



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi -Tébessa-

Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie

Département des Êtres Vivants

Mémoire de master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (SNV)

Filière : Sciences biologiques

Option : Ecophysiologie animale

Thème :

La toxicité d'un herbicide commercialisé à l'égard de deux espèces de vers de terre

Présenté par :

M^{elle} SOUALMIA BASMA

M^{elle} MEZHOUD HOUDA

Devant le jury :

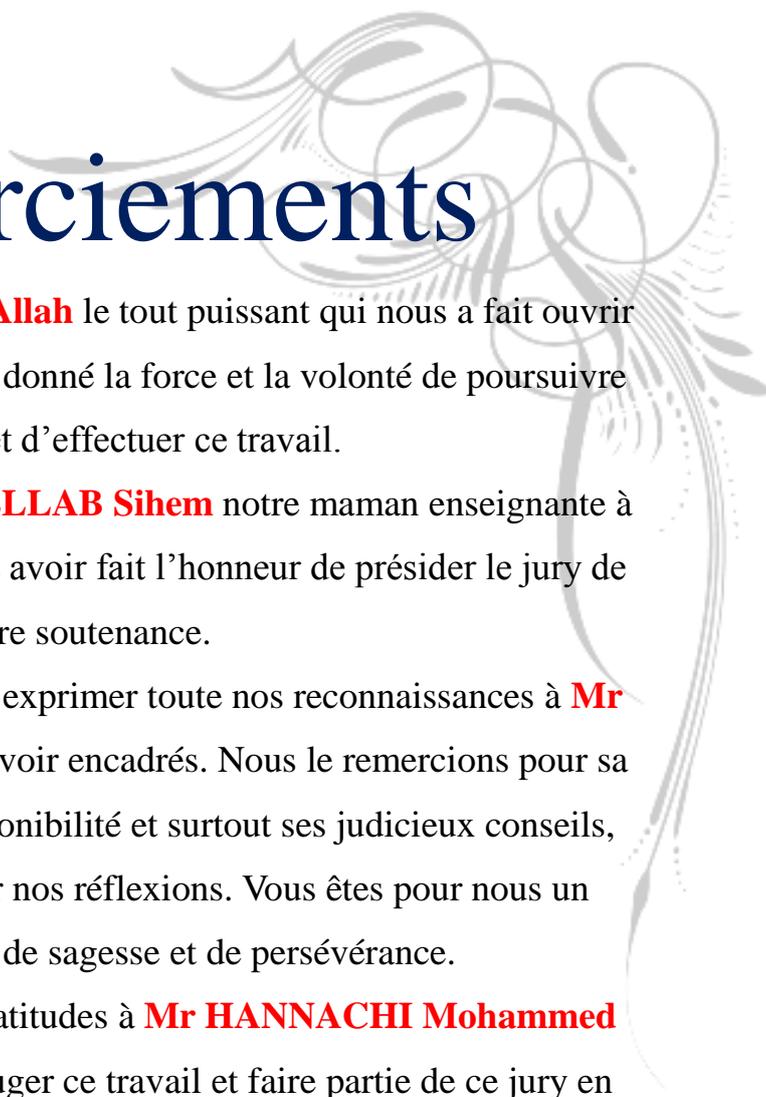
Mme. DJELLAB Sihem	MCA	Université de Tébessa	Présidente
Mr. BOUAZDIA Karim	MCA	Université de Tébessa	Promoteur
Mr. HANNACHI Mohamed S.	MCB	Université de Tébessa	Examineur

La date de soutenance : 06/06/2023

Note : /20

Année universitaire : 2022/ 2023

Remerciements



Tout d'abord nous remercions **Allah** le tout puissant qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, qui nous a donné la force et la volonté de poursuivre nos études et d'effectuer ce travail.

On tient à remercier **Mme DJELLAB Sihem** notre maman enseignante à l'université de Tebessa de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

En premier lieu, nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à **Mr BOUAZDIA Karim** de nous avoir encadrés. Nous le remercions pour sa patience, sa confiance, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions. Vous êtes pour nous un magnifique modèle de sagesse et de persévérance.

Nous exprimons toutes nos gratitudees à **Mr HANNACHI Mohammed Salah** pour avoir accepté de juger ce travail et faire partie de ce jury en qualité d'examineur.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui nous ont aidés ou qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions Particulièrement les enseignants du département des êtres vivants.

Merci à tous



Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que Je dédie ce mémoire

...

A ma mère **Fadha**

la personne la plus chère à moi, celle qui s'est donnée tant de mal pour bien nous éduquer, qui s'est Battue pour voir ses enfants réussir. Que Dieu la protège. Merci **maman** je te dois tout.

A mon cher père **Nadji**

cehéro, cet exemple, l'homme que s'est Sacrifié pour le bien-être de ses enfants, celui qui travail de Jour comme de nuit pour que ses enfants ne manquent de rien, en expirant les voir réussir. Un grand merci cher **papa**.

À mes chers frères

Rabah et **Khaled** et **Chabbi** et **Abde louahab** et **Abdel karim**

A mes chères soeurs

Ouarda, **Khira**, **Ratiba** et **Cherifa**

A toute ma famille de près et de loin

Tous mes amis et connaissances, en particulier mes amis **Houda**

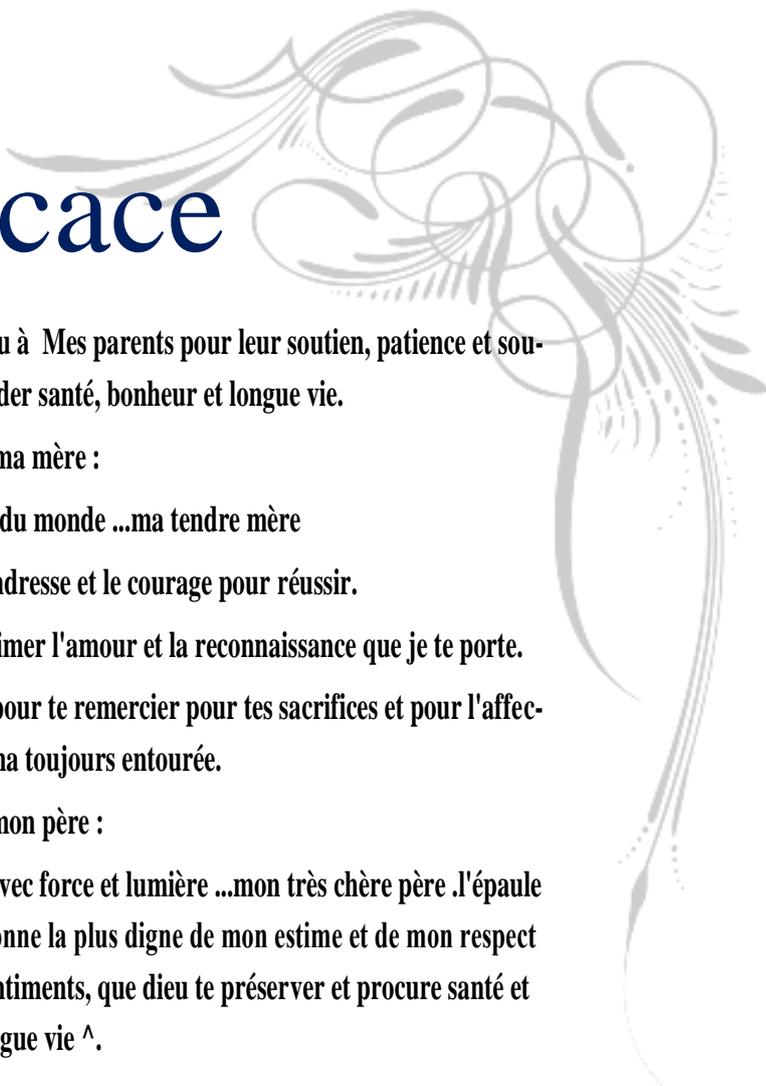
et **Asma** et **Basma**.

Un merci spécial à mon oncle **Hamza**, merci beaucoup

Merci pour tous les moments de bonheur que vous m'offrez. Je vous souhaite une vie pleine de succès, de joie et de bonheur.

BASMA

Dédicace



Je dédie ce modeste mémoire En premier lieu à Mes parents pour leur soutien, patience et soutien puisse dieu vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A ma mère :

"A la plus belle perle du monde ...ma tendre mère

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.

A mon père :

^A celui qui a toujours garni Mes chemins avec force et lumière ...mon très chère père .l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et procure santé et longue vie ^.

•A mes adorables sœurs:Soumaya,Saïda.

•A ma petite princesse :Nour Elyakine .

•A mes adorables frères :Hicham,

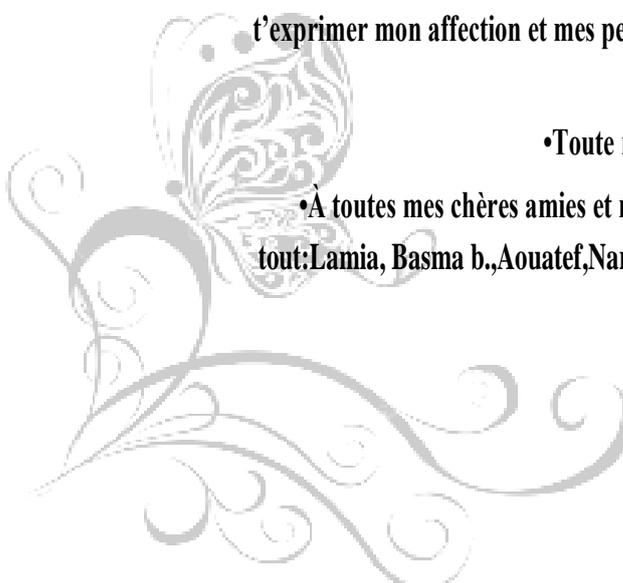
Oussama,Farouk.

•À mon cher ami Baha , je vous suis si reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi, vous êtes l'épaule stable qui n'a jamais basculé.

A mon binôme :**Soualmia basma** Je ne peux pas trouver les mots justes et sincères pour t'exprimer mon affection et mes pensées, tu es pour moi une sœur je te souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

•Toute ma famille, mes tantes et oncles.

•À toutes mes chères amies et mes collègues qui m'ont soutenu de loin ou de près surtout:Lamia, Basma b.,Aouatef,Nardjes,Abir,Ismahane ,Hadil,Manel,Asma,Aïcha et Yamina.



Houda

Résumé

Les données algériennes sur les vers de terre se sont enrichies, mais restent toutefois insuffisantes. Dans notre travail, on a d'abord identifié les différentes espèces de vers de terre collectés dans le site d'échantillonnage Boulhef Dyr. Ainsi, on a pu identifier trois espèces : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea* et *Eisenia fetida*. L'espèce la plus abondante était *A.caliginosa*. On a aussi estimé la biomasse ($74.81 \pm 19.54 \text{ g/m}^2$) et l'abondance ($293,33 \pm 183,85 \text{ individus/m}^2$) des vers de terre dans le site d'échantillonnage.

D'autre part, on a évalué l'effet d'un herbicide de la famille des sulfonilurées (Oscar 75) chez les adultes d'*A.caliginosa* et *A.rosea* sur deux biomarqueurs : l'activité enzymatique de la GST et le taux de protéines total. Pour une meilleure exploitation des résultats, nous avons testé deux concentrations sub-létales de l'herbicide.

Nos résultats montrent un effet sur l'activité de GST qui a diminué de manière significative chez les séries traitées par la CL10 (*A.caliginosa*) et CL25 (*A.rosea*) après 48 heures d'exposition. Cependant, le niveau de la protéine n'a pas changé chez les vers traités par CL10 et CL25 pour les deux espèces étudiées après 48 heures.

Mots clés : *A.caliginosa*, *A.rosea*, *E.fetida* , Oscar 75, biomasse, abondance, GST, protéines.

Abstract

Algerian data about earthworms have been increased, but remains scarce . In our study, we first identified the different species of earthworms collected in the Boulhef Dyr sampling site. , we managed to identify three species : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea* and *Eisenia fetida*. The most abundant species was *A.caliginosa*. The biomass (74.81 ± 19.54 g/m²) and abundance (293.33 ± 183.85 individuals/m²) of earthworms in the sampling site has been also estimated.

In addition, the effect of a sulfonylurea herbicide (Oscar75) was evaluated in treated adults of *A.caliginosa* and *A.rosea* on two biomarkers : GST enzymatic activity and total protein level. For a better exploitation of the results, we tested two sub-lethal concentrations of the herbicide.

Our results show an effect on GST activity which decreased significantly in the series treated with CL10 (*A.caliginosa*) and CL25 (*A.rosea*) after 48 hours of exposure. However, the level of the protein did not change in the worms treated with CL10 and CL25 for the two species studied after 48 hours.

Keywords : *A.caliginosa*, *A.rosea*, *E.fetida*, Oscar 75, biomass, abundance, GST, proteins. .

ملخص:

تم إثراء البيانات الجزائية حول ديدان الأرض ، لكنها لا تزال غير كافية. في عملنا ، حددنا أولاً الأنواع المختلفة من ديدان الأرض التي تم جمعها في موقع أخذ عينات بولحاف الدير. وهكذا ، تمكنا من تحديد ثلاثة أنواع: *Aporrectodea caliginosa* و *Aporrectodea rosea* و *Eisenia fetida*. وكان النوع الأكثر وفرة هو *A.caliginosa*. كما تم تقدير الكتلة الحيوية (19.54 ± 74.81 جم / م²) ووفرة (293.33 ± 183.85 فرد / م²) من ديدان الأرض في موقع أخذ العينات.

من ناحية أخرى ، تم تقييم تأثير مبيد أعشاب (Sylfonurée (Oscar75 في البالغين من *A.caliginosa* و *A.rosea* باستخدام مؤشرين حيويين : النشاط الانزيمي GST ومستوى البروتين الكلي. من أجل استغلال أفضل للنتائج ، قمنا باختبار تركيزين مختلفين شبه مميتين من المبيد العشبي المختار.

تظهر نتائجنا تأثيراً على نشاط GST الذي انخفض بشكل ملحوظ في السلسلة المعالجة بـ (*A.caliginosa*) CL10 و (*A.rosea*) CL25 بعد 48 ساعة من التعرض. ومع ذلك ، لم يتغير مستوى البروتين في الديدان المعالجة بـ CL10 و CL25 للنوعين المدروسين بعد 48 ساعة.

الكلمات المفتاحية: *A.caliginosa* ، *A.rosea* ، *Eisenia fetida* ، Oscar 75 ، الكتلة الحيوية ، الوفرة ، GST ، البروتينات

SOMMAIRE	
Remerciement	
Dédicace	
Table de matière	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
RESUMES	
Français	
Anglais	
Arabe	
<i>INTRODUCTION</i>	1
<i>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
I.Généralités sur les vers de terre :	4
1. Systématique :	4
2. Morphologie :	5
2.1.Le prostomium :	5
2.2. Le metastomium (soma) :	6
2.3. Le pygidium :	6
3. Critères morphologiques :	7
3.1. Segmentation :	7
3.2. Soies :	7
3.3. Caractères sexuels externes :	8
3.4.Taille :	9
4. Critères anatomiques internes :	10
4.1. Le tube digestif :	10
4.2. Le système nerveux :	11
4.3. Le système circulatoire :	11
4.4. Le système excréteur :	11
4.5. Le système reproducteur :	11
4.6. Le système respiratoire :	12
5. Répartition écologique:	12
6.Le cycle de vie :	13
II. Généralités sur les pesticides :	15
1. Définition des pesticides :	15
2. Classification des pesticides :	15
3.Les herbicides:	15
3.1. Définition :	15
3.2. Composition et formulation :	16
3.3.Mode d'action :	17
3.4.Toxicité des herbicides :	17
3.4.1.Impact sur l'homme	17
3.4.2.Impact sur l'animal	18
3.4.3.Impact sur l'environnement	18
4. OSCAR-75 % :	18
4.1Définition :	18

4.2. sulfonyleurés :	19
4.2.1.Définition	19
4.2.2.Chimie des herbicides sulfonyleurés :	19
4.2.3. Propriétés physico-chimiques des sulfonyleurés :	20
4.2.4.Activité herbicide et mode d'action des sulfonyleurés :	20
MATERIEL ET METHODES	
III. Dispositif expérimental	23
1. Présentation du site de collecte des vers de terre	23
1.1. Situation géographique :	23
2.Prélèvement des échantillons :	24
3.Choix de l'espèce	25
4.Travaux au laboratoire	27
4.1. Rinçage et tri des vers de terre	27
5. Méthode d'identification et description des espèces :	28
6.Condition expérimentale :	28
7. Test de toxicité :	29
7.1. Traitement :	29
8. Méthodes de dosage:	30
8.1. Dosage des Protéines totales :	30
8.2. Dosage de l'activité Glutathion S-Transférase (GST) :	30
9.Analyse statistique :	31
RESULTATS	
1.Biomasse et abondance totale :	33
2.Abondance relative au stade de développement :	33
3. Identification :	33
3.1 <i>Aporrectodea caliginosa</i> :	34
3.2 <i>Aporrectodea rosea</i> :	34
3.3. <i>Eisenia fetida</i> :	35
4. Effet de l'herbicide Oscar sur les biomarqueurs	37
4.1 Effet de l'herbicide Oscar sur la quantité totale de protéines :	37
4.1.1 <i>A.caliginosa</i> :	37
4.1.2 <i>A.rosea</i> :	38
4.1.3 Comparaison de la quantité de protéines totales chez les deux espèces :	39
4.2. Effet de l'herbicide Oscar sur l'activité Glutathion-S-Transférase :	39
4.2.1. <i>A.caliginosa</i> :	39
4.2.2. <i>A.rosea</i> :	40
4.2.3 Comparaison de l'activité GST chez les deux espèces :	41
4.3 Corrélation entre quantité de protéines et activité enzymatique de la GST :	41
DISCUSSION	
1.La densité :	43
2.Biomasse :	44
3.Identification :	44
3.1 <i>A.caliginosa</i> :	45
3.2 <i>A.rosea</i> :	45
3.3 <i>E.fetida</i> :	45
4.Effet sur les bio marqueurs :	46
4.1. Effet sur la quantité totale de protéines :	46
2.2.Effet sur la GST :	47
CONCLUSION	
	48

