que vous avez déjà eu des symptômes en utilisant ces produits ?/ هل عانيت من قبل من / أي أعراض عند استخدامك هذه المنتجات:

Oui/ نعم: Non/ لا:

Lesquels/ ماهي:.....

Quelles sont les mesures mis en place pour assurer la protection de la faune du sol/ ما هي / التدابير المتخذة لحماية حيوانات التربة:

.....

Etes-vous conscients de l'impact des pesticides sur les vers de terre/ هل انت على دراية بتأثير / المبيدات على ديدان الأرض:

.....



جامعة ألكي موحد أولحاج كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض

إستفسار / Questionnaire

للبائعين/ Pour les vendeurs



N° de série السلسلة رقم:.....

La date de l'enquête/ التاريخ التحقيق :.....

Lieu/المكان:.....

Le niveau d'éducation du vendeur/ المستوى التعليمي للبائع ?

Aucun (primaire non achevé)/ لا شيء.....

Primaire/ابتدائي

Secondaire/ثانوي.....

Universitaire /جامعي.....

Avez-vous bénéficié d'une formation sur les pesticides/ هل سبق لك ان استفدت من تكوين على /المبيدات

Oui/ نعم:

Non/ لا:

Quels sont les moyens d'information que vous utilisez pour choisir les produits / ما هي / وسائل المعلومات المستعملة لاختيار المنتجات

- ❖ index / فهرس
- ❖ revendeurs / تاجر
- ❖ sites internet / مواقع انترنت
- ❖ autres / اخرى

Critères De Sélection Lors De L'achat Des Produits/ معايير الاختيار عند شراء المنتجات

Efficacité /فعالية: sélectivité / الانتقائية: facilité d'emplois / سهولة الاستخدام:

Toxicité / السمية Risque Environnementale / مخاطر بيئية Autre/ اخرى

Quels sont les produits présentés à la vente ?

- ❖ Insecticides/ مبيدات حشرية
- ❖ Fongicides/ مبيدات فطرية
- ❖ Herbicides/ مبيدات أعشاب
- ❖ Acaricides/ مبيدات اقراد
- ❖ Autres/ اخرى

Quels sont les produits les plus achetés/ ما هي المنتجات الأكثر مبيعا

- ❖ Insecticides/ مبيدات حشرية
- ❖ Fongicides/ مبيدات فطرية
- ❖ Herbicides/ مبيدات أعشاب
- ❖ Acaricides/ مبيدات اقراد
- ❖ Autres/ اخرى

Lors de la vente recommandez-vous vos clients de respecter la période de traitement/ عند البيع هل تنصح الزبائن باحترام فترة المعالجة ؟

Oui/ نعم:

Non/ لا:

Pourquoi non/لا لماذا ؟

.....

Est-ce-que vous conseillez les clients sur la protection des organismes du sol/ هل تنصح زبائنك على حماية كائنات التربة ؟

Oui/ نعم:

Non/ لا:

Pourquoi non/لا لماذا ؟

.....

Annexe 02 : Quelques photos prises lors des analyses physico-chimiques du sol.

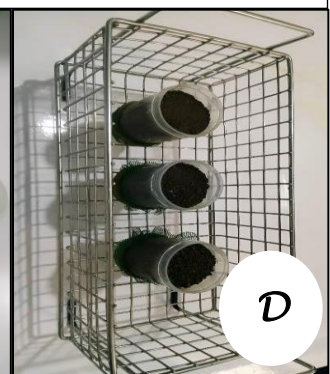
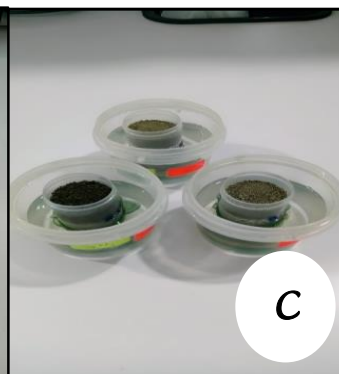
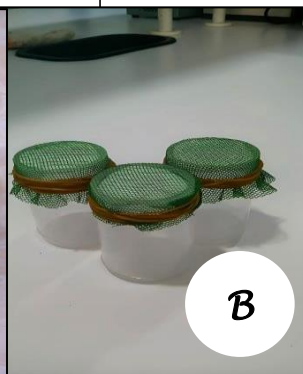
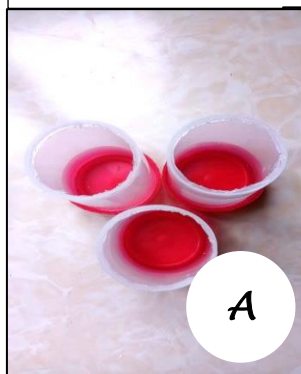


