



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessa –Tébessa

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

Département : Biologie des êtres vivants

MEMOIRE DE MASTER

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

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecophysiologie animal

MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention de diplôme de MASTER

Thème:

**Effet combiné de deux produits phytosanitaires chez les  
vers dominant dans la région de Tébessa**

Présenté par :

ADJAL Khaoula

RECHACH Bouchra

Devant le jury :

Mr. TINE.S	M.C.A	Université de Tébessa	Président
Mr. BOUAZDIA.K	M.C.A	Université de Tébessa	Promoteur
Mr.HANNACHI.MS	M.C.B	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : 24/06/2020

Année Universitaire : 2019-2020

# *Dédicace*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, A mes chères sœurs Lamia , Naïma pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, A mes chers frères, Nadjm, Rostom ,Fouzi, Islam, pour leur appui et leur encouragement, A mon oncle Toufik .A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire. Je dédie aussi mon ami « NAZIHA » qui malheureusement; n'a pas pu avoir que j'ai réalisé ce travail; A tous mes amies et A mon binôme « Bouchra »A tous les étudiants de la promotion de master II écophysiologie animal.*

*Khaoula*

# *Dédicace*

*Dédie ce modeste travail aux être qui me sont les plus chers je cite : mes parents. Aucun hommage ne pourrait être a la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. que dieu leur procure bonne santé et longue vie. A celui que j'aime beaucoup et qui ma soutenue tout longue de ce travail. Et a mon frère « ANOUAR IBRAHIM » et bien sur ma soeur « RYMA » et ses enfants « MOUHAMMED ANES et SIDRA » Je dédie aussi mes amis « SAWSEN et NAZIHA » qui malheureusement; n'a pas pu avoir que j'ai réalisé ce travail; Que Dieu ait pitié d'eux A ma binôme « KHAWLA » a mes « COLLEQUES » pour ses soutiens et ses .encouragements*

*Bouchra.*

## Remerciement

Avant tout nous remercions **Allah** le tout puissant, de nous avoir guidé tout au long de nos années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour achever ce travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus cordiaux et notre vive reconnaissance à notre encadreur, **Mr. BOUAZDIA. K**, qui a bien voulu accepter de diriger ce travail, pour son encouragement, ses conseils précieux, sa disponibilité, ses suggestions pertinentes, ses critiques constructives et pour sa patience tout au long de ce projet et sans lesquels, ce travail n'aurait pu aboutir.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury, pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Nous voudrions remercier "**Mr. TINE.S**" qui nous a honoré d'avoir accepté de présider le jury. Nous remercions également "**Mr.HANNACHLMS**" qui a accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous nos enseignants pour l'accompagnement et le savoir transmis tout au long de notre parcours universitaire, ainsi qu'à tout le personnel de laboratoire de Biologie

Nous tenons également à remercier tous ceux et celles qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail et qui nous ont soutenu dans les moments difficiles.  
Un merci spécial à mon défunt ami " Naziha "

*Merci à tous*

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **LISTE DES TABLEAUX**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>1</b>	Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre	<b>11</b>
<b>2</b>	Caractéristiques physico-chimiques du glyphosate	<b>16</b>
<b>3</b>	Propriétés physicochimiques du DECIS EC 25	<b>18</b>
<b>4</b>	Synthèse des actions conjointes des substances d'un mélange	<b>21</b>
<b>5</b>	Les constituants du sol artificiel.	<b>27</b>
<b>6</b>	la mixture	<b>28</b>
<b>7</b>	Les taux de mortalité prévus pour la mixture (Decis + Glyphon) selon les modèles Addition des concentrations (A.C) et Indépendance d'action (I.A)..	<b>31</b>

**LISTE DES FIGURES**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
01	Le prostomium suivi par le péristomium.	06
02	Les segments d'un ver de terre.	07
03	Morphologie d'un ver de terre.	07
04	Morphologie interne d'un vers de terre.	10
05	Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre.	10
06	Cycle de vie d' <i>A. Caliginosa</i> en laboratoire dans un sol limoneux complété par de la bouse de cheval broyée à 1 mm d'aliment, à 15 ° C, entre 60 et 70% de la capacité de réention en eau du sol.	12
07	Vers de terre <i>Aporrectodea caliginosa</i> .	13
08	Modes d'exposition des organismes vivant aux pesticides.	15
09	Structure chimique du glyphosate.	15
10	Le produit utilisé.	15
11	Inhibition de la synthèse d'acides aminés aromatiques par l'action de l'herbicide glyphosate sur la 5-énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS), enzyme de la voie du shikimate.	17
12	Structure chimique de la deltaméthrine.	17
13	Le produit utilisé.	17
14	Modes d'action des insecticides.	19
15	Différents cas d'étude de mélanges simples.	20
16	Situation géographique des sites de collectedes vers de terre de Ain Ghrab et EL- Houidjbet.	22
17	Site de collecte d'Ain Gharb.	22
18	Site de collecte de EL-houidjbet.	23
19	Le matériel utilisé sur le terrain.	23
20	Le matériel utilisé au laboratoire.	23
21	Tri des vers selon leur stade de maturité.	25
22	Identification et prise des critères liés aux vers de terre.	25
23	Conservation et étiquetage des vers de terre.	26
24	Le vers de terre <i>A. caliginosa</i> .	26
25	Les constituants du sol artificiel.	27
26	les étapes du test.	28
27	Morphologie général d' <i>A. caliginosa</i> ,	30
28	le aux de mortalité des vers <i>A. caliginosa</i> exposés à glyphon, décis et de leurs mixture après 7 et 14 jours.	30
29	Effet de l'herbicide Glyphon à différentes concentrations sur le taux de croissance pondérale des vers de terre <i>A. caliginosa</i> en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d'une même période (Test de Tukey HSD).	32
30	Effet de l'insecticide Decis à différentes concentrations sur le taux de	33

## **LISTE DES FIGURES**

---

croissance pondérale des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d'une même période (Test de Tukey HSD).