Liste des figures

- **Figure 1:** Morphologie d'un ver de terre.....5
- **Figure 2 :** Prostomium et peristomium de vers de terre 5
- **Figure 3 :** Les régions du corps d'une ver de terre..... 7
- **Figure 4 :** Dispositions des soies chez le ver de terr..... 8
- **Figure 5 :** Soies d'un ver de terre 8
- **Figure 6 :** Les organes externes liés à l'accouplement..... 9
- **Figure 7 :** Anatomie générale d'un ver de terre..... 10
- **Figure 8 :** Répartition écologique des vers de terre..... 13
- **Figure 9 :** Cycle biologique des vers de terre..... 14
- **Figure 10 :** Le produit utilisé..... 19
- **Figure 11 :** Structure générale des sulfonylurées. 20
- **Figure 12 :** Une carte géographique de la ville de Tébessa contenant l'emplacement étudié de l'agrégation des vers de terre 23
- **Figure 13 :** Les étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain..... 24
- **Figure 14 :** *Aporrectodea caliginosa*..... 25
- **Figure 15 :** *Aporrectodea rosea*..... 26
- **Figure 16 :** Triage des vers de terre. 27
- **Figure 17 :** Étapes d'identification des vers de terre au niveau de laboratoire A/pris des mesures du ver de terre ; B/pris de poids du ver de terre C/conservation du ver de terre dans l'Alcool 70% ; D/Observation du vers de terre sous la loupe binoculaire 28
- **Figure 18 :** Les étapes du test A/rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet ; B/Essuyage du vers de terre ; C/Mettre les vers de terre dans un boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs ; D/ mettre un vers dans une fiole cylindrique don..... 29
- **Figure 19 :** L'abondance des vers relative au stade de développement dans le site d'étude (n=5)..... 33
- **Figure 20 :** Morphologie général d'*A. caliginosa*,..... 34
- **Figure 21 :** Morphologie général d'*A.rosea*..... 34

- **Figure 22** : Morphologie générale de *Eisenia fetida* 35
- **Figure 23** : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (μg). 37
- **Figure 24** : effet des concentrations sub-létales de l'herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 48 h 38
- **Figure 25** : effet des concentrations sub-létales de l'herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 48 h. 38
- **Figure 26** : la quantité de protéines totale après 48 heures chez les deux espèces étudiées ... 39
- **Figure 27** : effet des concentration sub-létales de l'herbicide Oscar sur l'activité GST après 48 h. 40
- **Figure 28** : effet des concentrations sub-létales de l'herbicide Oscar sur l'activité GST après 48h d'exposition. 40
- **Figure 29** : l'activité enzymatique de la GST après 48 heures chez les deux espèces étudiées. 41

Liste des tableaux

- **Tableau 1** : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage 30
- **Tableau 2** : Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.....36

Liste des abréviations

<i>A. caliginosa</i> :	<i>Aporrectodea caliginosa.</i>
<i>A. rosea</i> :	<i>Aporectodea rosea.</i>
<i>E.fetida</i> :	<i>Eisenia fetida.</i>
BBC :	Bleu Brillant de Coomassie.
BSA :	Albumine de Sérum de Bœuf.
CDNB :	1-chloro-2,4-dinitrobenzène.
A.LS :	Acétolactate synthétase.
CL :	Concentration létale.
Cm :	Centimètre.
GST :	Glutathion-S-Transférase.
Mm :	Millimètre.
R² :	Coefficient de détermination.
Vs :	Volume de surnageant.
Vd :	Volume total des solutions dans la déprotéinisation
µm :	Micro mètre.
EDTA :	Ethylène diamine Tétra_acétique.
h :	Heure
PH :	Potentiel hydrogène.

Introduction

INTRODUCTION

Les vers de terre jouent un rôle important dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils assurent la transformation des déchets organiques et les matériaux biodégradables en vermi-compost riches en éléments nutritifs (Jansirani et al. 2012). Ce dernier permet d'augmenter la souplesse du sol, la porosité et la capacité de la rétention en eau ce qui nécessite donc moins de labour et d'irrigation (Jansirani et al, 2012). (Latif et al. 2009) notent que les vers de terre sont les organismes les plus importants de la faune invertébrée du sol. Ils sont considérés comme des ingénieurs de l'écosystème car ils produisent des effets prononcés sur la structure du sol en raison de leurs activités de fouille, d'ingestion de sol et de production de moulages.

Il y a environ 6000 espèces de vers de terre dans le monde (Planetoscope 2012). En Algérie, les travaux relatifs à la biodiversité des lombriciens restent encore insuffisants. D'une part, l'identification et la classification de ces organismes demeurent difficiles par manque de taxonomistes qualifiés (Rougerie et al., 2009) et, d'autre part, l'étude des vers de terre n'est pas évidente à réaliser en raison de plusieurs contraintes liées à la nature des sols et à la complexité de ces organismes (Decaëns, 2010). La disparition des vers de terre s'accélère depuis les années 1950 : il y avait alors 2 t de vers de terre par hectare contre uniquement 200 kg de nos jours. Cette raréfaction est accélérée par l'usage intensif des pesticides qui tuent et fait fuir les vers ainsi que l'artificialisation des sols (routes, urbanisation, parkings...) (Planetoscope, 2012). Le marché mondial des pesticides représente actuellement 40,475 milliards de dollars. L'Europe est le plus gros consommateur (avec 31,7% du marché) devant l'Asie (23,1%).

Aujourd'hui, l'impact des pesticides sur les vers de terre est un problème majeur car l'utilisation massive de ces pesticides affecte négativement l'écosystème (Gupta et al, 2014). Il est rapporté que plus de 98% des insecticides pulvérisés ainsi que près de 95% des herbicides atteignent une autre destination que les espèces ou pathologies ciblées, donc affectent les espèces non ciblées tel que les vers de terre, des milieux et éléments naturels ; l'air, l'eau et le sol (Maksymiv, 2015).

L'objectif de notre travail est d'évaluer les réponses physiologiques de deux espèces de vers de terre (*Aporectodea caliginosa* et *Aporrectodea rosea*) sous l'effet de l'herbicide Oscar. Notre travail se compose de quatre chapitres : Le premier chapitre est consacré à la partie théorique dans laquelle sont présentés la classification et les données biologiques des deux espèces de vers de terre étudiées et leur rappel de pesticides. Le deuxième chapitre présente les protocoles expérimentaux dans lesquels nous détaillons les matériels et méthodes utilisés

lors de la réalisation de ce travail. Le troisième chapitre présente l'ensemble des résultats obtenus lors des travaux de terrain et lors des essais en laboratoire. Quant au quatrième chapitre, il a été consacré à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus, à leur interprétation et à leur comparaison avec des études antérieures. Et enfin, on termine avec une conclusion générale et des perspectives de recherche.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les vers de terre :

Les lombriciens, également connus sous le nom de vers de terre, sont des animaux invertébrés appartenant à la classe des Clitellata. Ils sont présents dans la plupart des écosystèmes terrestres et jouent un rôle crucial dans la formation et la structure du sol ainsi que dans le cycle des nutriments. Les lombriciens ont un corps annelé, composé de segments, et se déplacent en ondulant. Ils varient considérablement en taille, allant de quelques millimètres à plus d'un mètre de long. Les lombriciens se nourrissent principalement de matière organique, comme les feuilles mortes et les racines, et digèrent cette matière organique dans leur système digestif pour produire des nutriments utilisables par les plantes. (Liu et *al*, 2021).

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

1. Systématique :

Les vers de terre appartiennent à l'embranchement des Annélides, à la classe des Clitellata et à l'ordre des Haplotaxida. Ils se répartissent en différentes familles suivant des caractéristiques spécifiques.

Règne : Animal.
Embranchement : Annélide.
Classe : Clitellata.
Sous-classe : Oligochaeta.
Ordre : Haplotaxida.
Sous ordre : Lumbricina (De Blainville, 1830).

2. Morphologie :

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

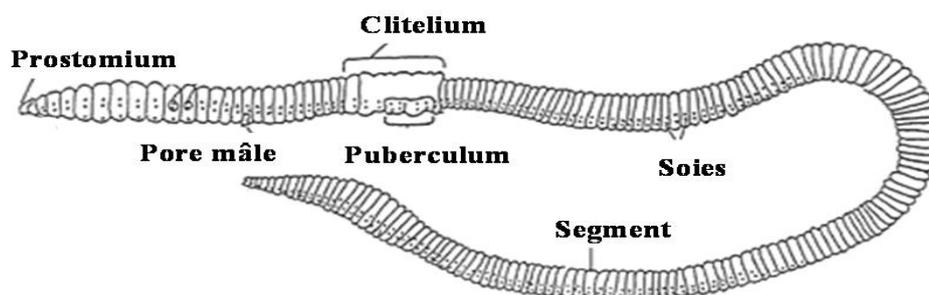


Figure 1 : Morphologie d'un ver de terre (Marion et Daniel, 2014)

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

2.1. Le prostomium :

Partie la plus antérieure, située immédiatement en avant de la bouche, ce n'est pas un véritable segment (métamère) et il ne possède ni soies ni cavité coelomique, il est plus ou moins fusionné avec le péristomium (Sims & Gerard, 1999).

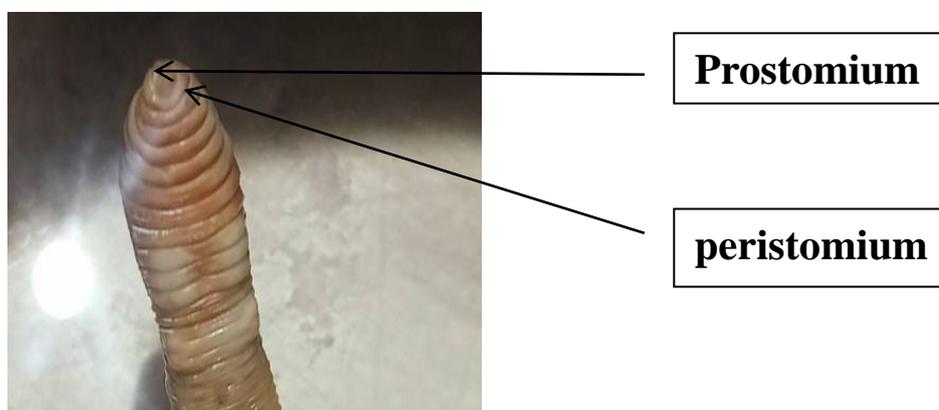


Figure 2 : Prostomium et peristomium de vers de terre (photo personnelle 2023)

2.2. Le metastomium (soma) :

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

a. La zone antérieure (anté-clitélienne)

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

b. Le clitellum

Le clitellum est un caractère dérivé, c'est une modification d'une série de segments antérieurs qui forment un anneau renflé qui secrète un cordon muqueux qui permet de maintenir le partenaire lors de la reproduction et aussi pour former un cocon dans lequel les oeufs vont se développer (Gauer, 2007).

c. La zone post-clitélienne

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

2.3. Le pygidium :

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

3. Critères morphologiques :

Le corps d'un ver de terre est composé de trois régions successives, le prostomium, le soma et le pygidium (Fig ,3)

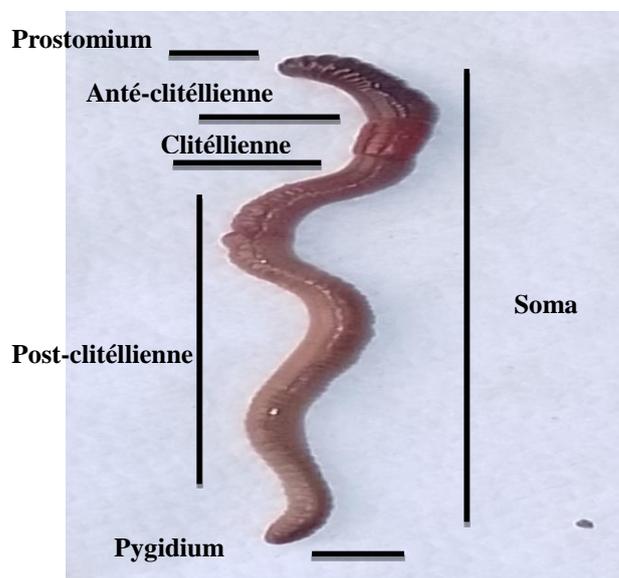


Figure 3 : Les régions du corps d'une ver de terre (photo personnelle, 2023) .

3.1. Segmentation :

Le corps des vers de terre est cylindrique et formé d'une succession de segments extensibles et semblables compris entre un lobe céphalique (prostomium) et un lobe terminal appelé pygidium (Lavelle et Spain, 2001).

Les segments sont munis de pores dorsaux par lesquels, les vers de terre peuvent éjecter un fluide coelomique en réponse à une perturbation mécanique ou chimique (Bachelier, 1978).

3.2. Soies :

Les soies constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des vers de terre (Fig. 4 et 5). Elles sont de nature double, protéique, chitineuse et sont rigides. Les soies sont groupées en faisceaux dans chaque segment, excepté le prostomium, le peristomium et quelques segments postérieurs. Chaque soie est implantée dans la paroi du corps dans un sac et chaque segment contient le plus souvent quatre faisceaux : deux latéraux-dorsaux et deux latéraux-ventraux.

Il existe deux types de disposition de soie : type lombricienne (possède 8 soies par segment qui se répartissent en 4 paires) et perichaetienne (possède plus de 8 soies par segment

qui se répartissent autour de la circonférence du corps). Les écarts entre les soies sont variables mais constants au niveau d'un même segment et à l'intérieur d'une population, ce qui conduit à l'usage fréquent de ce caractère entaxonomique.

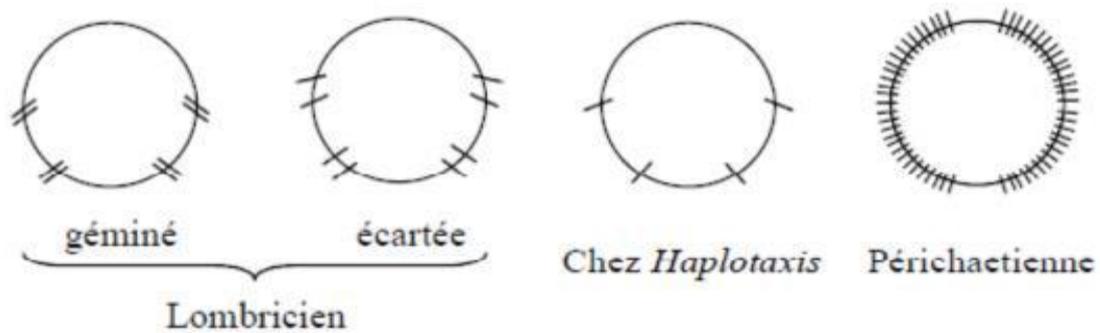


Figure 4 : Dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).

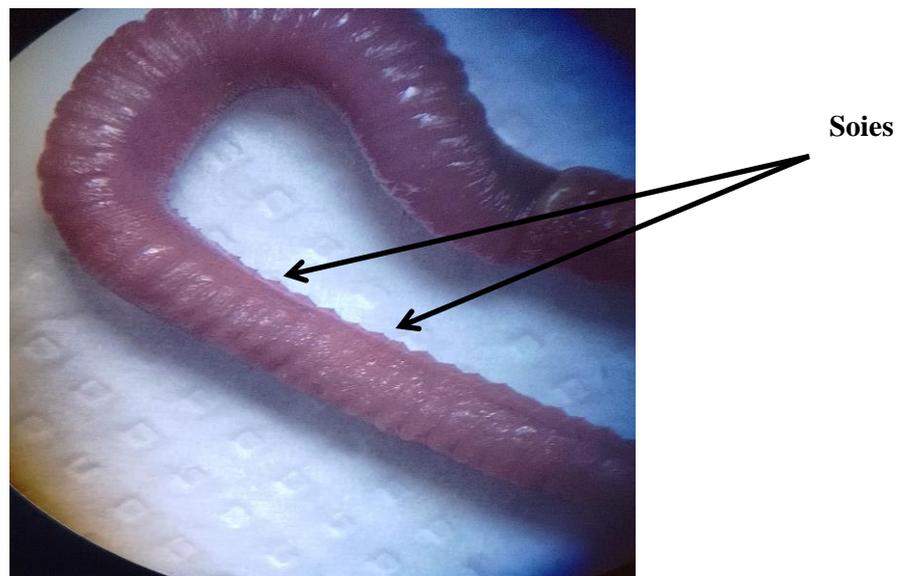


Figure 5 : Soies d'un ver de terre (photo personnelle, 2023)

3.3. Caractères sexuels externes :

Ils sont observés chez les individus adultes, sont particulièrement importants dans l'identification des espèces. Le clitellum (Fig.6) : sous forme d'un fer à cheval à annulaire chez quelques familles, il sécrète un cocon (Fig.9) qui reçoit les oeufs et les spermatozoïdes en période de reproduction, les orifices mâles qui constituent un caractère sexuels secondaire

bien visible comparé aux pores femelles dont l'emplacement ne peut être facilement déterminé. Les orifices de réceptacles séminaux, disposés par paire, dont le nombre varient selon les espèces (Bouché, 1972).