Mesure de température du sol



Evaluation du taux d'humidité

(A) : pesage des échantillons (B) : 3 répétitions (C) : séchage à l'étuve



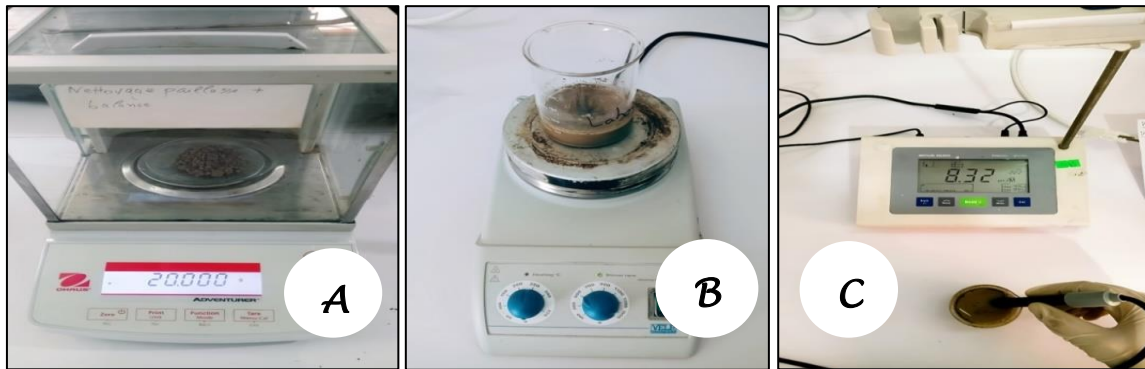
Evaluation de la capacité de rétention en eau du sol.

(A): préparation des tubes (B) : remplacement du fond par la grille (C) : tubes immergées dans les récipients (D) : repos pendant 15 minutes (drainage).



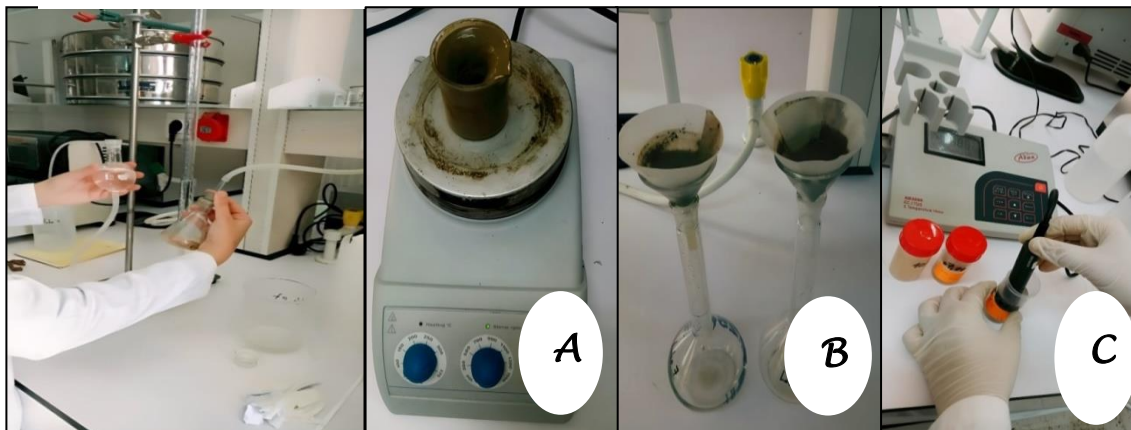
Les étapes impliquées dans le dosage du carbone organique.

(A): Etuve réglé à 220°C (B) : Dessiccateur (C) : les creusets dans le four électrique (E) : four électrique réglé à 450°C.



Détermination du pH du sol.

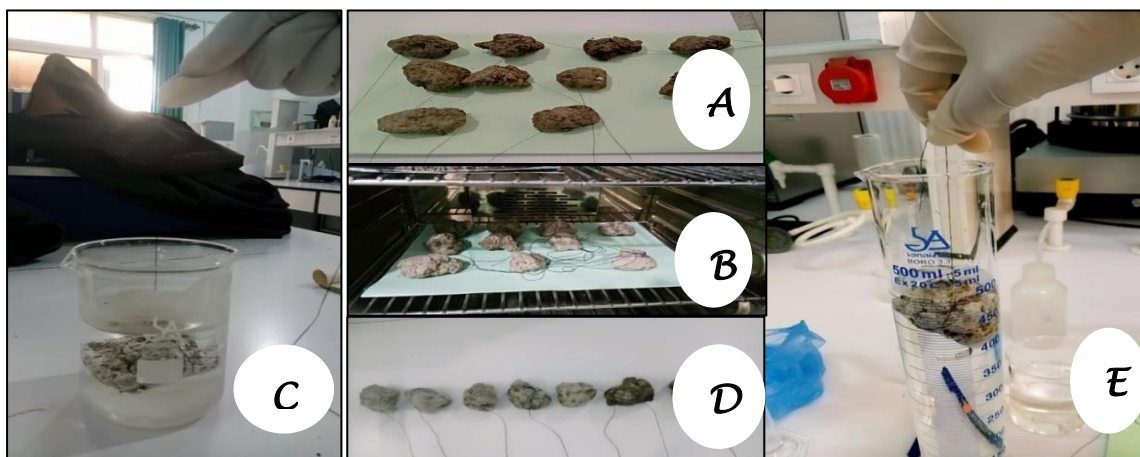
(A) : Pesage du sol (B) : Agitation (C) : pH mètre à électrode .