**31**

Effet de la mixture (Glyphon + Decis) à différentes concentrations sur le taux de croissance pondérale des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d'une même période (Test de Tukey HSD).

**33**

## *Liste des abréviations*

<b>N°</b>	<b>Liste des abréviations</b>	
01	<b>CaCO<sub>3</sub>:</b>	Carbonate de Calcium.
02	<b>CL<sub>50</sub>:</b>	Concentration Létale 50.
03	<b>Cl :</b>	chlore.
04	<b>cm :</b>	centimètres.
05	<b>DL<sub>50</sub> :</b>	Dose ou concentration létale pour 50% des organismes exposés, par rapport au témoin.
06	<b>EPSPS</b>	5-énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthétase.
07	<b>g</b>	gramme.
08	<b>g/mol</b>	gramme par mole.
09	<b>g/ml</b>	gramme par millilitre.
10	<b>g/l</b>	gramme par litre.
11	<b>h</b>	heure.
12	<b>ISO</b>	International Organization for Standardization.
13	<b>Kg</b>	kilogramme.
14	<b>m</b>	mètre.
15	<b>mg/kg</b>	milligramme par kilogramme.
16	<b>mm</b>	millimètre.
17	<b>MNHN</b>	Muséum National d'Histoire Naturelle.
18	<b>OC</b>	organochloré.
19	<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
20	<b>OP</b>	organophosphoré.
21	<b>. P</b>	phosphore.
22	<b>pH</b>	Potentiel hydrogène.
23	<b>RAD</b>	Radiation Absorbed Dose.
24	<b>SETAC</b>	Society of Environmental Toxicologie and Chemistry.
25	<b>UIPP:</b>	Union pour la protection des plantes
26	<b>µg/kg</b>	microgramme par kilogramme.
27	<b>µg</b>	Micromètre.
28	<b>%</b>	pour cent.



**Table de MATIERE**

<b>N°</b>	<b>Contenu</b>	<b>Page</b>
	Dédicace	
	Remerciemen	
	Table de matière	
	Liste des tableaux	
	Liste des figures	
	Liste d'abréviations	
<b>INTRODUCTION</b>		<b>01</b>
<b>MATERIEL ET METHODES</b>		
<b>I.</b>	<b>Généralité</b>	<b>04</b>
1	Systématique.	04
2	Morphologie.	04
2.1.	Le prostomium.	04
2.2.	Le metastomium (soma).	06
2.3.	Le pygidium.	07
3.	Anatomie interne.	07
3.1	La peau et les muscles.	08
3.2	Le tube digestif.	08
3.3	Le système respiratoire.	08
3.4	Le système nerveux	08
3.5	Système circulatoire.	09
3.6	Le système reproducteur.	09
3.7	Système locomoteur	09
3.8	Le système excréteur	09
4	Classification écologique des vers de terre.	10

## TABLE DE MATIERE

5	Le cycle de vie.	12
6	Utilisation du ver de terre comme bio-indicateur.	12
<b>II.</b>	<b>Généralités sur les pesticides.</b>	14
1	Définition des pesticides.	14
2	Classification des pesticides.	14
3	Modes d'expositions aux pesticides.	14
4	Le glyphosate.	15
4.1	Définition.	15
4.2	Propriétés physicochimiques.	16
4.3	Mode d'action.	16
5	Décis EC 25 (Deltaméthrine)	17
5.1	Propriétés physico-chimiques du DECIS EC 25	18
5.2	Mode d' action des pyréthrinoïdes	18
6	Approches d' évaluation de la toxicité des mélanges de pesticides.	19
7	Actions combinées des composants d' un mélange de pesticides.	20
<b>III.</b>	<b>Dispositif expérimental.</b>	22
1	Présentation du site de collecte des vers de terre.	22
2	Matériels utilisés.	23
3	Travaux sur le terrain.	24
4	Travaux de laboratoire.	24
4.1	Rinçage et tri des vers de terre.	24
4.2	Identification.	25
5	Présentation du modèle biologique <i>Aporrectodea caliginosa</i> .	26

## **TABLE DE MATIERE**

---

<b>6</b>	<b>Test de toxicité.</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Conditions expérimentales.</b>	<b>27</b>
<b>6.2</b>	<b>Préparation du sol artificiel.</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Tests de toxicité.</b>	<b>28</b>
<b>7.1</b>	<b>Traitement.</b>	<b>29</b>

---

### **RESULTATS**

<b>I.</b>	<b>Identification de la diversité de vers de terre.</b>	<b>30</b>
<b>II</b>	<b>Toxicité de la mixture</b>	<b>31</b>
<b>III.</b>	<b>Inhibition de la croissance pondérale.</b>	<b>32</b>

---

### **DISCUSSION**

<b>I.</b>	<b>Identification.</b>	<b>35</b>
<b>II.</b>	<b>Toxicité de la mixture</b>	<b>36</b>
<b>III.</b>	<b>Effet sur la croissance pondérale.</b>	<b>36</b>

---

### **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

**RESUME.**

**ABSTRACT.**

**الملخص**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.**

---

# *Introduction*

### Introduction :

La population mondiale est passée de 3,7 milliards en 1970 (**Domenach, 2007**) à environ 7,2 milliards en 2013 (**United Nation, 2013**). Les conséquences de cette croissance démographique sont nombreuses : besoins alimentaires, eau potable, santé, espace vital, éducation... etc. Les besoins les plus cruciaux sont évidemment, les besoins alimentaires qui font appel à l'augmentation et à l'extension des superficies cultivables. Cette agriculture cesse d'être vivrière pour devenir intensive avec une modernisation qui passe par l'utilisation de pesticides, entre autres, pour augmenter les rendements agricoles (**Yesguer, 2015**).