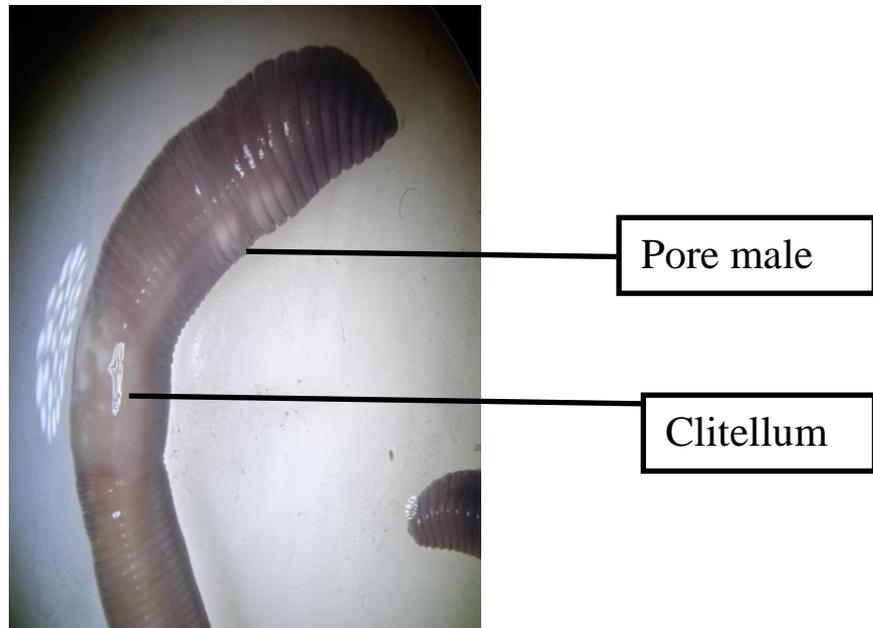


Figure 6 : Les organes externes liés à l'accouplement (photo personnelle 2023)

3.4.Taille :

La taille des vers de terre peut varier du simple au double au sein d'une même espèce suivant les conditions de vie des individus (Bachelier, 1978), dont l'humidité du sol. Parmi lesquelles *Lumbricus terrestris* dont la taille est variée de 90 à 300 mm ; *Eisenia rosea* qui est de 25 à 85 mm de taille et *Dendroba empygmea* qui ne dépasse pas 15 à 30 mm (Bachelier, 1978).

4. Critères anatomiques internes :

La disposition des organes internes du ver de terre révèle que la quasi-totalité des organes vitaux sont regroupés dans la partie antérieure de l'organisme, qui part de la tête au dernier segment du clitellum (Yesudhason et *al.*, 2013).

L'épiderme externe représente un réseau de muscles circulaires et de muscles longitudinaux, séparés par un fin réseau de tissus nerveux ; une membrane péritone qui permet de délimiter la cavité coelomique. Il est couvert d'une cuticule non cellulaire, fine et transparente qui couvre l'ensemble du corps. La cuticule réfléchit la lumière, mais elle permet aussi de faire ressortir les couleurs des couches sous cutanées, en laissant traverser la lumière (Siegrist, 2011).

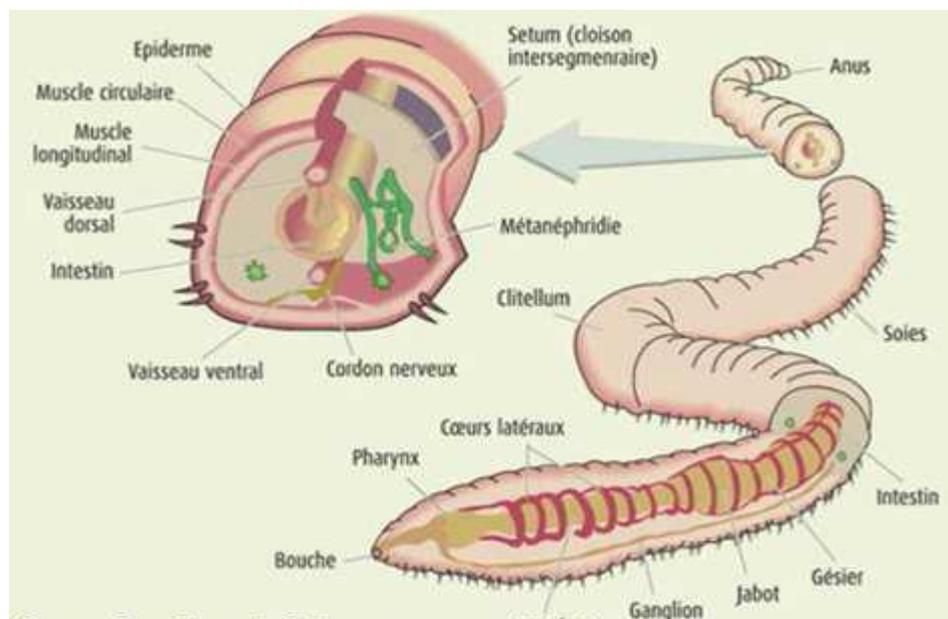


Figure 7 : Anatomie générale d'un ver de terre (Source :Jean-Fançois Buisson)

4.1. Le tube digestif :

Est constitué d'un tube interne qui parcourt toute la longueur de ver, Le tractus digestif commence par la cavité buccale, qui absorbe les aliments par succion. Il comprend successivement le pharynx, l'oesophage, le jabot, le gésier, puis l'intestin qui se termine au pygidium. Plusieurs pseudo-coeurs entourent la zone de l'oesophage (Crow, 2012).

4.2. Le système nerveux :

Le ganglion cérébral (cerveau, ganglion sous-pharyngien) est situé devant le pharynx, mais il peut être partiellement enfoui dans les muscles qui relient le pharynx à la paroi du corps. Des connectifs s'étendent vers l'avant à partir du cerveau et d'autres se dirigent vers Lebas et autour du pharynx pour rejoindre le ganglion sous pharyngien, dans la région située derrière les organes reproducteurs et près du clitellum. Une paire de cordons nerveux ventraux relie les ganglions de chaque segment. À l'intérieur d'un segment, des nerfs issus de chaque ganglion innervent les septums et la paroi du corps. Trois grandes régions claires du côté dorsal de ce cordon sont les axones géants qui courent le long du cordon nerveux. Ils jouent un rôle important dans la réaction de fuite ; lorsque les axones géants se déchargent, tous les muscles longitudinaux de la paroi du corps se contractent, et le ver rentre rapidement dans son terrier pour échapper au danger (Houseman, 2000).

4.3. Le système circulatoire :

Le système circulatoire fermé est bien développé et comprend des vaisseaux contractiles et des réseaux de capillaires. Une partie du système circulatoire est imbriquée dans un tissu chloragène jaunâtre qui intervient dans le métabolisme intermédiaire et la désamination des acides aminés. Le gros vaisseau sanguin rouge sur la surface supérieure du tube digestif est le vaisseau dorsal. Cinq paires de crosses aortiques, aussi appelés cœurs mais qui sont en réalité des vaisseaux latéraux (transversaux) relient le vaisseau dorsal au vaisseau ventral (Houseman, 2000).

4.4. Le système excréteur :

Chaque segment sauf les trois premiers possède une paire de tubes sinueux, les tubes urinaires, s'ouvrant chacun à l'extérieur par un orifice excréteur. Cet organe urinaire porte le nom de néphridie sur le dernier segment, le pygidium, s'ouvre un orifice, l'anus. (Yesguer,2015).

4.5. Le système reproducteur :

Le ver de terre est un organisme hermaphrodite qui a besoin d'un partenaire pour se reproduire. Ils juxtaposent leurs organes de reproduction en se positionnant tête-bêche (Morin, 2004). Le ver de terre peut aussi s'auto-coupler lorsqu'il est isolé ou pratiquer la parthénogénèse (Fernandez et *al.*, 2011). Le clitellum permet aux partenaires de rester collés l'un à

l'autre. Ils échangent leurs semences males et sécrètent de petits cocons via le clitellum (Morin, 2004).

4.6. Le système respiratoire :

Du fait d'une respiration cutanée, les vers de terre ne possèdent pas de poumons, le corps doit rester humide pour permettre la respiration, ainsi que des (cœurs) la téraux jouant le rôle de pompes (Bouché, 1972).

5. Répartition écologique:

Les vers de terre sont parmi les plus célèbres habitants du sol. Ils représentent la première biomasse animale terrestre. Selon Bouché (1972), trois grandes catégories (catégories écologiques) qui se basent sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse distinguent) (fig,8):

5.1. Espèces épigées :

comme *Dendrobaena octaedra*, sont des vers pigmentés de petite taille (10 à 30 mm en général). Vivent en surface dans les amas de matières organiques et creusent peu ou pas de galeries dans le sol (Pérès et al, 2011).se nourrissent directement de matière organique et de végétaux en décomposition. Ce sont des décomposeurs. Ils participent activement au fractionnement de la matière organique et ingèrent peu de matière minérale.

5.2. Espèces endogées :

comme le genre *Apporectodea*, sont des vers dépigmentés, sans couleur soutiré spâles, de taille variable (1à20cm).Vivent dans les couches plus profondes et creusent des galeries horizontales (Pérès et al, 2011). Se nourrissent de matières organiques dégradées ,Ils créent une structure grumeleuse qui joue un rôle dans la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol.

5.3.Espèces anéciques :

comme *Lumbricusterrestris*, sont de couleur brune, de taille moyenne à géante (10 à 110 cm), Occupent la couche supérieure du sol autour de 25cm,Ils creusent des galeries verticales dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres (Morin,1999). Ces vers de terre prélèvent la matière organique à la surface du sol, ils l'enfouissent dans leur galerie, la laisse se

décomposer sous l'action des microorganismes avant de l'ingérer avec du sol.

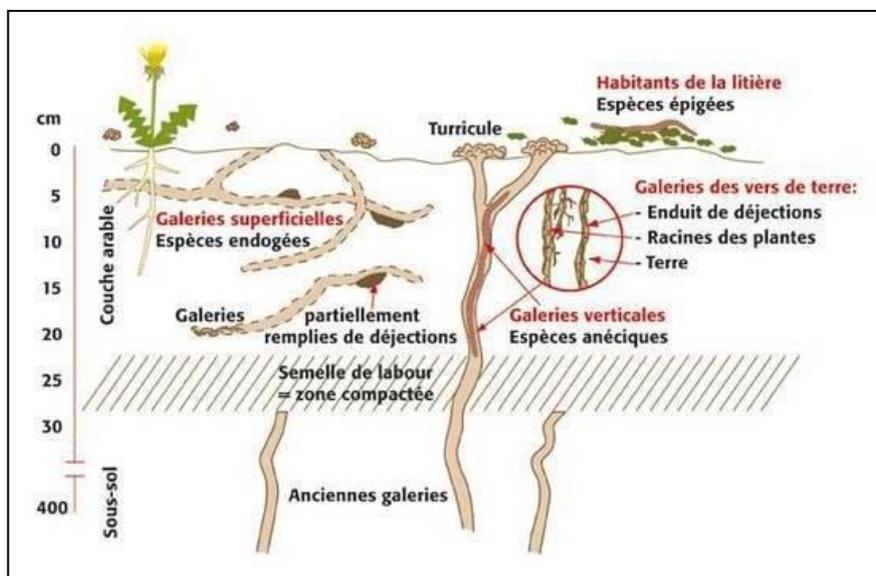


Figure 8 : Répartition écologique des vers de terre (Pfiffner, 2013)

6. Le cycle de vie :

Un échange de spermatozoïdes a lieu lors d'un accouplement, qui se produit généralement à la surface du sol, lorsque les conditions sont favorables (PELOSI, 2008). Le clitellum produit le cocon qui glisse le long de la partie antérieure du vers de terre et émis dans le sol sous forme d'une capsule fermée à deux extrémités (BAZRI, 2015).

Les vers juvénile vont progressivement acquérir des caractères sexuels secondaires externes liés à l'accouplement comme le puberculum tuberculeux ou les pores sexuels ; il sera alors au stade sub-adulte (Fig. 9). Un clitellum, organe lié au processus de ponte, va ensuite se former et permet au ver de devenir sexuellement mature pour pouvoir se reproduire à son tour ; le ver est alors adulte. Le temps de maturation varie beaucoup entre espèces et dépend des conditions du milieu (température, humidité, nourriture). Les vers de terre ont une durée de vie variable selon l'espèce, le biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent (RAZAFIN-DRAKOTO, 2013).

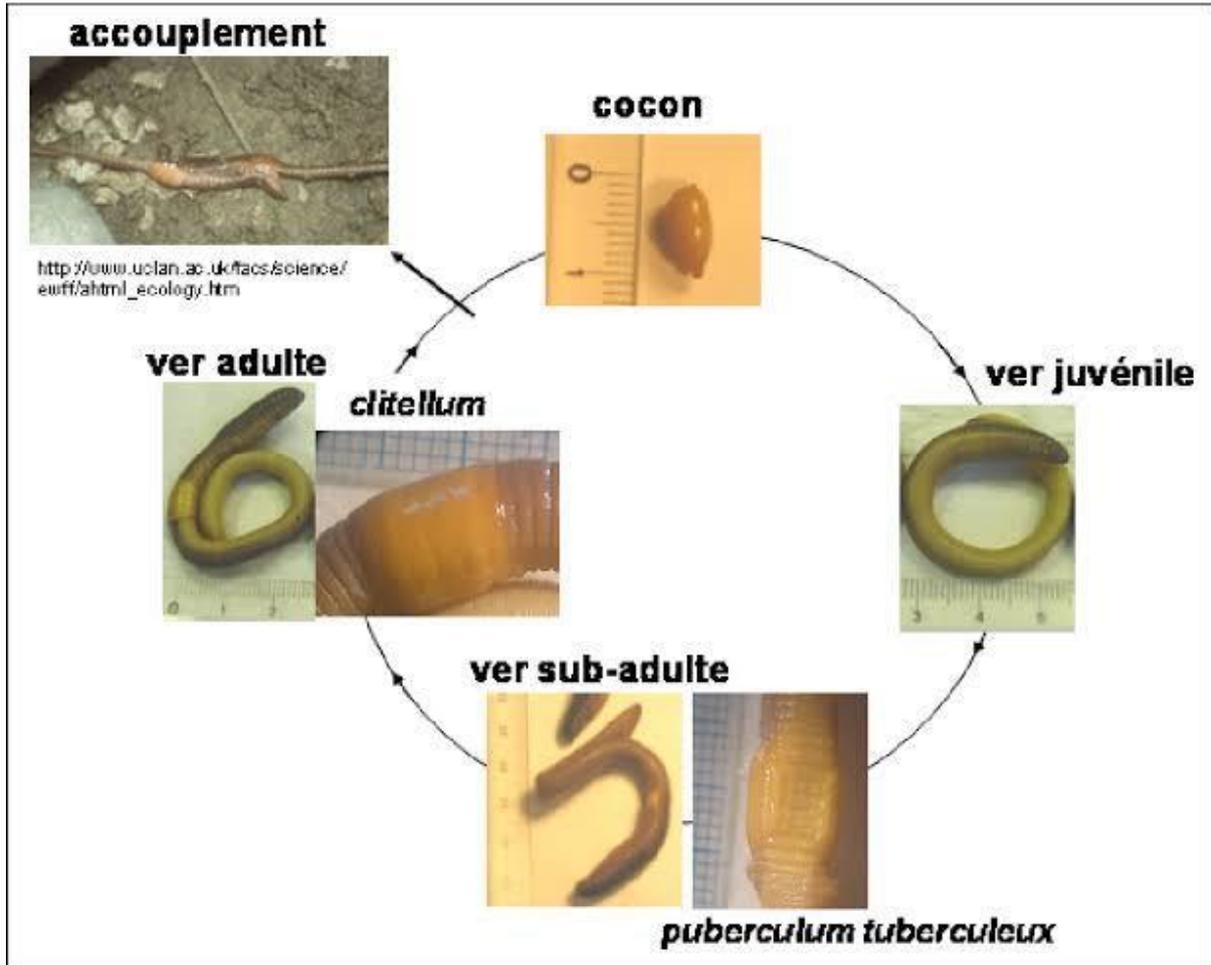


Figure 9 : Cycle biologique des vers de terre (PELOSI, 2008).

II. Généralités sur les pesticides :

1. Définition des pesticides :

Les pesticides sont des produits chimiques utilisés pour détruire, atténuer, prévenir ou repousser les organismes nuisibles tels que les insectes, les souris, les mauvaises herbes, les Champignons et les micro-organismes. En raison de leurs propriétés, les pesticides servent à beaucoup d'objectifs utiles et sont couramment employés dans l'agriculture, d'autres usages professionnels ou domestiques. Néanmoins, du moment que ces agents sont biologiquement actifs, de ce fait ils peuvent potentiellement causer des effets néfastes aux humains, à la faune et à la flore (Vopham et *al.*, 2017).

2. Classification des pesticides :

Les pesticides sont généralement classés selon :

- La nature des cibles visées ; il existe principalement trois grandes familles : Les *herbicides* : contre les mauvaises herbes (oscar). Les *fongicides* : contre les champignons et les moisissures. Les *insecticides* : contre les insectes nuisibles.
- La nature chimique de la substance active qui compose les produits phytosanitaires. On distingue : les *organochlorés (OC)* sont des composés organiques qui possèdent tous en commun un ou plusieurs atomes de chlore (Cl). Les *carbamates* : Les pesticides de cette famille sont des esters dérivés de l'acide carbamique. Les *organophosphorés (OP)* sont des composés possédant au moins un atome de phosphore (P) ils constituent le plus grand groupe d'insecticides vendus dans le monde (Hatcher et *al.*, 2017).

3. Les herbicides:

3.1. Définition :

Les herbicides représentent 40% des pesticides utilisés en agriculture, ils sont appelés parfois les désherbants, notamment en horticulture. Ce sont des matières actives ou des produits formulés ayant la propriété de tuer les végétaux (Coulibaly, 2005). Ils ont des structures chimiques complexes, chaque herbicide possède des caractéristiques propres selon sa composition, son mode d'absorption, son effet sur la mauvaise herbe et son élimination progressive (Edelahid, 2004). En agriculture, les herbicides sont appliqués sur plusieurs type de cultures, tel que les céréales, en particulier le maïs et le sorgho avec les triazines (Bérard, 1994).

3.2.Composition et formulation :

3.2.1.La Composition :

Comme tous les autres pesticides, un produit herbicide correspond au nom Commercial du produit commercialisé par un distributeur ou un fabricant. Ce produit Se compose de deux types de constituants :

- les Matières actives (confèrent son activité herbicide), responsable de la destruction des adventices.
- les formulants (complètent la formulation), sont soit des charges ou des solvants, qui n'ont qu'un rôle de dilution des matières actives, soit des produits qui améliorent la préparation, Peuvent être : des mouillant, des adhésifs, des émulsifs, des stabilisants, des colorants et,.....ect (Amatrop, 2000).