Evaluation du taux de calcaire totale de l'échantillon du sol.

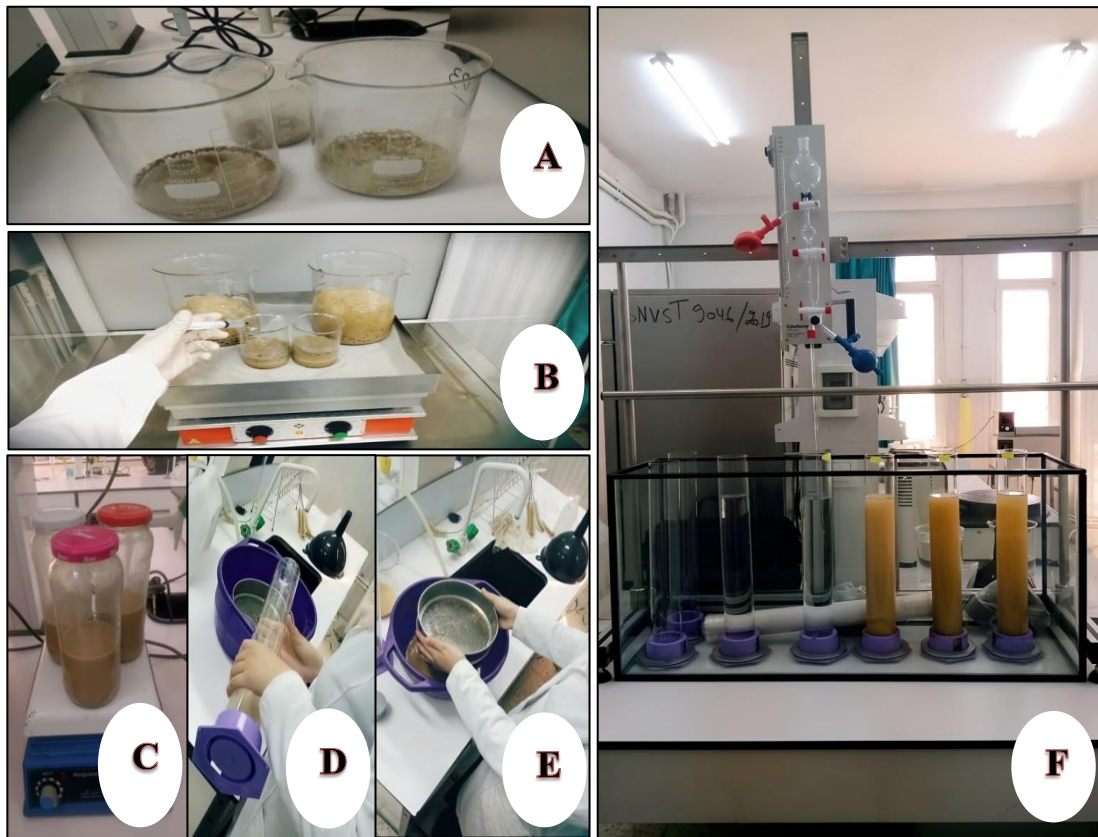
Mesure de la salinité du sol à l'aide d'un conductimètre.

(A) : Agitation (B) : Filtration (C) : Lecture Des Résultats



Les étapes impliquées dans l'estimation de la porosité du sol.

(A): enrobage des agrégats par un fil fin (B) : séchage à l'étuve (C) : paraffinage (D) : les agrégats paraffinés (E) : agrégat immergé).



Les étapes impliquées dans l'analyse granulométrique.

(A): Attaque à froid (B) : Attaque à chaud (C) : Agitation (D) : Echantillon mis sur les tamis (E) :
Tamisage (F) Pipette de robinson.