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%), les Amériques (Sud : 20,8% ; Nord : 20,6%) et l'Afrique (3,8%). L'Algérie est classée parmi les pays qui utilisent de grandes quantités de pesticides, dont l'Association Algérienne pour la protection de l'environnement tire la sonnette d'alarme « L'Algérie est un grand consommateur de pesticides : 30000 tonnes sont épandues chaque année » (**Chiali et al., 2013**).

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 écosystémique (**Lavelle, 2002 ; Lavelle et al., 2006**).

De nombreuses études ont évalué la toxicité de pesticides aux organismes du sol (**Liang et Zhou 2003; Stepic'et al. 2013**). En milieu naturel, les pesticides sont souvent existant dans des mélanges de deux composés ou plus (**Choung et al.2011; Phyu et al. 2011; Saxena et al. 2014**). Cependant, peu d'informations sur leurs effets combinés chez les organismes du sol sont disponible (**Daam et al. 2011**). La toxicité conjointe des pesticides les mélanges sur un organisme spécifique peuvent être inférieurs à, égal ou supérieur aux effets cumulés des effets pesticides (**Jin-Clark et al.2008**). En conséquence, la toxicité des produits toxiques peut être qualitativement décrite comme antagonistes, additifs ou synergiques, respectivement. Des essais écotoxicologiques approfondis utilisant des vers de terre ont été menées ces dernières années, mais la plupart d'entre elles axé sur les effets de pesticides uniques (**Gupta et al. 2011; Sanchez-Hernandez et al. 2014**). Cependant, les effets des mélanges de pesticides sur les vers de terre restent largement flous (**Wu et al. 2012**).

Les mélanges d'herbicides et d'insecticides sont très souvent utilisés dans les applications agricoles, où des herbicides sont utilisés pour contrôler les mauvaises herbes et les insecticides sont co-appliqués pour contrôler insectes ravageurs (**Choung et al. 2011**). Dans la présente étude, nous visons à évaluer la toxicité combinée d'un herbicide (glyphon) et d'un insecticides (Decis) chez les vers de terre *Aporrectodea caliginosa*. Nos résultats pourraient fournir une base scientifique pour une évaluation précise du risque écologique des mélanges de pesticides sur les invertébrés du sol.

Dans le cadre d'évaluation de la qualité des sols, les démarches physico-chimiques sont essentielles car elles informent sur la présence, la nature et la quantité des contaminants dans les sols. Toutefois, elles ne peuvent renseigner sur les effets de polluants sur les organismes vivants et les écosystèmes. C'est pourquoi et de manière complémentaire, l'utilisation d'indicateurs biologiques est indispensable à l'évaluation de la qualité des milieux (**Gueddou et Nedjaa, 2017**). Les vers de terre parmi les bioindicateur les plus connus, qui présentent des avantages indéniables pour l'évaluation de la qualité des sols. Ce sont des organismes importants dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils transforment les matériaux biodégradables et les déchets organiques en vermicompost riches en éléments nutritifs (**Jansirani et al., 2012**).

L'espèce modèle actuelle pour les tests standardisés est *Eisenia fetida* ou *Eisenia andrei*. Cependant, ces espèces sont absentes des sols agricoles et souvent moins sensibles aux pesticides que les autres vers de terre trouvés dans les sols minéraux. Pour progresser vers une meilleure évaluation des effets des pesticides sur les organismes non ciblés, il est nécessaire de réaliser des tests à posteriori sur des espèces pertinentes. L'espèce endogée *A. Caliginosa* (Savigny, 1826) est représentative des champs cultivés dans les régions tempérées et est suggérée comme espèce test modèle pertinente (**Pelosi et al., 2013 ; Bart et al., 2018**). De même Van Capelle et al, (2016) ont proposé *A. Caliginosa* en tant qu'organisme du sol non ciblé pour l'évaluation des risques des plantes génétiquement modifiées pour l'environnement. D'autre part, la rare utilisation de l'espèce *A. Caliginosa* est probablement due aux difficultés techniques pour obtenir un nombre suffisant des individus pour l'expérience. En outre, il est reconnu que *A. Caliginosa* présente une grande variation morphologique car il s'agit d'un complexe d'espèces (**Bart et al., 2018**).

Dans ce contexte, ce travail s'intéresse à évaluer les réponses des populations lombriciennes chez l'espèce de vers de terre la plus répandue dans la région de Tébessa *A. Caliginosa* choisie comme modèle d'étude en raison de leur bénéfique rôle dans le sol à l'impact de mixture de deux pesticide abondamment utilisés par agriculteurs : un insecticide

## ***INTRODUCTION***

---

pyrethrine (Decis) et un herbicide apparenté au glyphosate (Glyphon). On a d'abord identifié les spécimens collectés dans les deux sites. Ensuite, on a étudié les deux paramètres : la survie et la croissance pondérale des vers.