3.2.2. La formulation :

La formulation correspond à la forme physique sous laquelle le produit phytopharmaceutique Est mis sur le marché, Le type de formulation à une grande importance dans la manipulation des produits : Fabrication, transport, stockage, préparation des bouillies, elles se présentent sous différentes formes: solide, liquide, auto-suspens blés,

Les plus couramment répandues sont les suivantes :

- Pour les formulations solides : les granulés solubles (abréviations : SG), les poudres Mouillables (WG).
- Pour les formulations liquides : ce sont les formulations les plus employées.
 - Les concentrés solubles (SL), composés de produits solubles dans l'eau.
 - Les concentrés émulsionnables (EC), composés de produits liquides en émulsion

Dans le produit.

- Les suspensions concentrées (SC), appelées (parfois flow de l'anglais flowable), Composées de particules solides dispersées dans le produit (Amatrop, 2000) .

3.3.Mode d'action :

Les herbicides se distinguent par leur voie de pénétration et leur mode d'action dans Les végétaux (Amatrop, 2000).

_ **Herbicides à pénétration racinaire:** appliqués sur le sol, ils pénètrent par les Organes souterrains des végétaux (racines, graines, plantules). Ce sont les traitements herbicides de prélevée, effectués avant la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe).

actions sur la photosynthèse : triazines, diazines – uraciles, triazinones, urées substituées (Fdil, 2004).

action sur la division cellulaire : toluidines.

action sur l'élongation cellulaire : alachlore, métazachlore, métolachlor, etc.

inhibition de la synthèse des caroténoïdes : isoxaflutole, clomazone.

_ **Herbicides à pénétration foliaire:** appliqués sur le feuillage, ils pénètrent par les organes aériens des végétaux (feuilles, pétioles, tiges). Ce sont les traitements herbicides de post-levée, effectués après la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe).

actions sur la photosynthèse : bipyridyles, diazines.

actions sur les membranes cellulaires : dinitrophénols, benzonitriles.

action sur la division cellulaire : carbamates.

action sur l'élongation cellulaire : aryloacides, dérivés picoliniques.

action sur la biosynthèse : acides aminés, lipides.

_ **Herbicides de contact :** herbicides qui agissent après pénétration plus ou moins profonde dans les tissus, sans aucune migration d'un organe à un autre de la plante traitée.

_ **Herbicides systémiques :** herbicides capables d'agir après pénétration et migration d'un organe à un autre de la plante traitée.

3.4.Toxicité des herbicides :

3.4.1. Impact sur l'homme :

les herbicides ont un niveau de toxicité relativement modéré, dépend de plusieurs facteurs : le climat, le sol, la plante a traité, et les techniques d'application ...ect , et peut s'effectuer par ingestion, par inhalation, ou par contact avec la peau, Des études scientifique

ont montré que l'exposition à certains pesticides affaiblit le système immunitaire, hormonal et nerveux. Elle peut aussi avoir des effets cancérogènes (notamment le cancer des poumons, du cerveau, de l'intestin et de la prostate) (Fdil, 2004), et des cancers peu fréquents tels que les cancers des lèvres, de l'ovaire, du cerveau, du mélanome cutané et de la plupart des cancers du système hématopoïétique (leucémies, myélomes, lymphomes).. (Pelletier, 1992). Aussi des études faites sur des rats ont clairement montré les effets nocifs du méthyl parathion sur le système de reproduction. Il a été remarqué que chez des femmes exposées à des pesticides, le risque de mortalité intra-utérin augmentait et que la croissance fœtale diminuait. A noter aussi que des pesticides ont été retrouvés dans le cordon ombilical mais aussi dans le lait maternel, ce qui pourrait expliquer le mauvais développement du fœtus, les malformations congénitales et les anomalies du système nerveux central (Pelletier, 1992).

3.4.2. Impact sur l'animal :

La mort des animaux (mammifères) due aux herbicides est généralement la conséquence de l'ingestion d'une nourriture contaminée, des mortalités massives ont été observées lors de grandes opérations de lutte menées avec des organochlorés. Pour ce qui est des oiseaux, de nombreux cas mortels ont été recensés par ingestion directe de granulés ou d'insectes ayant ingéré des toxiques (Pelletier, 1992).

3.4.3. Impact sur l'environnement :

Les apports des herbicides dans l'environnement sont, en dehors d'accidents ponctuels, de nature diffuse et chronique (Marc, 2004), la contamination par les herbicides parvient jusqu'au sol et touche bactéries, champignons, algues, vers de terre et insectes. Ces dégradations cumulées ont un effet nocif sur la fertilité du sol. Les vers de terre, agents actifs de la fertilité, sont particulièrement atteints par les herbicides via l'eau polluée qui inhibe le sol, aussi les herbicides présents sur les plantes ou adsorbés sur les particules du sol, peuvent rejoindre les écosystèmes aquatiques par l'intermédiaire des phénomènes de ruissellement et par conséquent impliquer une pollution des eaux des nappes phréatiques (Pelletier, 1992).

4. OSCAR-75 % :

4.1 Définition :

Herbicide utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes à feuilles larges sur le blé, l'orge et l'avoine et Maïs (<http://www.vapco.net>).

4.2. sulfonylurés :

4.2.1.Définition :

Les sulfonylurées sont des urées substituées qui sont utilisés en poste émergence. Et prélevée de très faibles doses (5 à 35 g de matière active par hectare de blé contre 600 à 800 g de 2,4-D) (Fournier, 1988). Les propriétés des sulfonylurées ont été rapportées pour la première fois en 1966 par Koog (Junghans *et al*, 2003) avec un composé de la propazine. Le premier herbicide sulfonylurée commercialisé fut le chlorsulfuron en 1981. Actuellement, la famille des sulfonylurées est composée d'une vingtaine d'herbicides développés principalement par Du Pont de Nemours (Fournier, 1988).

Les sulfonylurées sont des urées substituées dont les molécules sont caractérisées par une activité herbicide à doses très réduites (10 à 100 fois moins que les herbicides conventionnels) ce qui a permis leur introduction rapide sur le marché des herbicides (Junghans *et al*, 2003). Avec des demi-vies dans le sol inférieures à deux mois, et des DL50 supérieurs à 5000 mg/kg chez le rat, ces produits sont aussi très intéressants du point de vue de l'environnement.



Figure 10 : Le produit utilisé (photo personnelle 2023).

4.2.2.Chimie des herbicides sulfonylurées :

Les sulfonylurées sont des composés dont de structure générale est représentée dans la (Figure 11) Leur synthèse s'effectue en trois étapes:

- ❖ synthèse du sulfonamide,
- ❖ substitution de l'hétérocycle
- ❖ couplage du groupement sulfonamide avec l'hétérocycle.

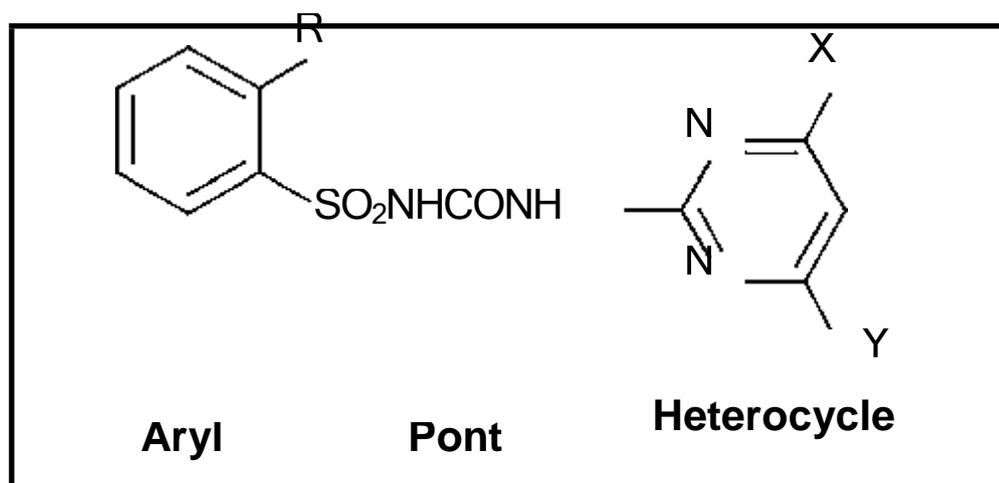


Figure 11 : Structure générale des sulfonilurées (Beyeretal., 1988).

Groupements R activateurs: CO_2CH_3 ; NO_2 ; F; Cl; Br; SO_2CH_3 ; SCH_3 ; $\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$; CF_3 ; CH_3 ; CH_2OCH_3 ; OCF_3 ; Groupements non activateurs: COOH ; OH; $\text{X}=\text{CH}_3$; $\text{Y}=\text{OCH}_3$

4.2.3. Propriétés physico-chimiques des sulfonilurées :

Les sulfonilurées sont des composés non volatils avec des pressions de vapeur inférieures à 10^{-10} mmHg. Ils ont tous un proton acide adjacent au groupement sulfonyle et se comportent ainsi comme des acides faibles avec des valeurs de pKa allant de 3 à 5 (Blair et Martin 1988).

$-\text{H}^+$

$-\text{SO}_2-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-$ _____ $-\text{SO}_2-\text{N}^- -\text{CO}-\text{NH}-$

Pour cette raison, leur solubilité dans l'eau à pH 7 est approximativement dix fois plus grande qu'à pH 5 (Beyer et al, 1988).

4.2.4. Activité herbicide et mode d'action des sulfonilurées :

4.2.4.1. Activité herbicide :

La structure chimique des sulfonilurées est composée de trois parties distinctes: Groupement aryle, pont et hétérocycle. Chaque partie joue un rôle très important quant à l'action herbicide de la molécule. Une action herbicide considérable est observée quand le cycle aromatique est *ortho* substitué (Brown, 1990).

Les sulfonilurées portant en position *ortho* un groupement avec un proton acide, par exemple, groupement carboxylique ou phénolique ont en générale une faible action (**Brown, 1990**).

Les sulfonilurées qui contiennent un groupement aryle au lieu d'un phényle sont aussi des herbicides actives (**Brown 1990**). Concernant l'hétérocycle, les niveaux d'action les plus importants sont observés quand les sulfonilurées contiennent un groupement pyrimidin-2-yl ou 1, 3,5-triazine-2-yl. Dans tous les cas, le maximum d'activité herbicide est obtenu quand le groupement hétérocyclique est substitué par des groupements alkyl ou alkoxy (**Brown, 1990**).

4.2.4.2. Mode d'action :

Après absorption, l'herbicide migre dans les plantes sensibles, où il inhibe l'acétolactate synthétase (A.L.S), enzyme responsable de la biosynthèse d'acides aminés essentiels. L'A.L.S est présente uniquement chez les végétaux, ce qui explique, la forte Phytotoxicité du produit et sa faible toxicité pour le règne animal en général, et l'homme En particulier. L'inhibition de l'enzyme A.L.S. entraîne, très rapidement après application, un blocage de la croissance des plantes sensibles et supprime donc toute compétition vis-à-vis de la culture. Des études ont montré que la transpiration et le métabolisme, chez les adventices, devenaient quasi nuls quelques heures après application de l'herbicide. On observe en effet, dans les jours qui suivent des symptômes de jaunissement (chlorose) ou de rougissement (anthocyanose); ces symptômes précèdent la disparition des adventices.

La sélectivité dans les cultures semble attribuable à un métabolisme différentiel entraînant une désactivation rapide chez les plantes tolérantes. Les temps de demi-vie sont de 1 à 5 heures chez les plantes qui tolèrent les sulfonilurées et de plus de 20 heures pour les mauvaises herbes vulnérables (Brown, 1990).

Les réactions de transformation qui expliquent la désactivation dans les plantes sont : l'hydroxylation aliphatique et arylique suivie de l'hydrolyse de la fonction sulfonilurée, la rupture de la liaison sulfonamide et la O-déméthylation (Brown, 1990) .

MATERIEL ET METHODES

III. Dispositif expérimental

1. Présentation du site de collecte des vers de terre

1.1. Situation géographique :

La wilaya de Tébessa fait partie des hautes plaines constantinoises. Elle est située à l'extrême Nord-est de l'Algérie . Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Souk-ahras, à l'Ouest par la wilaya d'Oum el Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 Km de frontières, par la Tunisie. La wilaya de Tébessa avec ses 13878 Km, se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays.

➤ .boulhaf :(35°31'32.6"N 8°05'13.2"E)

Site de prélèvement, une des régions géographiques de l'état de Tébessa, nord-est algérien. Région de Boulahaf, à 16 km de l'état de Tébessa. L'exemple de schéma est un petit jardin (Fig. 12)

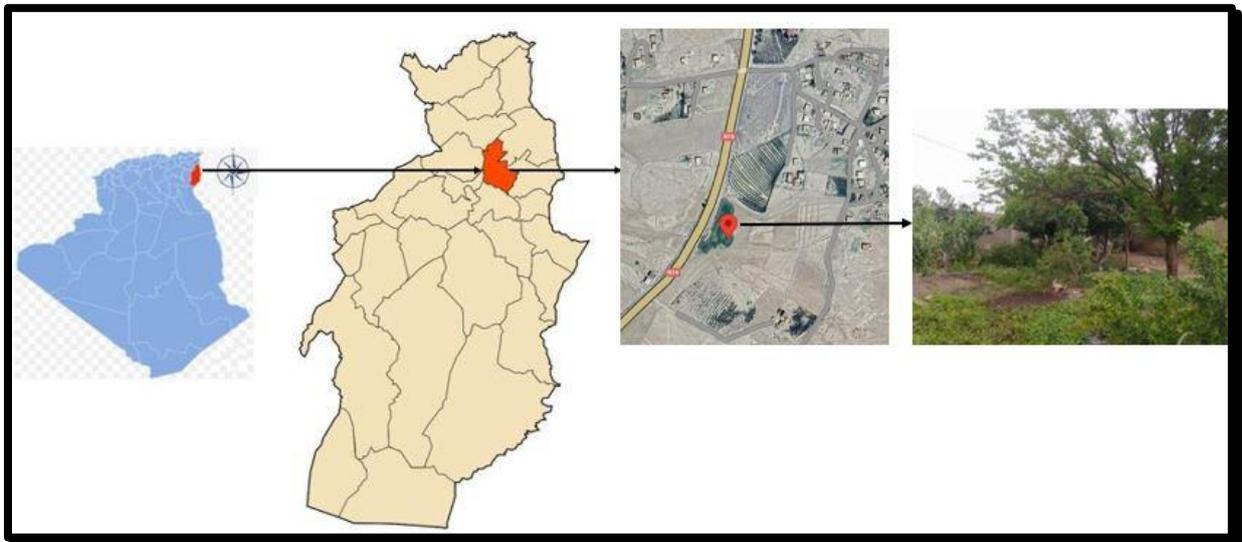


Figure 12 : Une carte géographique de la ville de Tébessa contenant l'emplacement étudié de l'agrégation des vers de terre

2.Prélèvement des échantillons :

La collecte s'est déroulée pendant la saison d'activité des vers de terre de janvier 2023 au cours de plusieurs sorties sur plusieurs terrains, particulièrement durant les jours pluvieux pour choisir l'espèce la plus abondante. Pour extraire les vers de terre, nous avons utilisé une méthode physique de Bouché (1972) qui consiste à :

- Désherber le sol sur le point de prélèvement.
- Remonter le sol, jusqu'à obtention d'une cavité d'une profondeur de 30 cm.
- Récolter les individus qui émergent du sol et sélectionner les individus adultes.
- Trier soigneusement le sol et collecter les vers de terre qu'il contient (Fig.13)

Ainsi une espèce abondante dans le milieu est choisie pour l'étude au laboratoire.



Figure 13 : Les étapes de prélèvement des vers de terre sur le terrain (photo personnelle 2023).

3.Choix de l'espèce

➤ **La première espèce :**

Notre choix s'est porté sur l'espèce *Aporrectodea caliginosa* (Fig.14). Les vers de terre sont prélevés avec leur sol naturel où elles vivent ensuite conservées dans des terrariums, au laboratoire, ils sont nourris avec du terreau. Leur longueur environ de 15cm, leur largeur environ de 5mm et leur poids environ 1,96g .



Figure 14 : *Aporrectodea caliginosa* (photo personnelle ,2023) .

La systématique de cette espèce est la suivante :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Annelida
Classe :	Clitellata
Ordre :	Crassiclitellata
Famille :	Lumbricidae
Genre :	<i>Aporrectodea</i>
Espèce :	<i>Aporrectodea Caliginosa</i> (Savigny, 1826)

➤ **La deuxième espèce :**

Notre choix s'est porté sur l'espèce *Aporrectodea rosea* (Fig.15). Les vers de terre sont prélevés avec leur sol naturel où elles vivent ensuite conservées dans des terrariums, au laboratoire, ils sont nourris avec du terreau. Leur longueur environ de 15cm, leur largeur environ de 5mm et leur poids environ 1,60g.



Figure 15 : *Aporrectodea rosea* (photo personnelle , 2023).

La systématique de cette espèce est la suivante :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Annelida
Classe :	Clitellata
Ordre :	Crassicitellata
Famille :	Lumbricidae
Genre :	<i>Aporrectodea</i>
Espèce :	<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny,1826)

4.Travaux au laboratoire

4.1. Rinçage et tri des vers de terre :

Récupérer puis placer les vers de terre dans un récipient contenant de l'eau pour les rincer. Certains vers sont très petits, et demandent une capacité d'observation particulière. Pour chacune des boîtes :

Compter le nombre de vers présents : les vers adultes endommagés représentant une partie antérieure intacte (clitellum compris) sont pris en compte pour l'identification et abondance. Cependant, les vers endommagés avec seulement la partie postérieure sont exclus du comptage.