Résumé

Bien que les pesticides soient spécialement conçus pour protéger les cultures contre les ravageurs, des expériences ont montré qu'ils représentent une source de pollution environnementale et un danger pour la santé publique. Le présent travail consiste à évaluer les effets d'un fongicide nommé ORTIPLUS (Azoxystrobine 20% + Difenconazole 12.5%) sur deux paramètres biochimiques, à savoir les teneurs en protéines totales et l'activité spécifique des glutathion-S-transférase (GSTs), chez les adultes de vers de terre d'*Aporrectodea trapezoides*. Ces derniers, prélevés à partir d'un sol de la commune d'Ain El Hadjar, vivent dans un milieu alcalin, riche en matière organique, non salé, très calcaire et argileux, un milieu propice à la vie de cette espèce. Le choix du fongicide s'est basé sur une enquête menée auprès des agriculteurs et des points de vente de la wilaya de Bouira, révélant qu'ORTIPLUS est le plus employé par les agriculteurs de la région. Les résultats des dosages biochimiques ont montré des variations importantes dans les teneurs en protéines totales ainsi que dans les teneurs des glutathions-s-transférase (GSTs) entre les témoins et les individus traités avec des concentrations de 12.5% (0,21ml/l), 25% (0,42ml/l), 50% (0,83ml/l) et 100% (1,66ml/l) d'ORTIPLUS durant 24h, 48h et 72 h. Ce travail révèle que le fongicide ORTIPLUS agit de façon très significative sur les paramètres biochimiques mesurés d'*Aporrectodea trapezoides*, en fonction de la dose et le temps d'exposition.

Mots clé : *Aporrectodea trapezoides*, fongicide Ortiplus, Toxicité aigüe, GSTs, protéines totales, Ain Hadjar.

Abstract

Although pesticides are specifically designed to protect crops against pests, experiments have shown that they represent a source of environmental pollution and a danger to public health. The aim of the present study was to evaluate the effects of a fungicide called ORTIPLUS (Azoxystrobin 20% + Difenconazole 12.5%) on two biochemical parameters, namely total protein levels and the specific activity of glutathione-S-transferase (GSTs), in adult *Aporrectodea trapezoides* earthworms. The worms, sampled from soil in the Ain El Hadjar commune, live in an alkaline, organic-rich, non-saline, highly calcareous and clayey environment, which is ideal for this species. The choice of fungicide was based on a survey of farmers and sales outlets in the wilaya of Bouira, revealing that ORTIPLUS is the most widely used by farmers in the region. Biochemical assay results showed significant variations in total protein and glutathione transferase (GST) levels between controls and individuals treated with concentrations of 12.5% (0.21ml/l), 25% (0.42ml/l), 50% (0.83ml/l) and 100% (1.66ml/l) ORTIPLUS during 24h, 48h and 72h. This work reveals that the fungicide ORTIPLUS acts very significantly on the measured biochemical parameters of *Aporrectodea trapezoides*, as a function of dose and exposure time.

Key words : *Aporrectodea trapezoides*, Ortiplus fungicide, Acute toxicity, GSTs, total proteins, Ain El Hadjar.

المخلص

على الرغم من أن مبيدات الآفات مصممة خصيصًا لحماية المحاصيل من الآفات، إلا أن التجارب أظهرت أنها مصدر تلوث للبيئة وخطر على الصحة العامة. كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم آثار مبيد فطري يسمى أورتيبلوس (أزوكسيستروبين 20% + ديفينوكونازول 12.5%) على اثنين من البارامترات الكيميائية الحيوية، وهما مستويات البروتين الكلي والنشاط النوعي لغلوتاثيون-إس-ترانسفيراز (GSTs)، على ديدان الأرض البالغة من نوع *Aporrectodea trapezoides*. تعيش الديدان التي تم أخذ عينات منها و من التربة في بلدية عين الحجر في بيئة قلبية غنية بالمواد العضوية وغير مالحة وكلسية جدًا وطينية، وهي بيئة ملائمة لحياة هذا النوع. اعتمد اختيار مبيد الفطريات على دراسة استقصائية للمزارعين ونقاط البيع في ولاية البويرة، والتي كشفت أن مبيد الفطريات أورتيبلوس هو الأكثر استخدامًا من قبل المزارعين في المنطقة. أظهرت نتائج المقاييسات البيوكيميائية اختلافات كبيرة في مستويات البروتين الكلي وغلوتاثيون ترانسفيراز (GST) بين الأفراد المعالجين بتركيزات 12.5% (0.21 مل/لتر) و 25% (0.42 مل/لتر) و 50% (0.83 مل/لتر) و 100% (1.66 مل/لتر) من أورتيبلوس لمدة 24 ساعة و 48 ساعة و 72 ساعة. يُظهر هذا العمل أن مبيد الفطريات أورتيبلوس له تأثير كبير جدًا على البارامترات الكيميائية الحيوية المقاسة على *Aporrectodea trapezoides* اعتمادًا على الجرعة ووقت التعرض.

الكلمات المفتاحية : *Aporrectodea trapezoides*، مبيد الفطريات أورتيبلوس، السمية الحادة، GST البروتينات الكلية، عين الحجر.