*Matériels*

*Et*

*Méthodes*



## I. Généralités

Les vers de terre appartiennent à l'embranchement des Annelides ; autrement dit des « vers segmentés » dont la principale caractéristique évolutive est un corps constitué d'une succession de segments ou d'anneaux, à la sous classe des Oligochètes (porteurs de soies moins abondantes), à l'ordre des Haplotaxida et au sous ordre des Lumbricina. La famille des Lumbricidae est la plus importante des Oligochètes. Elle se compose essentiellement de vers terrestres (Edwards et Bohlen, 1996). Les vers de terre représentent jusqu'à 70 % de la biomasse de sol (Zirbes et al., 2011), cinq mille espèces ont déjà été décrites à travers le monde, mais de nombreuses restent à découvrir principalement dans les zones tropicales (Brown et al., 2013)

### 1. Systématique

La classification des annélides oligochètes, la plus récente, est publiée dans la base de données de la faune d'Europe (Jong et al., 2014) :

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Sous-règne</b>	Eumetazoa
<b>Phylum</b>	Annelida
<b>Classe</b>	Oligochaeta
<b>Sous-classe</b>	Diplostesticulata
<b>Super-ordre</b>	Megadrili
<b>Ordre</b>	Opisthopora
<b>Sous-ordre</b>	Lumbricina
<b>Super-famille</b>	Criodriloidea
<b>Famille</b>	Criodrilidae
<b>Super-famille</b>	Eudriloidea
<b>Famille</b>	Eudrilidae
<b>Super-famille</b>	Lumbricoidea
<b>Famille</b>	Ailoscolecidae
<b>Famille</b>	Glossoscolecidae
<b>Famille</b>	Hormogastridae
<b>Sous-famille</b>	Hormogastrinae
<b>Sous-famille</b>	Vignysinae
<b>Sous-famille</b>	Xaninae
<b>Famille</b>	Lumbricidae

<b>Sous-famille</b>	Diporodrilinae
<b>Sous-famille</b>	Lumbricinae
<b>Sous-famille</b>	Spermophorodrilinae
<b>Super-famille</b>	Megascolecoidea
<b>Famille</b>	Acanthodrilidae
<b>Famille</b>	Megascolecidae
<b>Famille</b>	Ocnerodrilidae
<b>Famille</b>	Octochaetidae
<b>Super-famille</b>	Sparganophiloidea
<b>Famille</b>	Sparganophilidae
<b>Sous-classe</b>	Tubificata
<b>Ordre</b>	Tubificida
<b>Sous-ordre</b>	Enchytraeina
<b>Super-famille</b>	Enchytraeoidea
<b>Famille</b>	Enchytraeidae
<b>Famille</b>	Propappidae

## 2. Morphologie

Les vers de terre sont des animaux qui appartiennent à la macrofaune du sol. Ils se distinguent par une anatomie allongée et circulaire. Leurs corps sont constitués par une série de nombreux anneaux successifs appelés « métamères » (de 60 à 200), lesquels ont tous une anatomie à peu près semblable et se répétant régulièrement. Chez les lombricidés et quelques familles, chaque segment du tronc est caractérisé par la présence de quatre paires de soies de positions variables. Il porte également deux pores néphrétiques. Le tout donne un aspect bien caractéristique, vermiforme, ce qui favorise leur pénétration dans le sol.

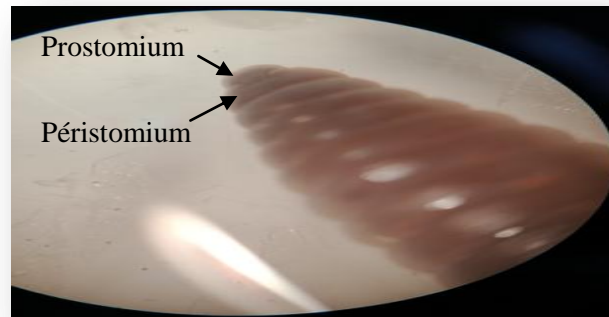
Le corps des vers de terre est donc annelé, composé d'anneaux. Le premier segment est appelé "Prostomium", le second "Peristomium" et le dernier "Pygidium" (Sims et Gerard, 1999).

Comme tous les Oligochètes terrestres les vers de terre n'ont ni yeux, ni tête distincte. Cependant, ils possèdent une forte densité de cellules sensorielles. La région antérieure est plus effilée et porte la bouche; alors que la région postérieure, parfois plus renflée et légèrement aplatie, porte l'anus.

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 01 :** Le prostomium suivi par le péristomium (photo personnelle)

### 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 dérive, 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).

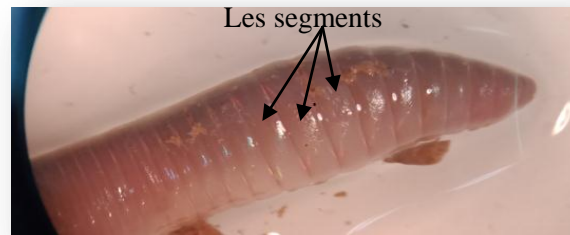


Figure 02 : Les segments d'un ver de terre (photo personnelle)

### 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).

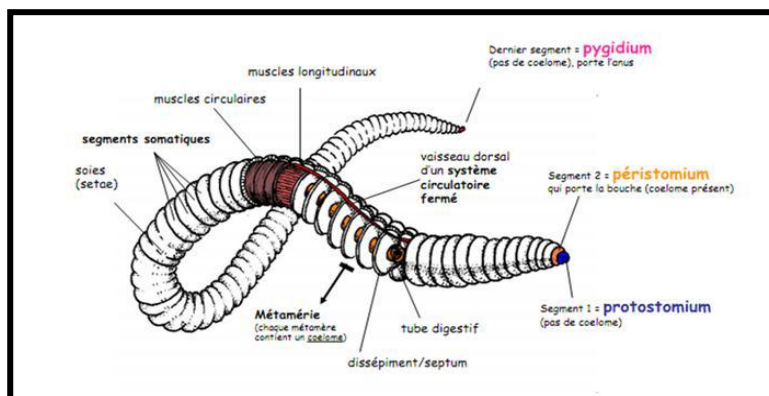


Figure 03 : Morphologie d'un ver de terre (d'après Sims et Gerard, 1999)