Déterminer ensuite la masse totale (y compris tous les vers endommagés). Ensuite, les vers collectés sont triés et comptés selon leur stade de maturité (Fig.16) :

- Juvéniles : Sans clitellum ni tubercules pubères.
- Sub-adultes: Avec seulement les tubercules pubères.
- Adultes : Ayant un clitellum ainsi que des tubercules pubères



Figure 16 : Triage des vers de terre (photo personnelle 2023).

5. Méthode d'identification et description des espèces :

L'identification a été effectuée au niveau de laboratoire de physiologie animale à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences exactes (Université de TEBESSA).

L'identification est effectuée selon la méthode établie par Bouché (1972), basée sur des critères morphologiques variables selon les espèces, dont plusieurs concernent les organes sexuels, d'où l'intérêt de sélectionner des adultes. Le clitellum est un critère primordial pour l'identification. En effet, sa forme (annulaire ou en selle), ainsi que sa couleur et sa position sur le corps du lombric sont propres à chaque espèce. Sur sa face ventrale, on peut observer plus au mois distinctement un puberculum de formes différentes selon les espèces. La position des pores mâles est également un bon critère d'identification, et dans une moindre mesure la position des tumescences génitale qui ne sont pas aussi facilement observables que les organes mâles.

Les animaux sont d'abord étudiés morphologiquement, à l'état vivant (avant fixation) en notant la longueur du corps, la couleur du tégument, le gradient de coloration, et le poids. Les vers de terre sont ensuite conservés dans l'alcool 70%, puis observés sous loupe binoculaire en vue d'une identification basée sur des caractéristiques externes (Fig.17).

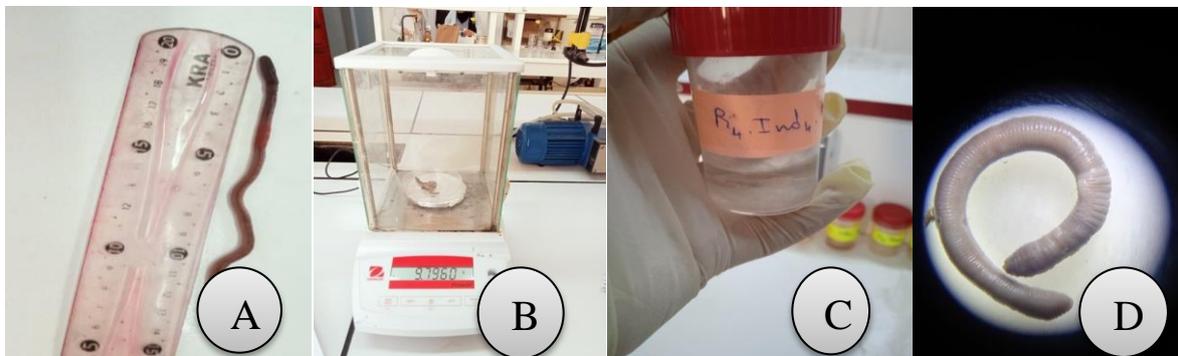


Figure 17 : Étapes d'identification des vers de terre au niveau de laboratoire A/pris des mesures du ver de terre ; B/pris de poids du ver de terre C/conservation du ver de terre dans l'Alcool 70% ; D/Observation du ver de terre sous la loupe binoculaire (photo personnelle 2023).

6. Condition expérimentale :

Selon Heimbach, (1984), l'élevage est réalisé un mois avant les expériences pour une meilleure adaptation dans les terrariums qui contiennent le sol de collecte. Tous les vers de terre analysés ont préalablement été nettoyés avec de l'eau, séchés avec du papier absorbant. Ils ont ensuite été mis sur du papier filtre, dans des boîtes de Pétri pendant 3 heures (Fig.18).

L'objectif est de vider leur estomac du sol ingéré. Les vers de terre utilisés dans cette étude étaient des adultes avec un clitellum bien développé.

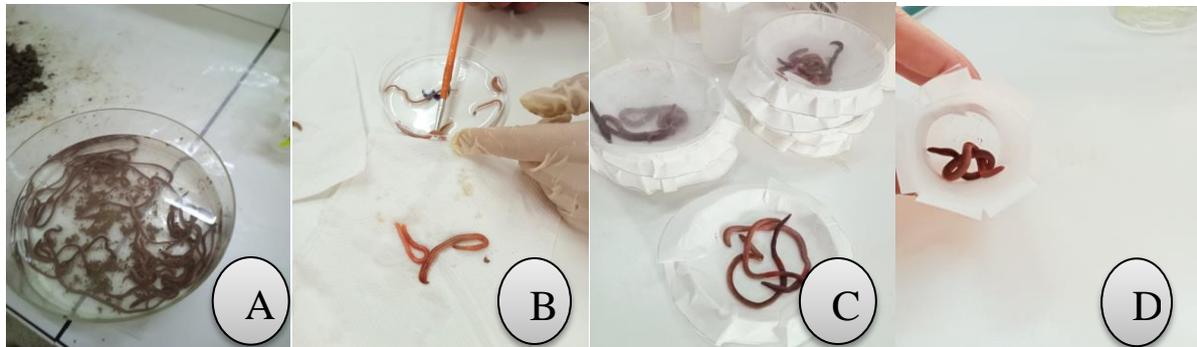


Figure 18 : Les étapes du test **A**/rinçage du vers de terre avec l'eau de robinet ; **B**/Essuyage du vers de terre ; **C**/Mettre les vers de terre dans un boîte de pétri avec un papier filtre pour vider leurs estomacs ; **D**/ mettre un vers dans une fiole cylindrique dont les bords intérieurs sont couverts avec du papier filtre imbibé d'herbicide oscar. (Photo personnelle 2023) .

7. Test de toxicité :

Le but de ces essais est de préciser les concentrations létales 10 et 25 (CL10 et CL25) de l'herbicide oscar à l'égard de deux espèces de vers de terre . Les essais sont conduits avec 10 répétitions comportant chacune 10 individus. De plus, la mortalité des vers de terre est suivie pendant 48h.

7.1. Traitement :

Il est recommandé d'utiliser des fioles de verre à fond plat d'environ 8 cm de hauteur et 3 cm de diamètre. Les parois de ces fioles sont revêtues de papier filtre coupé à une dimension telle qu'il n'y ait guère de chevauchement. La substance d'essai est dissoute dans l'eau de façon à obtenir une série de concentrations connues. Un ml de solution est versé à la pipette dans chaque fiole et évaporé à sec sous un léger courant d'air comprimé filtré ; pendant qu'elle sèche, on fait tourner la fiole selon un axe horizontal. La fiole du groupe témoin doit être traitée avec 1 ml d'eau désionisée. Après séchage il faut ajouter 1/2 ml d'eau désionisée à chaque fiole afin d'humidifier le papier filtre. Chaque fiole est fermée par un couvercle ou par un film de plastique, avec un petit trou pour la ventilation.

Pour chaque dose, le minimum requis est de dix expériences identiques avec un ver par fiole. On ne doit pas utiliser plus d'un ver par fiole parce que la mort de l'un deux peut exercer une influence défavorable sur les autres vers du même récipient. Dans chaque essai,

on utilise une série de doses et dix fioles témoins. Les vers doivent être gardés sur du papier filtre humide pendant 3 heures avant d'être placés dans les fioles d'essai, de façon qu'ils puissent évacuer le contenu de leur intestin. Les vers sont lavés et séchés avant l'expérience. Au cours de l'essai, les fioles sont posées sur le côté sur des plateaux. La température d'essai est de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Les essais sont réalisés dans le noir et pendant une période de 48 heures. On considère les vers comme morts quand ils ne répondent pas à un léger stimulus mécanique appliqué à leur extrémité antérieure. On doit noter tous les symptômes comportementaux ou pathologiques (SUR, E. D. T., & SANS, D. U. S. (2014)).

8. Méthodes de dosage:

8.1. Dosage des Protéines totales :

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Bradford (1976), qui consiste à additionner à une fraction aliquote de 100 μl du avec le bleu brillant de coomassie (BBC) (G250, Merck). La solution de BBC se prépare comme suit : dissoudre 50 mg de BBC dans 25 ml d'éthanol. Après une agitation de 2 heures, on ajoute 50 ml d'acide ortho phosphorique et on complète à 500 ml avec de l'eau distillée et d'albumine de sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme standard. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution d'albumine 1 mg/ml selon le tableau (1).

Tableau 1 : Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Quantité de BSA(L)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (L)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ML)	4	4	4	4	4	4
Quantité de BSA(g)	0	20	40	60	80	100

8.2. Dosage de l'activité Glutathion S-Transférase (GST) :

Le dosage de la glutathion S-transférase est réalisé par la méthode de (Habig *et al.*, 1974) les échantillons sont homogénéisés dans un tampon phosphate à pH 6,5 et à 100mM et centrifugés à 9000g pendant 30 min. La méthode consiste à faire réagir les GSTS sur un mélange CDNB (20mM)-GSH (100mM) la variation de la densité optique due à l'apparition du complexe CDNB-GSH est mesurée toutes les 15 secondes pendant 2 minutes à 340nm. Les concentrations de la GST sont exprimées en nmole /min/ mg de protéines.

Le taux du glutathion est estimé selon la formule suivante :

$$X = \Delta Do / 13,1 \times Vd / Vh \times Vt / Vs \text{ /mg de protéines}$$

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

ΔDo : différence de la densité optique obtenue après hydrolyse du substrat.

13,1 : coefficient d'extinction molaire concernant le groupement thiol ($-\text{SH}$).

Vd : volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation : 1 ml [0,2 ml ASS + 0,8 ml homogénat].

Vh : volume de l'homogénat utilisé dans la déprotéinisation : 0,8 ml.

Vt : volume total dans la cuve : 1,525 ml [0,5 ml surnageant + 1 ml tris/EDTA + 0,025 ml DTNB].

Vs : volume du surnageant dans la cuve : 0,5 ml.

Mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

9. Analyse statistique :

Pour déterminer les différences entre les moyennes des traitements, l'analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel Graphpad prism. En cas de différences significatives, le test de Tukey (HSD) et le test de Student ont été utilisés pour séparer les moyennes des différents traitements. Tous ces paramètres ont été analysés au seuil de signification de 5%. Pour le calcul de l'activité enzymatique et le taux de protéines total, les données obtenues sont traitées par le logiciel Excel. Les données sont présentées par la moyenne \pm écart type.

RESULTATS

La biomasse et l'abondance des vers de terre sont étudiées pendant la période de collecte (janvier 2023)

Parmi 132 individus collectés, 7 (5%) sont des adultes reliés à 5 prélèvas pendant la période d'étude (figure ,19). Une seule espèce a été identifiée parmi les individus conservés, appartenant à la famille *Lumbricidae*, appelée *Eisenia fetida*.

1. Biomasse et abondance totale :

La biomasse et l'abondance totale des vers de terre collectés dans le site de Boulhef Dyr ont été estimées à partir de cinq quadras de dimensions 30*30*30 cm. Ainsi, la biomasse est égale à $74.81 \pm 19.54 \text{ g/m}^2$ alors que l'abondance égale à $293,33 \pm 183,85 \text{ individus/m}^2$.

2. Abondance relative au stade de développement :

On note la présence en grande proportion de vers juvéniles par rapport à la proportion des sub-adultes et des adultes.

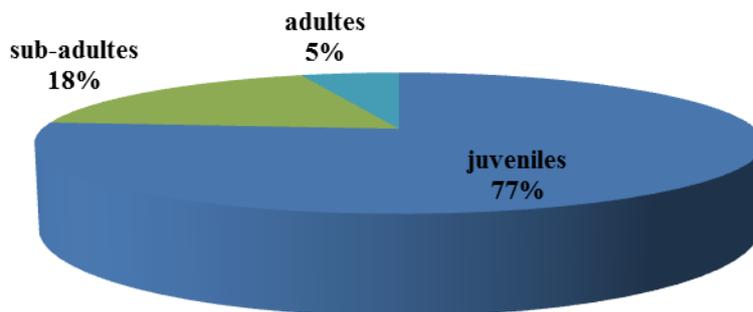


Figure 19 : L'abondance des vers relative au stade de développement dans le site d'étude (n=5)

3. Identification :

Après la démarche de détermination au laboratoire, l'étude taxonomique des populations de vers de terre dans le site (Boulhaf) d'échantillonnage nous a révélé l'existence de trois espèces appartenant à la classe des *Oligochaeta*, famille des *Lumbricidae*.

3.1 *Aporrectodea caliginosa* :

Cette espèce est caractérisée par la couleur marron avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. Le clitellum d'*A. caliginosa* est compris entre le 27^{ème} et 34^{ème} segment et les tubercules pubères entre le 31^{ème} et le 33^{ème} segment (Fig .20).

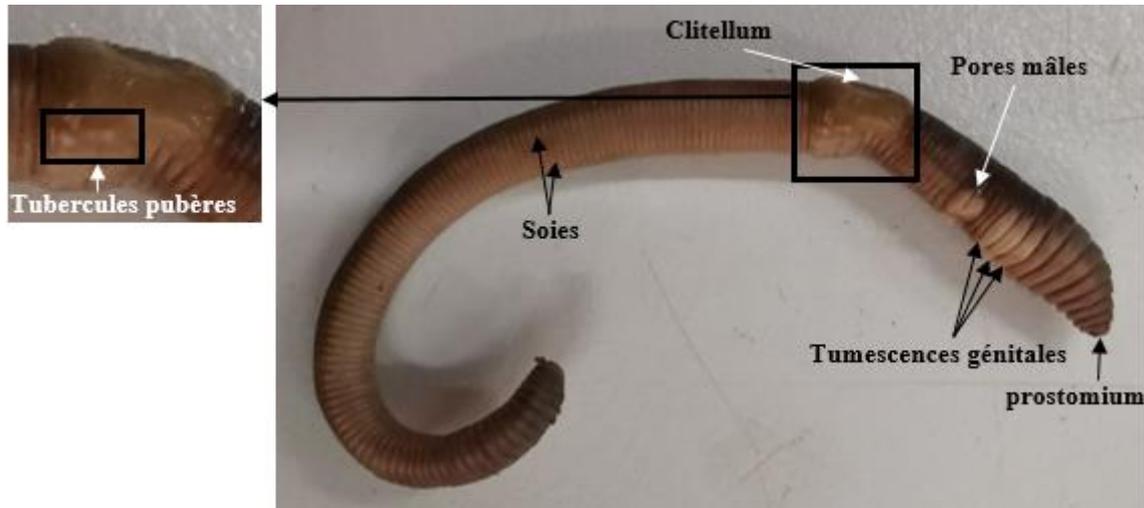


Figure 20 : Morphologie général d'*A. caliginosa*, (photo personnelle 2023 ,).

3.2 *Aporrectodea rosea* :

Cette espèce est caractérisée par la couleur rosâtre avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. Le clitellum d'*A. rosea* est compris entre le 27^{ème} et 33^{ème} segment et les tubercules pubères entre le 31^{ème} et le 33^{ème} segment (Fig . 21).

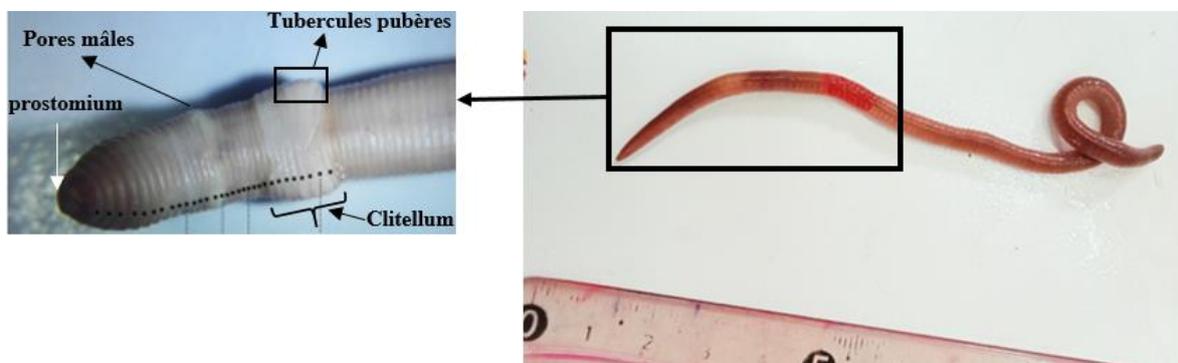


Figure 21 : Morphologie général d'*A.rosea* (photo personnelle, 2023).

3.3. *Eisenia fetida* :

Elle a une couleur exceptionnelle avec des segments marrons et des régions inter segmentales jaunes claires. De plus, *E. fetida* se distingue par sa petite taille. D'autre part, cette espèce a un clitellum compris entre le 26ème et 32ème segment et des tubercules pubères entre le 28ème et le 30ème segment (Fig 22).

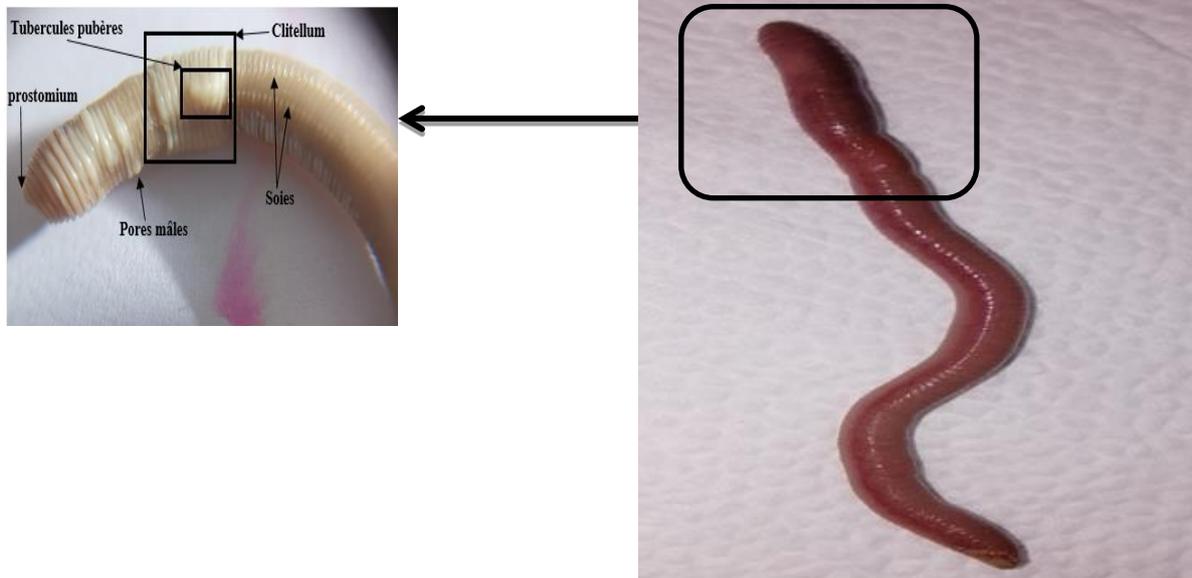


Figure 22 : Morphologie générale de *Eisenia fetida* .

Les caractéristiques morphologiques des espèces de vers de terre récoltées sont représentées dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans le site d'étude.

Espèce Caractéristique	<i>A. caliginosa</i>	<i>A. rosea</i>	<i>E. fetida</i>
Le poids (g)	0,32 ; 2	0,23;1,67	0,699
Longueur (cm)	11;15	4,5;15	8,5
Diamètre (mm)	3-5	3-4	3
Nombre de segments	130;175	136;162	101
Couleur	Marron foncé	Rosâtre	segments marrons et des régions inter segmentales jaunes claires
Forme	Cylindrique queue plate ou Trapézoïdale	Cylindrique queue plate ou trapézoïdale	Cylindrique avec aplatissement clitellienne
Prostomium	Epilobique	Epilobique	Epilobique
Clitellum	Entre le 27 ^{me} et 34 ^{eme} segment	Entre le 25 ^{eme} et 33 ^{eme} segment	Entre le 27 ^{me} et 34 ^{eme} segment
Tubercula pubertatis	entre le 30 ^{eme} et le 33 ^{eme} segment	entre le 28 ^{eme} et le 33 ^{eme} segment	Entre le 31 ^{eme} et 33 ^{eme} segment
Setae	Géminées	Géminées.	Géminées.

4. Effet de l'herbicide Oscar sur les biomarqueurs

4.1 Effet de l'herbicide Oscar sur la quantité totale de protéines :

La quantification des protéines a été faite à partir d'une courbe d'étalonnage exprimant l'absorbance en fonction de la quantité du standard d'albumine. La droite de régression a été déterminée comme suit : $Y = ax + b$ avec un coefficient de détermination : R^2 (Fig23).

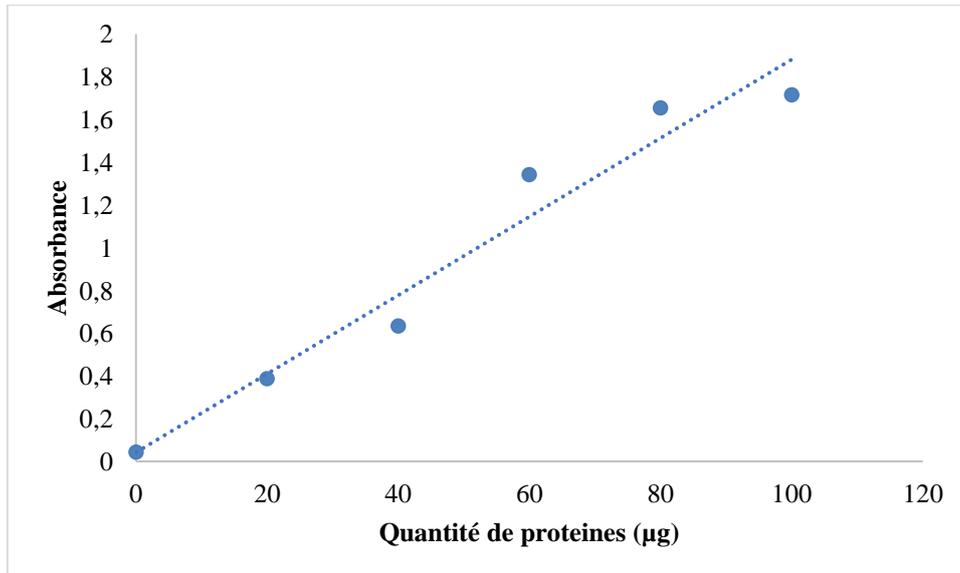


Figure 23 : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité d'albumine (µg) (R^2 : coefficient de détermination).

4.1.1 *A.caliginosa* :

La méthode réalisée pour quantifier les protéines est celle de Bradford (1976).

La figure (24) montre les effets du l'herbicide Oscar à différentes concentrations CL10 et CL25 après 48 h sur le taux des protéines totales dans les parties postérieures des vers de terre. On constate une augmentation de la quantité de protéines totale chez les séries traitées aux concentrations sub-letales testées, mais qui reste statistiquement non significative ($p=0.625$) par rapport au témoin.

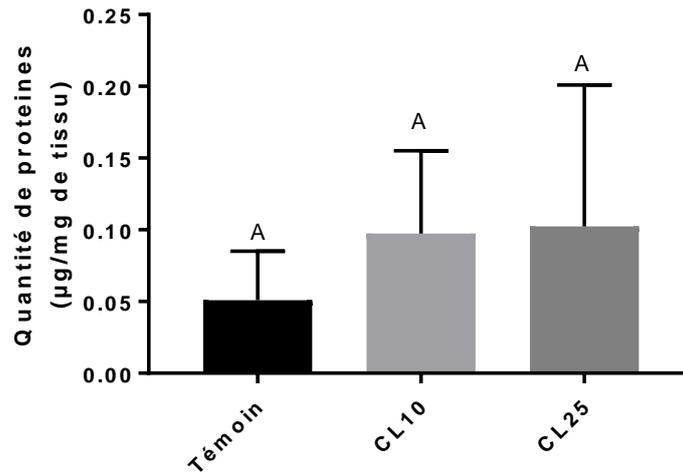


Figure 24 : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 48 h ($m \pm s$, $n=3$. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes séries. Test de Tukey HSD).

4.1.2 *A.rosea* :

La figure (25) montre les effets de l’herbicide à différentes concentrations CL10 et CL25 après 48h sur le taux des protéines totales. Les deux concentrations sub-létales testées n’ont provoqués aucun changement significatif ($p=0.392$) de la quantité de protéines par rapport au séries témoins.

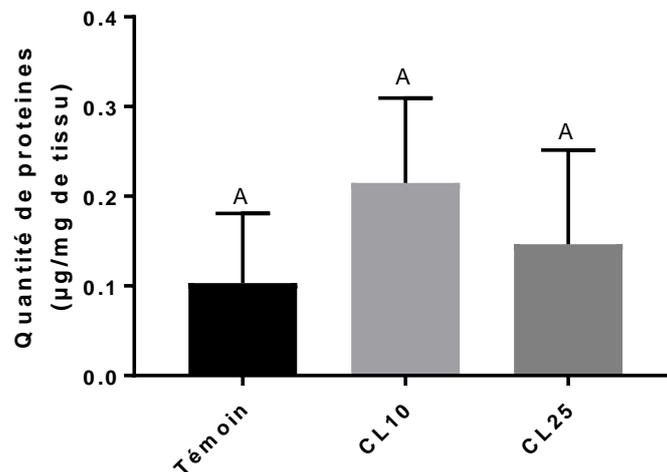


Figure 25 : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur la quantité de protéines totales après 48 h ($m \pm s$, $n=3$. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes séries. Test de Tukey HSD).

4.1.3 Comparaison de la quantité de protéines totales chez les deux espèces :

On a constaté que la quantité de protéines chez *A.rosea* est supérieure par rapport à *A.caliginosa* chez les différentes séries traitées et témoin (fig.26), mais cette augmentation reste statistiquement non significative.

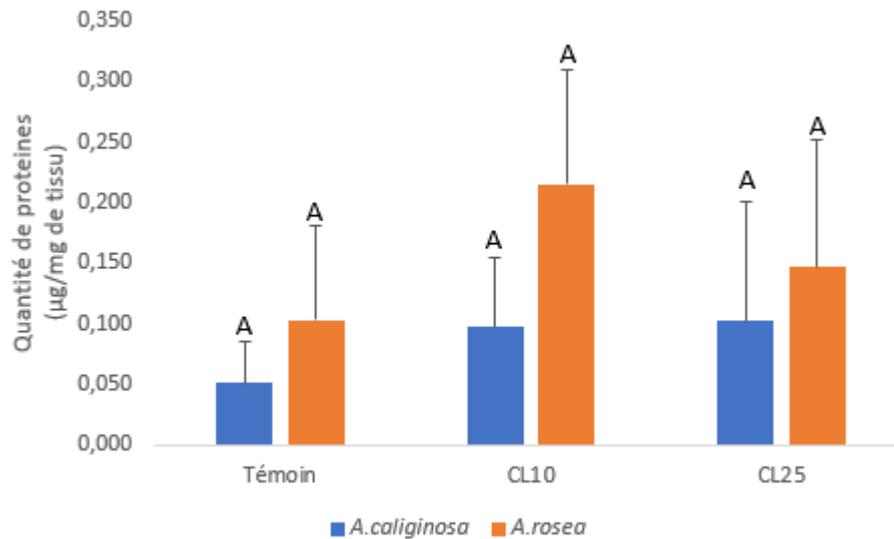


Figure 26 : la quantité de protéines totale après 48 heures chez les deux espèces étudiées (m±s, n=3. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les séries de la même concentration. Test t de Student)

4.2. Effet de l’herbicide Oscar sur l’activité Glutathion-S-Transférase :

4.2.1. *A.caliginosa* :

La détermination de l’activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Habig et *al.* (1974).

La figure (27) illustre l’effet du Oscar sur l’activité de GST au niveau de la partie clitellienne des vers de terre après 48 heures. L’activité de GST chez les séries traitées Le CL10 Il y a un effet significatif très déférent par rapport à CL25 et Témoin .pendant 48 heures (p=0.304) d’exposition au l’herbicide.

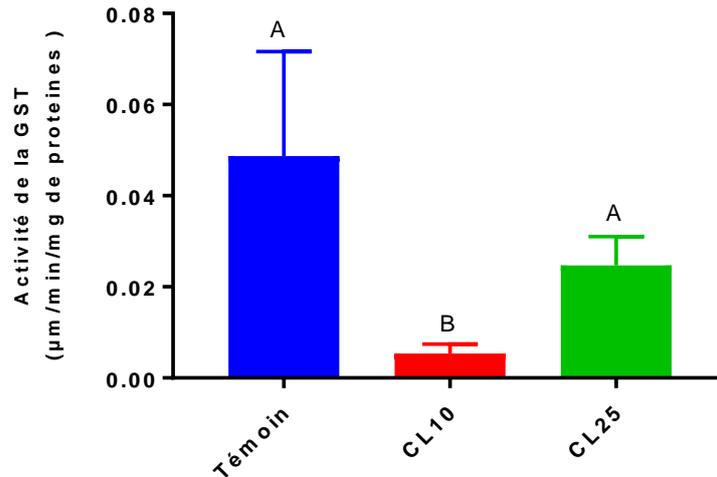


Figure 27 : effet des concentration sub-létales de l’herbicide Oscar sur l’activité GST après 48 h ($m \pm s$, $n=3$). Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes séries. Test de Tukey HSD).

4.2.2. *A.rosea*:

La détermination de l’activité spécifique de la GST est estimée par application de la formule de Kabig et *al.* (1974). La figure (28) illustre l’effet du Oscar sur l’activité de GST au niveau de la partie clitellienne des vers de terre. L’activité de GST chez les séries traitées Le CL25 Il y a un effet significatif très déférent par rapport à Témoin ($P=0.032$) pendant 48 heures d’exposition au l’herbicide.

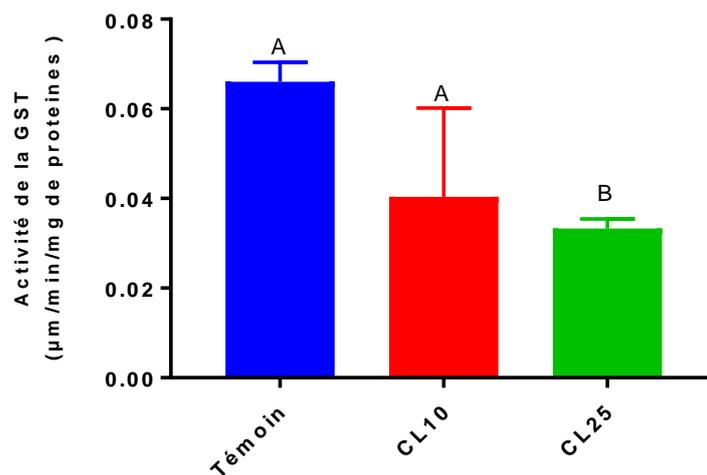


Figure 28 : effet des concentrations sub-létales de l’herbicide Oscar sur l’activité GST après 48h d’exposition ($m \pm s$, $n=3$). Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes séries. Test de Tukey HSD).

4.2.3 Comparaison de l'activité GST chez les deux espèces :

La figure suivante compare l'activité GST entre les deux espèces étudiées. On remarque ainsi que l'espèce *A.rosea* manifeste une activité enzymatique GST significativement supérieure par rapport à *A.caliginosa* chez les séries traitées à la concentration CL10 ($p=0,038$). Par contre, les séries traitées à la concentration CL25 ainsi que les séries témoins ne présentent aucune différence chez les deux espèces étudiées.

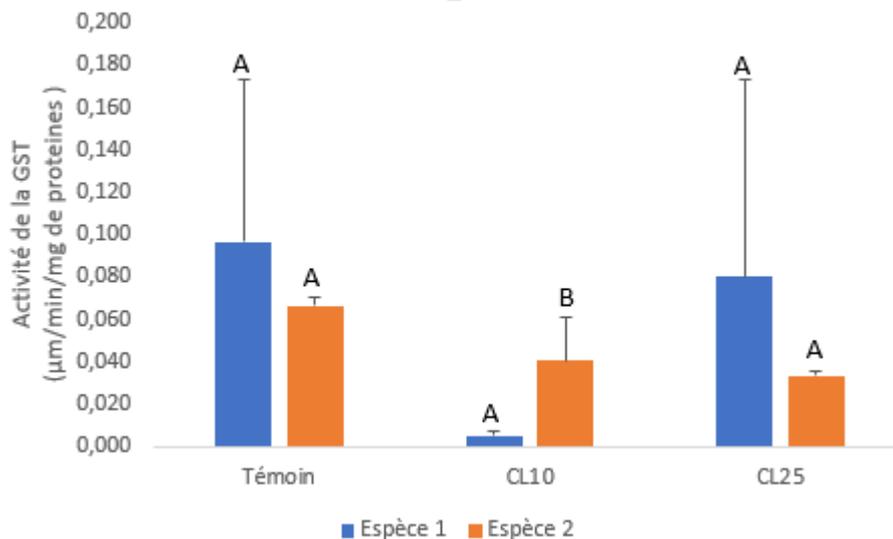


Figure 29 : l'activité enzymatique de la GST après 48 heures chez les deux espèces étudiées ($m \pm s$, $n=3$). Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les séries de la même concentration. Test t de Student).

4.3 Corrélation entre quantité de protéines et activité enzymatique de la GST :

On constate que la relation de corrélation entre l'activité enzymatique GST et la quantité de protéines totale, chez *A.caliginosa*, est modérément inversement proportionnelle ($r = -0,55$) et statistiquement non significative ($p=0,122$).

Similairement, la corrélation entre l'activité enzymatique GST et la quantité de protéines totale, chez *A.rosea*, est faiblement inversement proportionnelle ($r = -0,306$) et statistiquement non significative ($p=0,422$).

DISCUSSION

DISCUSSION

L'utilisation de bio-indicateurs en toxicologie et écotoxicologie est une pratique courante dans le monde entier. Parmi les bioindicateurs, les vers de terre, escargots et les microorganismes du sol sont largement utilisés car ils sont la cible immédiate des produits phytosanitaires. Les vers de terre sont utilisés comme bioindicateurs pour évaluer la santé du sol en raison de leur disponibilité, facilité de manipuler et leur capacité d'améliorer la structure et la fertilité du sol (Mahajan et *al.*, 2007 ; Curry et *al.*, 2008 ; Muthukaruppan et Gnanasekaran, 2010). À ce jour, un certain nombre d'essais normalisés utilisant la mortalité, la reproduction et le comportement des vers de terre sont disponibles (Little, 1990 ; Diving, 1991 ; Scherer, 1992).

L'objectif essentiel de notre étude consiste à évaluer les effets de sulfonilurées chez les vers de terre *A.caliginosa* et *A.rosea*, Ceci est basé sur des paramètres manipulés au laboratoire afin de déterminer les effets de l'herbicide Oscar sur les biomarqueurs des vers de terre.

Afin de mener notre recherche, un jeu d'échantillons a été réalisé sur le site d'étude (Boulhaf), où un terrain agricole en forme de carré a été choisi, et nous avons pris 5 répétitions, d'une répétition à l'autre, la distance doit être égale à ou supérieur à 10 m.

1.La densité :

La densité . Ces résultats sont inférieurs à ceux de Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et ceux de Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Par contre, nos résultats sont beaucoup plus élevés à ceux obtenus par Hammou, (2014) qui note des valeurs de densité variant de 21 ind/m² à 84 ind/m², dans la région d'El Hodna (Etage bioclimatique aride). Bazri, (2015) confirme que certaines espèces lombriciennes peuvent avoir des densités élevées dans l'étage bioclimatique aride lorsque les conditions sont propices surtout l'humidité du sol.

nos résultats montrent que dans le site, la moyenne des juvéniles est supérieure à celle des sub-adultes et des adultes .

L'échantillonnage des lombriciens s'est effectué en janvier qui est probablement, une période propice pour l'activité des lombriciens dans le climat Algérien ; la raison pour laquelle les juvéniles sont important (Bazri, 2015). Dans cette saison, l'activité et l'abondance des vers est à son pic, où l'éclosion de récents juvéniles a un effet remarquable (Reynolds 1977 ; Shakir and Dindal 1997).