## 3. Anatomie interne :

Les vers de terre appartiennent au groupe des coelomates triploblastiques protostomiens. Ce sont des animaux typiquement métamérisés, à symétrie bilatérale. Ils possèdent des cavités coelomiques métamérisées. Ces dernières sont homonomes, c'est-à-dire régulières avec répétition des néphridies et des ganglions et remplies de fluide : le coelome. La physiologie des Lombriciens a été largement décrite par Laverack (1963), Edwards et Lofty (1977), et Tomlin (1980). Les Lombriciens possèdent un (squelette) hydrostatique dû à la présence du coelome, ce qui leur permet de se déplacer par des mouvements péristaltiques du corps. Le tube externe, ou paroi du corps, est composé d'un épiderme enveloppé d'une cuticule, d'une couche de muscles circulaires et d'une autre de muscles longitudinaux. Cette musculature est adaptée à leur mode de locomotion de fousseurs.

### 3.1. La peau et les muscles

La peau est formée extérieurement par un épiderme recouvert d'une cuticule chitineuse très fine, et en profondeur par le derme. Elle est doublée par deux couches de muscles superposées : une couche de muscles circulaires et une couche de muscles longitudinaux ; ces derniers forment quatre bandes: une bande dorsale, une bande ventrale et deux bandes latérales. Dans l'épiderme se trouve des cellules sensorielles isolées ou groupées, plus nombreuses dans la partie antérieure du corps. Des filets nerveux les relient à la chaîne nerveuse (**Villeneuve et Désire, 1965**). Les vers de terre présentent un phototactisme négatif (**Boué et Chanton, 1974**), car ils ont sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. C'est pour cette raison qu'ils demeurent sous la surface du sol pendant la journée. Ils abandonnent toute matière qui ne répond pas à leurs besoins nutritionnels, mais si la surface est éclairée, ils ne bougent pas (**Chaoui et Keener, 2008**). Le lombric se déplace par reptation (mode de locomotion de certains animaux consistant à avancer sur le ventre grâce à des contractions musculaires et sans l'aide des membres). Son corps se contracte grâce aux muscles longitudinaux. Les soies permettent au lombric de prendre appui sur le sol. Le mucus sécrété par la peau facilite le glissement du Ver (**Villeneuve et Désire, 1965**).

### **3.2. Le tube digestif**

Est constitué d'un tube interne qui parcourt toute la longueur du ver et qui présente des modifications locales pour assurer certaines fonctions digestives spécialisées. Le tube digestif qui débute par un simple orifice la bouche, comporte directement un pharynx suivi, dans un ordre variable, d'un œsophage plus ou moins long, de glande de Morren, d'un jabot et d'un gésier-. Ces différentes spécialisations peuvent faire défaut-. Cet ensemble est suivi d'un long intestin comportant le plus souvent un repli interne, dorsal, le typhlosolis (**Bouché., 1972**)

### **3.3.Le système respiratoire**

Cutanée, les vers de terre ne possèdent pas de poumons, le corps doit rester humide pour permettre la respiration, ainsi que des (cœurs) latéraux jouant le rôle de pompes (**Bouché, 1972**).

### **3.4. . Le système nerveux** Le système nerveux est ventral, il comprend :

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

### **3.5. Système circulatoire**

Le système circulatoire fermé est constitué de capillaires entourant le tube digestif, de 2 gros vaisseaux sanguins longitudinaux (le dorsal qui transporte le sang vers l'avant du corps, et le ventral), ainsi que des « coeurs » latéraux jouant le rôle de pompes (**Edwards &Lofty, 1977 ; Laverack, 1963 et Tomlin, 1980**).

#### **4. .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**).

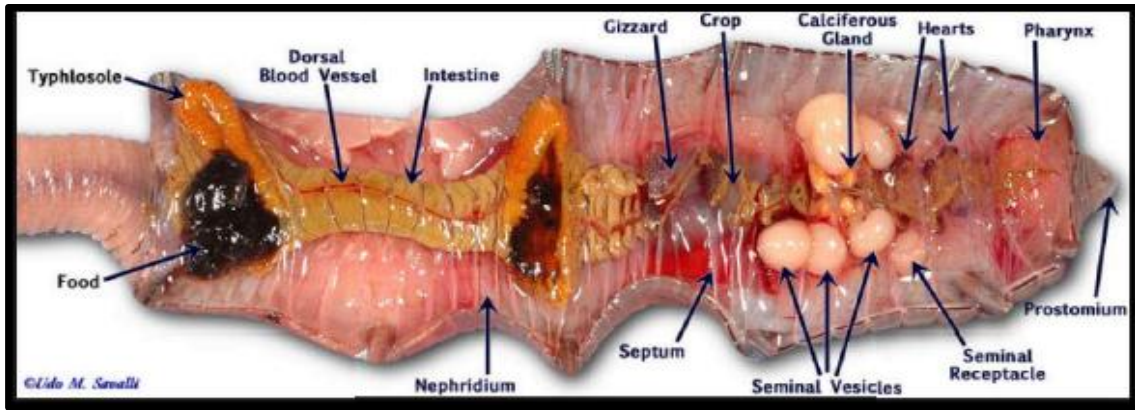
#### **5. . Système locomoteur**

Elle est très simple, elle se fait à l'aide des soies qui sont des points d'ancrage qui permettent le déplacement par péristaltisme (**Gauer, 2007**).

Les deux couches musculaires qui enrobent le ver permettent une locomotion efficace. La musculature circulaire externe est responsable des contractions segmentaires et la musculature longitudinale, plus interne, permet l'allongement des segments. Les soies permettent l'accrochage à la paroi des terriers et le pore dorsal l'éventuelle évacuation rapide du liquide coelomique. Cet ensemble constitue un outil pneumatique remarquable, permettant la reptation par mouvement péristaltique. Le travail musculaire est réglé segment par segment grâce à un chapelet de cavités étanches susceptibles de communiquer entre elles par des sphincters (**Bouché, 1984**).