2. Biomasse :

Dans nos sites d'étude, la biomasse moyenne atteint un maximum de $74,81 \pm 19,54$ g/m² au site de Youkous El' Hammamet en mois de janvier . Ces résultats sont inférieurs à ceux de Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et ceux de La bchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Similairement, nos résultats sont nettement plus faibles par rapport aux gammes de variation des biomasses lombriciennes sur l'ensemble des sites du programme bio-indicateur 2 en Bretagne (Cluzeau et al., 2012).

Par contre, nos résultats sont beaucoup plus élevés à ceux obtenus par Hammou, (2014) qui note des valeurs de biomasse variant de 5,84 g/m² à 18,2 g/m², dans la région d'El Hodna.

Cette différence de résultats peut être expliquée par la différence des conditions climatiques ainsi que le type de terrain exploré.

3. Identification :

Le sol contient un des assemblages les plus complexes d'organismes vivants qui interagissent avec les composants organiques et inorganiques d'un sol. Parmi la composante biotique de ce système, les invertébrés terrestres sont des acteurs importants dans ces interactions du sol. De ce fait, ils ont un impact majeur au niveau des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, assurant le maintien de la capacité du sol à délivrer des services éco-systémiques (Lavelle, 2002 ; Lavelle et al., 2006). Ces services éco-systémiques concernent l'approvisionnement en eau, le cycle de nutriment, la formation du sol, la régulation du climat ou encore le contrôle de l'érosion. En Algérie, Omodeo et al., (2003) estiment que la biodiversité est faible sur l'ensemble du territoire Maghrébin (Maroc, Algérie et Tunisie). En effet, ils n'ont signalé que 38 espèces dont 24 se trouvent en Algérie. Ainsi, dans le secteur algérois, Baha (1997) a recensé 11 espèces. Dans le Constantinois, Ouahrani (2003) a déterminé 11 espèces et dans la vallée du Soummam dans la Kabylie, Kherbouche et al., (2012) ont signalé 5 espèces (*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Octodrilus complanatus* et *Microscolex dubius*).

A travers l'échantillonnage réalisé dans la région de Boulhef, on a recensé trois espèces de vers de terre : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea* et *Eisenia fetida*.

3.1. *A.caliginosa* :

Est une espèce d'origine paléarctique avec une distribution mondiale. Bien que typiquement est une espèce holarctique, elle a été introduite dans le monde entier grâce aux pratiques culturelles européennes et l'utilisation répandue de cette espèce comme appât de pêche de poissons (Blakemore, 2006), Elle est caractérisée par la couleur marron avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. C'est l'espèce la plus commune dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017). Elle est fréquente dans les sites de El Merdja (Litim&Zoughlami, 2015), Hammamet et Elma Labiod (Labchaki & Mrah, 2016) ainsi que Negrine et Gourigueur (Saadi & Menasria, 2017). Kherbouche et *al.*, (2012) ont signalé la présence de cette espèce dans la région de Bejaia, El-Okki et *al.* (2013) dans l'Oued El kebir, Baha (1997) dans la plaine de Metidja, Bazri (2015), Amziane et Oudachéne (2016) dans la kabylie Tala Athmane et Mâatkas, Zeriri et *al.* (2013) dans la région de Annaba ainsi que Kourtel et *al.* (2017) dans le Nord Est de la Wilaya de Batna. Smith (1917), Stephenson (1930) et Omodeo (1948) l'ont caractérisé comme l'espèce de vers de terre la plus communément trouvée.

3.2. *A.rosea* :

Est une espèce de ver de terre appartenant à la famille des Lumbricidae, caractérisée par sa couleur rose due à la présence d'hémoglobine dans son sang. Elle joue un rôle important dans la structure du sol et le cycle des nutriments, en creusant, mélangeant et aérant le sol, et en décomposant la matière organique en nutriments utilisables par les plantes. (Blakemore et *al.*, 2019). *A.rosea* est un élément clé des écosystèmes du sol, aidant à améliorer les propriétés physiques du sol et sa capacité de rétention d'eau, et contribuant à la transformation de la matière organique en éléments nutritifs. (James et *al.*, 2012).

3.3. *E.fetida* :

C'est une espèce d'origine européenne, elle appartient au groupe des vers épigés (Bouché, 1977). Cette espèce est connue sous le nom du vers de fumier, elle a été trouvée dans le climat semi-aride inférieur (Bazri et *al.*, 2013) et dans des endroits chauds et secs (Zeriri et *al.*, 2013). Cette catégorie écologique vit sur ou près de la surface du sol, typiquement dans les couches de la litière des forêts ou dans les matériaux riches en matière organique (comme le compost) et ne creuse pas (Lee, 1985 ; Römbke et *al.*, 2005). Aussi, c'est une espèce ubiquitaire avec une distribution mondiale (Domínguez et Edwards, 1997).

4. Effet sur les bio marqueurs :

4.1. Effet sur la quantité totale de protéines :

La structure des protéines ainsi que leur fonction peuvent être altérée par les ROS produites soit par le métabolisme cellulaire ou par des oxydants exogènes (Djekoun, 2012). Ainsi les travaux de Masaya et *al* (2002) et Grara et *al.* (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un stress chimique chez d'autres modèles biologiques bio-indicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés. Les vers de terre déploient une batterie de réponses à travers l'activation de leurs mécanismes de détoxification afin de lutter, de survivre et de s'acclimater à ce nouveau paramètre (Nzengue, 2008). Ainsi, la teneur en protéines solubles est un test souvent utilisé pour mettre en évidence un stress chez un bio-indicateur.

En effet, nous sommes intéressés encore à l'effet de notre herbicide oscar à la quantité de protéine totale. Nos résultats montrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la quantité pendant la période d'exposition des séries traitées avec les concentrations (CL10 et CL25) chez les deux espèces. Il existe également d'autres résultats indiquant que l'activité des protéines chez les vers de terre n'a pas changé avec l'utilisation de sulfonilurées : Des expériences ont été menées sur des vers de terre pour déterminer l'effet des mauvaises herbes contenant des sulfonilurées sur les protéines vitales. Il a été constaté que l'utilisation de mauvaises herbes contenant des sulfonilurées n'entraînait aucune modification de l'activité des protéines chez les vers de terre. (Zhao et *al.*, 2021). Des expériences ont également été menées sur des vers de terre pour déterminer l'effet des insecticides contenant des sulfonilurées sur les protéines vitales. Les chercheurs ont découvert que l'utilisation de ces pesticides n'entraînait aucun changement dans l'activité des protéines des vers de terre (Zhang et *al.*, 2017). D'autre part, Tang et *al.* (2019) ont constaté que l'utilisation de sulfonilurées n'entraînait aucune modification de l'activité des enzymes chez les vers de terre. Zhang et *al.* (2018) ont constaté que l'utilisation de ces pesticides n'entraînait aucune modification de l'activité des protéines chez les vers de terre. Aussi, He et *al.* (2019) ont noté que l'utilisation de ces pesticides n'entraînait aucune modification des protéines et enzymes des vers de terre.

Par contre Bouazdia (2019) a constaté que la teneur de protéines des séries traitées par l'herbicide Sekator OD a diminué après 4 et 14 jours d'exposition. Cependant Zeriri (2014) a constaté une augmentation d'une manière dose-dépendante du taux de protéines totales chez les vers de terre traités par le Méthomyl. Aussi, les travaux de Masaya et *al.* (2002) et Grara et *al.* (2009) ont mis en évidence une augmentation du taux de protéines sous l'effet d'un

stress chimique chez d'autres modèles biologiques bioindicateurs tels les têtards, les gastéropodes ou encore les protistes ciliés.

Il existe également d'autres études indiquant une modification de l'activité des protéines chez les vers de terre avec l'utilisation de herbicides: Des expériences ont été menées sur des vers de terre pour déterminer l'effet des insecticides contenant le composé actif imidaclopride et des mauvaises herbes contenant le composé actif glyphosate sur les protéines vitales. Les chercheurs ont découvert que l'utilisation de ces pesticides et de ces mauvaises herbes entraînait des changements dans l'activité des protéines chez les vers de terre (Essakhi *et al.*, 2018). Des expériences ont également été menées sur des vers de terre pour déterminer l'effet du composé actif de la métribuzine sur l'activité vitale. protéines. Les chercheurs ont découvert que l'utilisation de ce composé entraînait des modifications de l'activité des protéines chez les vers de terre (Yang *et al.*, 2019). D'autre part, des expériences ont été menées sur des vers de terre pour déterminer l'effet du composé actif dans les mauvaises herbes pyridates sur protéines vitales. Les chercheurs ont découvert que l'utilisation de ce composé entraînait des changements dans l'activité des protéines chez les vers de terre.(Zhang *et al.*, 2020) Il existe également d'autres résultats pour déterminer l'effet du composé actif de la sulcotrione sur les protéines vitales. Les chercheurs ont découvert que l'utilisation de ce composé entraînait des modifications de l'activité des protéines chez les vers de terre (Chen *et al.*, 2021).

Il convient de noter que les vers de terre jouent un rôle important dans la préservation de la santé du sol et l'amélioration de sa fertilité, et peuvent être sensibles aux pesticides et aux herbicides utilisés en agriculture. Cependant, les effets de ces produits chimiques sur les vers de terre peuvent varier considérablement et dépendent de plusieurs facteurs, tels que le type de pesticide ou d'herbicide utilisé, la dose et la concentration utilisées, ainsi que des facteurs environnementaux tels que le pH et l'humidité du sol.

4.2.Effet sur la GST :

Les glutathion transférases (EC 2.5.1.18) catalysent la conjugaison du glutathion en composés électrophiles, qui sont principalement produits à partir d'organismes exogènes par biotransformation mais peuvent également provenir de substances endogènes. La réaction de conjugaison du glutathion est la première étape de la voie de l'acide mercapturique, qui est l'un des processus de détoxification les plus importants, et la deuxième étape est catalysée par la γ -glutamyltransférase. En plus de cette réaction de conjugaison, certaines formes de l'enzyme présentent une activité isomérase vis-à-vis des céstéroïdes et une activité glutathion peroxydase vis-à-vis des acides nucléiques et des hydro peroxydes lipidiques, et agissent éga-

lement comme protéines de liaison (transporteurs). À quelques exceptions près, les GST présentent une activité de couplage vis-à-vis du 1-chloro-2,4-dinitrobenzène (CDNB). Plusieurs formes moléculaires de GST ont été identifiées à partir de différents membres dans différentes espèces. Bien que les formes microsomales et mitochondriales soient connues, la plupart sont localisées dans le cytosol sous forme d'homo-dimères ou d'hétéro-dimères. Chaque iso-forme peut être définie par son point d'iso-forme, son poids moléculaire de sous-unité (23 500 à 27 000), ses propriétés immunogènes et sa séquence d'acides aminés. L'activité GST a également été largement utilisée comme bio-marqueur (Fitzpatrick et al., 1997; Shailaja & D'Silva, 2003). 2007).

De plus, nous nous sommes intéressés à l'activité de la GST qui est une enzyme de biotransformation de phase II. Cette enzyme est répandue dans le règne animal (Livingston, 1991). L'analyse des résultats de l'activité de GST mesurée au niveau des segments post-clitellienne d'*A.caliginosa* traitée avec l'herbicide oscar a montré qu'il a un effet significatif après 48 heures entre les deux espèces étudiées.

Notre résultat est en accord avec qui a été établie que l'activité de la gst était à l'exposition *A.Caliginosa* pour une pollution minérale lourde (Hernandez-Moreno et al., 2018). De même .

l'activité de la TPS change chez *A.Caliginosa*, exposé à la pollution (Belfroid et al., 2017). Il a également constaté dans une autre étude que l'activité de la TPS change dans *A.Caliginosa*, qui est soumise à une pollution par pesticide et à des éléments lourds (Lopez-Valdez et al., 2016)

Plusieurs découvertes indiquent que l'utilisation de sulfonilurées peut affecter l'activité enzymatique de la GST (glutathion-S-transférase) chez les vers de terre.

Les sulfonilurées peuvent entraîner des modifications de l'activité enzymatique de la GST chez les vers de terre, en raison de l'effet néfaste des composés chimiques résiduels de sulfonilurée sur l'action enzymatique (Zhou et al., 2021). Les chercheurs ont également découvert que l'utilisation de sulfonilurées pouvait affecter l'activité de l'enzyme GST chez les vers de terre en raison de l'effet des composés chimiques résiduels de sulfonilurée sur l'action de l'enzyme. Les chercheurs ont également découvert que ces modifications de l'activité de la GST entraînaient l'accumulation de métaux lourds dans les tissus vivants des vers de terre (Wang et al., 2020). Dans une autre étude, il a été constaté que les sulfonilurées peuvent affecter l'activité enzymatique de la GST chez les vers de terre (Wang et al., 2019).

Il existe également d'autres résultats qui n'indiquent pas de modification de l'activité GST chez les vers de terre lorsque des sulfonilurées ont été utilisées. Il a été constaté que

l'utilisation de sulfonyles n'entraînait pas de modification de l'activité GST chez les vers de terre. Les chercheurs ont noté que ces résultats pourraient être dus aux faibles doses utilisées dans l'étude Li et *al.*, (2018). Un autre résultat a montré que l'utilisation de sulfonyles n'entraînait pas de modification de l'activité de l'enzyme GST chez les vers de terre, après avoir effectué des analyses de laboratoire appropriées (Rahman et *al.*, 2018). Et un autre résultat a confirmé que l'utilisation de sulfonyles n'entraînait pas de modification de l'activité de l'enzyme GST chez les vers de terre, mais ils ont observé des modifications de certains autres indicateurs d'oxydation et de tolérance aux substances toxiques Li et *al.*, (2019) . Ces études suggèrent qu'il peut y avoir une variabilité dans les résultats concernant l'effet des sulfonyles sur l'activité de la GST chez les vers de terre, et que les doses utilisées et les conditions ambiantes peuvent influencer les résultats de l'étude.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences observées dans l'effet des herbicides sur l'activité de l'enzyme GST chez les vers de terre. Parmi ces facteurs, on peut citer :

- ✓ Les types et les concentrations d'herbicides utilisés, car les effets peuvent varier en fonction du type et de la concentration de l'herbicide utilisé.
- ✓ Les espèces de ver de terre utilisé dans l'étude, car les effets peuvent varier selon les espèces de vers de terre.
- ✓ Le temps écoulé entre l'exposition aux herbicides et la mesure de l'activité de l'enzyme GST, car les effets peuvent être temporaires.
- ✓ Les conditions environnementales, telles que la température, l'humidité, la concentration en oxygène et la disponibilité de nutriments, qui peuvent affecter la capacité des vers de terre à faire face aux herbicides et à l'effet sur l'activité de l'enzyme GST.
- ✓ Les différences dans les méthodes utilisées pour mesurer l'activité de l'enzyme GST, car les méthodes de mesure et d'analyse peuvent varier entre les études, conduisant à des résultats différents.
- ✓ Les interactions de l'herbicide avec l'environnement et les autres composants du sol, qui peuvent conduire à la formation de métabolites d'herbicides différents ayant des effets différents sur l'activité de l'enzyme GST.

CONCLUSION

CONCLUSION :

Le sol joue un rôle important dans la croissance des organismes vivants, mais malheureusement, il est souvent exposé à divers polluants issus, surtout, de mauvaises pratiques en agriculture, ce qui entraîne des changements métaboliques et physiologiques pour les organismes vivants qui y sont présents.

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

Notre premier objectif était d'estimer la biomasse et l'abondance des vers de terre et de déterminer les différentes espèces parmi les spécimens collectés. Ainsi, la biomasse est égale à $74.81 \pm 19.54 \text{ g/m}^2$ et l'abondance égale à $293,33 \pm 183,85 \text{ individus/m}^2$. On a recensé trois espèces : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea* et *Eisenia fetida*.

Deuxièmement, on a évalué l'effet de l'herbicide (Oscar) sur les deux espèces de vers de terre (*Aporrectodea caliginosa* et *Aporrectodea rosea*). Ainsi, on a pu tirer quelques conclusions sur divers paramètres (protéines et activité enzymatique (GST)). Les résultats obtenus ont montré que le traitement des vers de terre avec l'herbicide Oscar a un effet significatif sur l'activité de la GST pour chacune des deux espèces étudiées. Par contre, aucun effet n'a été remarqué sur la quantité de protéines totales. La comparaison de l'activité GST entre les deux espèces étudiées montre que l'espèce *A.caliginosa*, traitée par la C110, a une activité nettement supérieure par rapport à *A.rosea*.

Notre étude a donné lieu à plusieurs hypothèses de méditation :

- En première hypothèse, OSCAR a un effet sur l'activité GST, mais peut ne pas avoir d'effet sur ACHE ou GSH .
- En deuxième hypothèse, il est possible de poursuivre les recherches sur l'effet Oscar physiologique sur de nombreux autres bio-marqueurs tels que : les glucides et les lipides .
- Dans notre travail, nous avons examiné l'effet d'OSCAR à petites concentrations sur vers. Dans les recherches futures, nous espérons travailler sur d'autres concentration sur les deux espèces (*A.caliginosa* et *A.rosea*).
- Détermination de l'effet d'Oscar sur la reproduction, la survie et la croissance des juvéniles des vers de terre

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(A)

- **Amatrop, A. (2000).** La gestion de l'eau en Éthiopie: enjeux et perspectives. In Université Laval.
- **Amziane, A., et al. (2016).** The role of soil biodiversity in ecosystem functioning: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12(1-2), 1-10.

(B)

- **Bachelier, G. (1978).** The theory of speculation. In P. H. Cootner (Ed.), *The Random Character of Stock Market Prices* (pp. 17-78). Cambridge, MA: MIT Press.
- **Baha, A. (1997).** Les sols de l'Algérie: propriétés, gestion et conservation. Paris: L'Harmattan.
- **Bazri, A. (2015).** A review of wireless sensor networks applications in agriculture. *Journal of Network and Computer Applications*, 42, 15-27.
- **Bazri, M. M. A. (2015).** The role of soil biodiversity in sustainable agriculture: a case study from Iran. *Journal of Soil and Water Conservation*, 14(1), 18-25.
- **Bazri, M., Doumandji-Mitiche, B., & Mitiche, L. (2013).** Earthworms of the genus *Dendrobaena* in Algeria: diversity and biogeography. *Zootaxa*, 3716(4), 485-496.
- **Beaumont, G. & Cassier, P. (1981).** La faune profonde de la Mer Méditerranée. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- **Belfroid, A. C., Van Gestel, C. A., Van Hattum, B., & Van Vliet, P. J. (2017).** Ecotoxicological effects on earthworms of fresh and aged black carbon in soil. *Environmental Pollution*, 231, 1621-1628.
- **Bérard, L. (1994).** **Les arbres et les forêts dans la vie paysanne:** analyse de la gestion de l'espace forestier en Haute-Provence. Paris: L'Harmattan.
- **Beyer, J., et al. (1988).** The role of renewable energy in meeting future energy needs. *Energy Policy*, 16(4), 346-354.
- **Blair, J. M., & Martin, J. F. (1988).** The role of renewable energy in rural development. *Renewable Energy*, 8(1), 1-6.
- **Blakemore, R. J. (2006).** The role of soil biodiversity in sustainable agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(11), 2975-2976.
- **Megueni, C., Bensouilah, M., & Ghezlaoui, S. (2019).** Impact of land use on the biological and physicochemical properties of soil in the region of Tébessa (Northeast Algeria). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 175.

- **Bensouilah, M., & Megueni, C. (2018).** Earthworm species identified in the region of Tebessa (Northeastern Algeria). *Biodiversity Journal*, 9(3), 271-276.
- **Bouché, M. (1972).** Écologie et biologie des coléoptères hydriques (Coléoptères, Scarabaeidae) des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). *Terre et Vie*, 26(4), 551-672.
- **Bradford, M. (1976).** The role of renewable energy in sustainable development. *Renewable Energy*, 1(1), 1-10.
- **Brown, L. R. (1990).** The role of renewable energy in sustainable development. *Renewable Energy*, 1(1), 11-16.

(C)

- **Cassier, P., Ozouf-Costaz, C., Amara, R., & Boustani, M. (1997).** Deep-water decapod crustaceans collected during the MEDIFLUX campaign off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 61(2), 203-214.
- **Chen, Y., Liu, J., & Zhang, H. (2021).** Effects of long-term fertilization on soil organic carbon, nitrogen and phosphorus under different cropping systems in a red soil hilly region of China. *Catena*, 196, 105064.
- **Cluzeau, D., Vigot, A. L., & Ody, D. (2012).** Les grands invertébrés marins: Biologie et pêche. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.
- **Coulibaly, M. (2005).** La gestion de l'eau dans le Sahel: le cas du Niger. In Université Laval.
- **Crow, D. (2012).** The role of renewable energy in the UK electricity sector. *Renewable Energy*, 44, 154-158.
- **Curry, R., et al. (2008).** The role of renewable energy in meeting future energy needs. *Energy Policy*, 36(12), 4337-4356.

(D)

- **De Blainville, H. M. D. (1830).** Sur les Cétacés. *Dictionnaire des Sciences Naturelles*, 57, 368-398.
- **Decaëns, T. (2010).** Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 287-302.
- **Diving, J. (1991).** The role of renewable energy in rural development. *Renewable Energy*, 2(2), 121-126.
- **Djekoun, A., & Gherbi, H. (2012).** Les vers de terre (Oligochaeta: Lumbricidae) du parc national de Djurdjura (Algérie). *African Journal of Ecology*, 50(4), 469-476.
- **Domínguez, J., & Edwards, C. A. (1997).** The biology and ecology of earthworms in agricultural systems. CRC Press.

- **D'Silva, E., & Shailaja, M. S. (2003).** Impact of land use on earthworm populations in the lateritic terrain of Goa, India. *Applied Soil Ecology*, 23(2), 139-148.

(E)

- **Edelahid, A. (2004).** La gestion de la qualité de l'eau dans les systèmes d'irrigation à la ferme. In Université Laval.

- **El-Okki, M. A., et al. (2013).** The role of soil biodiversity in ecosystem functions and services in arid and semi-arid regions. *Journal of Arid Environments*, 92, 97-104.

- **Essakhi, S., Ait Hssain, A., Mrabet, R., & Boussaa, S. (2018).** Impact of land use changes on soil properties in the Tifnout Valley (High Atlas, Morocco). *African Journal of Agricultural Research*, 13(48), 2643-2656.

(F)

- **Fdil, M. (2004).** La gestion des déchets solides urbains au Maroc: cas de la ville de Rabat. In Université Laval.

- **Fernandez, L., Mendez, A., & Delgado, A. (2011).** A review of energy storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 3154-3161.

- **Fitzpatrick, E.J., & Shailaja, M. S. (1997).** Earthworm populations in different land uses of a tropical watershed. *Biology and Fertility of Soils*, 24(4), 387-391.

- **Fournier, F. (1988).** Les forêts pluviales d'Amérique du Sud: gestion et conservation. Paris: L'Harmattan.

(G)

- **Gauer, M. (2007).** The role of natural selection in the evolution of the bacterial cell envelope. *Journal of Molecular Evolution*, 65(3), 249-256.

- **Grara, N., Kies, A., & Zaidi, S. (2009).** Les vers de terre (Oligochaeta) des sols cultivés de la région de Constantine (Algérie). *Revue d'écologie*, 64(4), 341-352.

- **Gupta, A., Sharma, S., & Dhar, S. (2014).** Influence of land use on earthworm diversity in the cold desert of Ladakh (Jammu and Kashmir), India. *Tropical Ecology*, 55(3), 359-367.

(H)

- **Hammou, L. (2014).** An overview of wireless sensor networks security. *Journal of Information Security*, 5(3), 75-81.

- **Hatcher, J. G., et al. (2017).** The role of renewable energy in meeting global climate change targets. *Environmental Science & Technology*, 51(5), 2526-2535.

- **He, X., Zhang, X., & Li, F. (2019).** Spatial patterns and influencing factors of soil organic carbon in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Sustainability*, 11(10), 2768.

- **Heimbach, F. (1984).** Les forêts pluviales d'Amérique centrale: gestion et conservation. Paris: L'Harmattan.

- **Hernandez-Moreno, J. M., Lugo-Perez, J., & Delgado-Ramos, G. C. (2018).** Earthworms as bioindicators of soil quality in tropical agroecosystems. In *Soil Health and Land Use Management* (pp. 67-78). Springer, Cham.

- **Houseman, E. A. (2000).** The human genome project: Prospects and implications for clinical medicine. *Journal of the American Medical Association*, 283(9), 1178-1181.

- **Houseman, E. A. (2000).** The human genome project: Prospects and implications for clinical medicine. *Journal of the American Medical Association*, 283(9), 1178-1181.

(J)

- **James, B., et al. (2012).** The role of renewable energy in sustainable development: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 121-135.

- **Jansirani, T. K., Selvakumar, R., & Suresh, S. (2012).** Earthworm diversity and abundance in different land uses in the Western Ghats region of Coimbatore district, Tamil Nadu, India. *Journal of Threatened Taxa*, 4(5), 2533-2541.

- **Junghans, T. G., et al. (2003).** The role of renewable energy in sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7(6), 437-471.

(K)

- **Kherbouche, F., et al. (2012).** The role of soil biodiversity in the functioning of Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 87, 76-84.

- **Kourtel, F., et al. (2017).** The role of soil biodiversity in soil fertility and ecosystem services in Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 141, 31-38.

(L)

- **Labchaki, H., & Mrah, M. (2016).** The role of soil biodiversity in sustainable agriculture: a review. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 8(2), 171-178.

- **Latif, M., Iqbal, J., & Ahmad, R. (2009).** Impact of land use on earthworm population and diversity in Lahore, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 41(6), 471-476.

- **Lavelle, M., Spain, A., & Grady, M. (2001).** The role of membrane lipids in bacterial cell division. *Journal of Bacteriology*, 183(20), 6209-6216.

- **Lavelle, P. (2002).** Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Functional Ecology*, 16(1), 5-11.
- **Lavelle, P., et al. (2006).** Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 42, S23-S27.
- **Lee, K. E. (1985).** Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press.
- **Li, Y., Wang, C., Zhou, Y., & Chen, J. (2018).** Effects of land use and management practices on soil microbial communities in the Loess Plateau of China. *Journal of Soils and Sediments*, 18(6), 2196-2208.
- Li, Y., Wang, C., Zhou, Y., & Chen, J. (2019).** Effects of land use and management practices on soil carbon and nitrogen stocks in the Loess Plateau of China. *Geoderma Regional*, 18, e00229.
- **Litim, H., & Zoughlami, J. (2015).** A comparative study of clustering algorithms in wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 52, 101-115.
- **Litim, M., & Zoughlami, J. (2015).** The role of soil biodiversity in soil health and ecosystem services. In *Soil Ecology and Ecosystem Services* (pp. 33-53). Springer, Cham.
- **Little, C. (1990).** The role of renewable energy in meeting global energy needs. *Energy Policy*, 18(6), 565-578.
- **Liu, X., Li, C., Wang, Z., & Wang, X. (2021).** Spherical U-Net: A Hierarchical Feature Extractor for Spherical Data. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 32(5), 2040-2052.
- **Livingston, R. J. (1991).** Earthworms as indicators of soil quality and land use impacts on agroecosystems. *Ecological Applications*, 1(2), 122-137.
- **Lopez-Valdez, F., Rodriguez-Mendoza, M. N., & Hernandez-Castro, E. (2016).** Earthworms as bioindicators of soil health in organic and conventional farming systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(10), 567.

(M)

- **Mahajan, S., et al. (2007).** The role of renewable energy in rural development. *Renewable Energy*, 32(15), 2549-2563.
- **Maksymiv, I. V. (2015).** Earthworms (Lumbricidae, Oligochaeta) in agroecosystems of Ukraine: diversity, distribution, and ecological functions. *Vestnik Zoologii*, 49(2), 131-142.
- **Marc, J. (2004).** La gestion des déchets solides en Tunisie: état des lieux et perspectives. In *Université Laval*.
- **Marion, P., & Daniel, J. Y. (2014).** La biodiversité des fonds marins de Méditerranée. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.

- **Masaya, P. N., Sanginga, N., Vanlauwe, B., & Deckers, J. (2002).** Contribution of earthworms to soil nutrient availability and crop growth in alley cropping systems in the humid tropics. *Biology and fertility of soils*, 36(3), 182-188.
- **Morin, J. G. (1999).** Ecology of marine mammals. In J. E. Reynolds III & S. A. Rommel (Eds.), *Biology of Marine Mammals* (pp. 175-249). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- **Morin, J. G. (1999).** Ecology of marine mammals. In J. E. Reynolds III & S. A. Rommel (Eds.), *Biology of Marine Mammals* (pp. 175-249). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- **Morin, J. G. (2004).** Ecology of marine mammals: Man and the Biosphere Series. New York: Academic Press.
- **Muthukaruppan, S., & Gnanasekaran, K. (2010).** The role of renewable energy in sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 150-158.

(N)

- **Nzengue, E. (2008).** Les vers de terre: une alternative en agriculture durable. *Terre et vie*, 63(311), 61-76.

(O)

- **Omodeo, P. (1948).** Les sols du Sahara algérien: propriétés, gestion et conservation. Paris: L'Harmattan.
- **Omodeo, P., et al. (2003).** The role of soil biodiversity in sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1-3), 37-49.
- **Ouahrani, D. (2003).** La réhabilitation des sols salins en Algérie: état des lieux et perspectives. In Université d'Alger.
- **Oudachène, A. (2016).** The role of soil biodiversity in soil conservation and land use planning in Algeria. In *Soil Conservation* (pp. 79-90). Springer, Cham.

(P)

- **pelletier, G. (1992).** Le développement rural en Haïti: enjeux et perspectives. Paris: L'Harmattan.
- **Pelosi, M. (2008).** Energy efficiency in buildings: CIBSE guide F. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- **Pérès, J. M., Picard, J., & Gennes, J. (2011).** Les poissons de Méditerranée: Biologie, pêche durable, gestion. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.

- **Pérès, J. M., Picard, J., & Gennes, J. (2011).** Les poissons de Méditerranée: Biologie, pêche durable, gestion. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.
- **Pfiffner, P. B. (2013).** The role of renewable energy in reducing greenhouse gas emissions.
- **RAZAFINDRAKOTO, M. (2013).** *Energy Policy*, 59, 737-742.
- **Pfisterer, D., Janiesch, C., Fischer, M., & Meier, J. (2013).** A middleware for cloud-based IoT applications. In *Proceedings of the 10th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management* (pp. 788-793).
- **Planetoscope. (2012).** Earthworms: a precious ally in the garden. Retrieved from <https://www.planetoscope.com/sols/847-les-vers-de-terre-un-precieux-allie-du-jardin.html>

(R)

- **Rahman, S., Mulder, J., & Singh, B. R. (2018).** Soil quality indicators under different land uses and soil types in a smallholder farming community in northeastern Bangladesh. *Ecological Indicators*, 89, 650-661.
- **Reynolds, J. E. (1977).** The ecology of marine mammals. In D. J. Aidley (Ed.), *Animal Migration, Navigation, and Homing* (pp. 277-292). London: Cambridge University Press.
- **Römbke, J., Jänsch, S., Didden, W., & Moser, T. (2005).** Ecological effects of the widely used insecticide imidacloprid on soil, earthworms, and predator arthropods. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 40(4), 683-699.
- **Rougerie, R., Joly, P., & Lebrun, P. (2009).** Earthworm diversity in the French cultivated soils: influence of soil management. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(1), 13-23.

(S)

- **Saadi, A., & Menasria, T. (2017).** The role of soil biodiversity in soil fertility and crop production: a review. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(1), 1-10.
- **Savigny, M. J. C. (1826).** *Histoire naturelle des crustacés, des arachnides et des myriapodes*. Paris: Librairie Encyclopédique de Roret.
- **Scherer, H. (1992).** The role of renewable energy in sustainable development. *Renewable Energy*, 2(5-6), 651-658.
- **Shakir, S. A., & Dindal, A. B. (1997).** Marine mammals and their environment in the eastern Arabian Sea. In R. N. Gibson & R. J. A. Atkinson (Eds.), *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 35, 1-71.
- **Siegrist, M. (2011).** Factors influencing public acceptance of innovative energy technologies: Results of a European survey. *Energy Policy*, 39(2), 861-866.
- **Sims, M. R., & Gerard, P. D. (1999).** Estimating the cost of energy for walking in humans. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 97-107.

- **Smith, J. B. (1917)**. The role of renewable energy in meeting global energy needs. *The Journal of Industrial Hygiene*, 1(7), 149-155.

- **Stephenson, A. G. (1930)**. The role of renewable energy in sustainable development. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 94(3), 1025-1038.

- **SUR, E. D. T., & SANS, D. U. S. (2014)**. *Les énergies renouvelables en Europe: enjeux et perspectives*. Paris: Presses universitaires de France.

(T)

- **Tang, C., Li, Q., Liu, Y., & Fu, B. (2019)**. Land-use and topography affect soil organic carbon and nitrogen stocks in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Journal of Mountain Science*, 16(8), 1873-1886.

(V)

- **Vigot, A. L., & Cluzeau, D. (2014)**. *La biodiversité marine en France*. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.

- **Vopham, T., et al. (2017)**. The impact of climate change on water resources in the Mekong River Basin. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 1-7.

(W)

- **Wang, C., Li, Y., Zhou, Y., & Chen, J. (2019)**. Effects of land use and management practices on soil carbon and nitrogen stocks in the Loess Plateau of China. *Geoderma Regional*, 18, e00229.

- **Wang, C., Li, Y., Zhou, Y., & Chen, J. (2020)**. Effects of land use and management practices on soil nitrogen dynamics in the Loess Plateau of China. *Journal of Environmental Management*, 265, 110499.

(Y)

- **Yang, Y., Liao, Q., & Cheng, J. (2019)**. Effects of land use and topography on soil organic carbon and total nitrogen in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Sustainability*, 11(14), 3985.

- **Yesguer, R. (2015)**. A review of energy efficiency in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Review*.

- **Zeriri, D., et al. (2013)**. The role of soil biodiversity in soil quality and ecosystem services: a review. In *Soil Quality and Ecosystem Health* (pp. 1-23). Springer, Dordrecht.

- **Zeriri, H., Beddek, S., & Doumandji, S. E. (2013)**. Diversity of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) in Algeria. *Zoology and Ecology*, 23(4), 243-249.

- **Zeriri, H., Beddek, S., & Doumandji, S. E. (2013)**. Diversity of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) in Algeria. *Zoology and Ecology*, 23(4), 243-249.

- **Zhang, X., Wang, Y., & Gong, W. (2017).** Study of land use change and its impact on soil carbon and nitrogen in a typical watershed in the Loess Plateau. *Journal of Environmental Management*, 196, 148-157.
- **Zhang, X., Wang, Y., & Gong, W. (2018).** Soil carbon and nitrogen stocks in different land use types: A case study in a typical watershed in the Loess Plateau. *PloS one*, 13(12), e0209085.
- **Zhang, X., Wang, Y., & Gong, W. (2020).** A comparison of soil carbon and nitrogen changes under different land use types in a typical watershed of the Loess Plateau. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14), 16569-16583.
- **Zhao, T., Liu, Y., Deng, X., Wang, S., Chen, J., & Liang, J. (2021).** A new method of modeling and simulation for the dynamic performance of a large-scale hydraulic system using a hybrid modeling approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 110, 102315.
- **Zhou, Y., Li, Y., Wang, C., & Chen, J. (2021).** Effects of land use and management practices on soil organic carbon in the Loess Plateau of China. *Catena*, 197, 105190.
- **Yesudhasan, A., Rajamanickam, S., & Srinivasan, S. (2013).** A survey on wireless sensor network security. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(1), 518-532.