#### **6. . 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**).

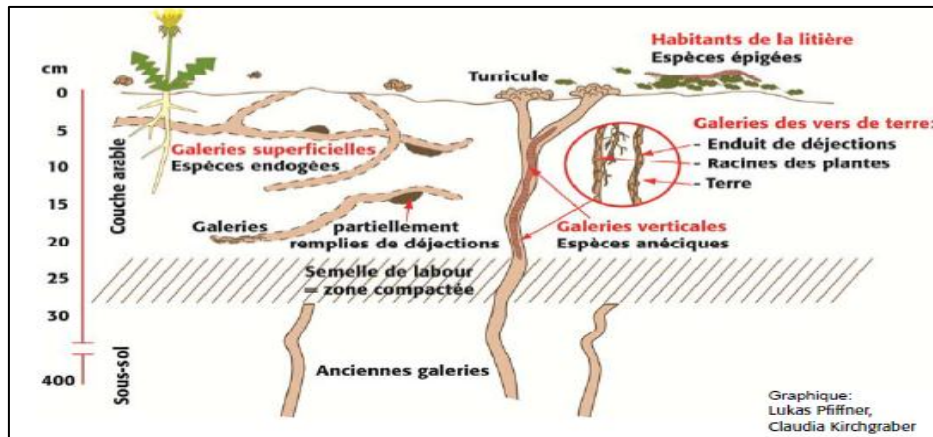


**Figure 04:** Morphologie interne d'un vers de terre (Morin et Houseman ; 2002 ).

### 7. Classification écologique des vers de terre

Plusieurs études ont classé les vers de terre en trois catégories et en cinq familles à travers le monde (Byambas et al., 2017). Les trois groupes écologiques qui regroupent les vers de terre sont :

- les vers épigés qui vivent en surface dans les amas de matières organiques et creusent peu ou pas de galeries dans le sol (Pérès et al., 2011).
- les vers anéciques occupent la couche supérieure du sol autour de 25 cm, ils creusent des galeries verticales dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres (Morin, 1999).
- les vers endogés vivent dans les couches plus profondes et creusent des galeries horizontales (Pérès et al., 2011).






**Figure 05:** Les zones où vivent les trois grands groupes des vers de terre. Pfiffner (2013).



## **MATERIEL ET METHODES**

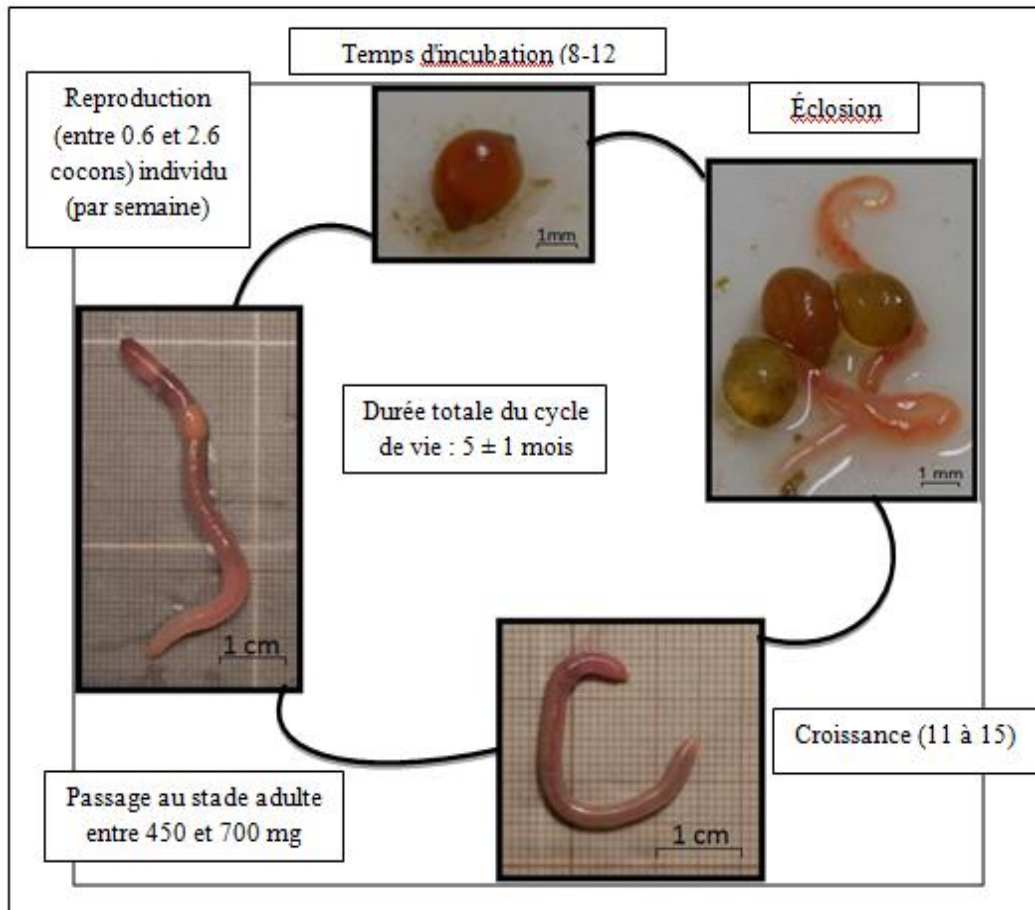
**Tableau 01 :** Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par (Bouché, 1972-1977).

	<b>Espèce épigée</b>	<b>Espèce anécique</b>	<b>Espèce endogée</b>
<b>Alimentation</b>	Litière décomposée à la surface du sol ;peu ou pas d'ingestion de sol	M.O décomposée à la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec préférence pour matériau riche en M.O
<b>Pigmentation et Couleur</b>	-Sombre, souvent ventrale et dorsale -Globalement rouge brunâtre	-Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale - Rouge-brun, tête plus Foncée	-Peu ou pas pigmenté - Pâle
<b>Taille adultes</b>	Petite à moyenne (10-30 mm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm) ou grands
<b>Galeries</b>	Pas ; quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèces intermediaries	Grandes galeries verticales et Permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives,subhorizontales,souvent dans les 15 premiers cm de sol
<b>Mobilité</b>	Mouvements rapides en réponse à perturbation	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents
<b>Longévité</b>	Relativement courte	Relativement longue	Intermédiaire
<b>Temps de generation</b>	Court	Long	Court
<b>Survie à Sécheresse</b>	Sous forme de cocons	Quiescence	Diapause
<b>Sensibilité à la lumière</b>	Faible	Modérée	Forte
<b>Prédation</b>	Très importante,surtout par oiseaux mammifères et arthropode prédateur	Importante, surtout quand ils sont en surface, un peu protégés dans leur galerie	Faible un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropode prédateure
<b>Représentants</b>			



## 8. Le cycle de vie

Le cycle de vie dépend des espèces et des conditions climatiques. La durée de vie varie de 3 mois pour les épigés à 5-8 ans pour les anéciques et endogés. Ainsi, le temps de génération est plus rapide pour les épigés (vitesse de recolonisation la plus rapide : 1 à 2ans) que pour les anéciques et endogés (5 à 7 ans) (**Vigot & Cluzeau, 2014**).



**Figure06:** Cycle de vie d'*A. Caliginosa* en laboratoire dans un sol limoneux complété par de la bouse de cheval broyée à 1 mm d'aliment, à 15 ° C, entre 60 et 70% de la capacité de rétention en eau du sol (**Bart et al., 2018**).

## 9. Utilisation du ver de terre comme bio-indicateur :

En plus de leur vaste distribution et de leur importance écologique, plusieurs éléments font du ver de terre un bon candidat pour l'étude de la contamination de l'écosystème terrestre. Cet organisme est en effet en contact direct et constant avec le sol. La surface externe de son épiderme est très vascularisée, ce qui permet une entrée directe des contaminants présents dans le milieu, lors d'un processus très semblable à l'absorption pulmonaire chez les organismes supérieurs. Son mode alimentaire fournit également une autre porte d'entrée aux contaminants via l'ingestion de particules de sol (**Lanno et al., 2004**). Ces animaux peuvent donc être contaminés par des éléments exogènes suite à une exposition cutanée ou par

ingestion (Vijver et al., 2003). Plusieurs études ont démontré que les vers bioaccumulent et bioconcentrent les contaminants (Hopkin., 1989). Les vers de terre utilisés dans cette étude appartiennent à l'espèce *Aporrectodea caliginosa*, généralement trouvée en abondance dans la région de Tébessa (Bouazdia & Habes, 2017). Les vers ont un poids compris entre à 0,49 et 1,00 mg.

La position systématique d'*A. caliginosa* selon la dernière classification d'après la source d'inventaire national du patrimoine naturel de France (MNHN, 2006) est la suivante :

- Règne : Animalia
- Phylum : Annelida
- Classe : Clitellata
- Sous-classe : Oligochaeta
- Superordre : Megadrili
- Ordre : Opisthopora
- Sous-ordre : Lumbricina
- Superfamille : Lumbricoidea
- Famille : Lumbricidae Claus, 1876
- Genre : *Aporrectodea* Örley, 1885
- Espèce : *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)



**Figure 07 :** Vers de terre *Aporrectodea caliginosa*.(photo personnelle)

## 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**).

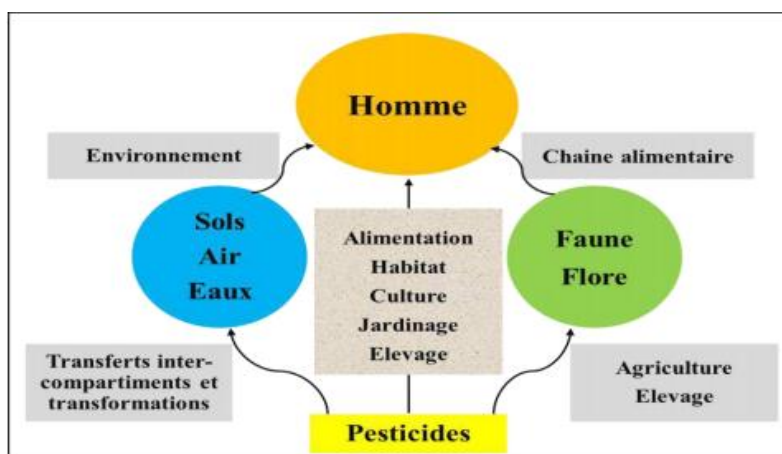
### 2. Classification des pesticides

Les pesticides sont généralement classés selon :

- La nature des cibles visées ; il existe principalement trois grandes familles : Les *herbicides* : contre les mauvaises herbes (glyphosate). Les *fongicides* : contre les champignons et les moisissures. Les *insecticides* : contre les insectes nuisibles (decis).
- 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. Modes d'expositions aux pesticides

Les pesticides sont utilisés, non seulement dans l'agriculture, mais aussi dans divers secteurs (industries, collectivités territoriales) ainsi qu'en usage domestique et vétérinaire. Des problèmes de résidus dans les légumes, les fruits etc..., sont aussi mis en évidence (**Belhaouchet, 2014**). Les pesticides peuvent contaminer les organismes vivants via multiple voies d'exposition (**fig.08**). En effet, ces polluants pouvant pénétrer dans l'organisme par contact cutané, par ingestion des matrices alimentaires contaminées et encore par inhalation de l'air pollué (**Utip et al., 2013**). La grande variété de produits rend difficile l'évaluation des expositions chez les populations, qu'il s'agisse de la population exposée professionnellement (agriculteurs ou manipulateurs), ou de la population générale (**Bourbia, 2013**).

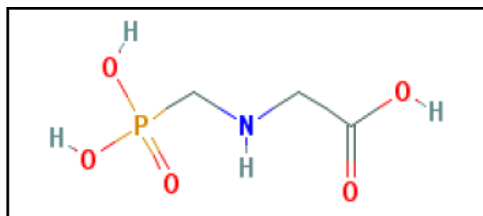


**Figure 08** : Modes d'exposition des organismes vivant aux pesticides (Barriuso, 2004).

## 4. Le glyphosate

### 4.1 . Définition

Chimiquement, la substance active glyphosate (N-phosphonométhyl-glycine) est un dérivé de la glycine, un acide aminé naturel sur lequel on a substitué un atome d'hydrogène par un groupement phosphonométhyle au niveau de la fonction amine primaire (R-NH<sub>2</sub>) (Fig.10). Il a été commercialisé pour la première fois en 1974 sous le nom de Roundup (Cattani et al., 2014).



**Figure09** : Structure chimique du glyphosate (Cattani et al., 2014).



**Figure 10** : Le produit utilisé (photo personnelle)

Cet herbicide OP, principal ingrédient actif présent dans le Roundup (**Monsanto Company, St. Louis, MO**) mène le marché mondial des pesticides ; il est devenu l'herbicide le plus couramment utilisé dans l'agriculture industrielle et le jardinage domestique. Son utilisation a considérablement augmenté avec le développement de cultures génétiquement modifiées pour tolérer l'herbicide, en partie à cause de l'apparition de mauvaises herbes résistantes au glyphosate (**Cattani et al., 2014**).

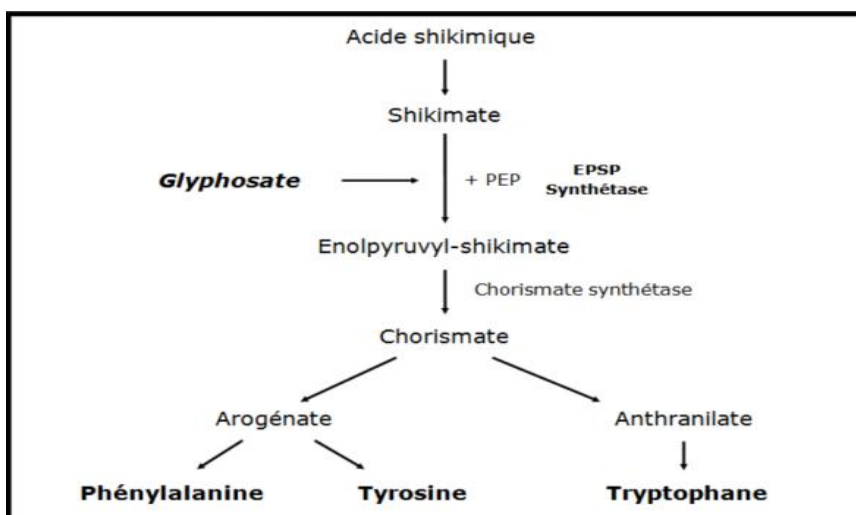
### 4.2 Propriétés physicochimiques

**Tableau 02** : Caractéristiques physico-chimiques du glyphosate (**Picque, 2016**).

Caractéristiques	Valeurs
Nom chimique	N-(phosphonométhyl) glycine
Formule chimique	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P
Aspect physique	cristaux solides blancs inodores
Masse molaire	169,1 g/mol
Densité	1,74 g/ml
Point de fusion	189,5 °C
Solubilité dans l'eau	à 25°C 12 g/L
Solubilité dans les solvants Organiques	Insoluble dans les pluparts des solvants Organiques

### 4.3 Mode d'action

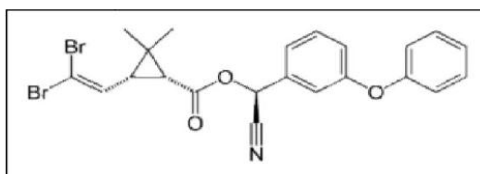
C'est en 1980 que la cible du glyphosate fut identifiée ; il s'agit de la 5-énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthétase (EPSPS), une enzyme située majoritairement dans les chloroplastes est essentielle à la synthèse des acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine, tryptophane) important pour la synthèse de protéines nécessaires à la croissance de la plante. Puisque cette enzyme n'est pas présente chez les vertébrés, on a longtemps cru que le glyphosate n'affecterait pas les espèces non ciblées dont les mammifères et les humains (**Martinez et al., 2018**). Une fois sa cible atteinte, l'herbicide induit une accumulation d'acide shikimique. Il en résulte, une diminution du taux de synthèse protéique et de la formation de certains composés phénoliques. La cessation de la croissance qui en découle est alors suivie de la nécrose des tissus qui aboutit à la mort de la plante (**Kouassi Brou et al., 2012 ; Pierre-Louis, 2013**).



**Figure11:** Inhibition de la synthèse d'acides aminés aromatiques par l'action de l'herbicide glyphosate sur la 5-énolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS), enzyme de la voie du shikimate (Helander et al., 2012)

## 5. Décis EC 25 (Deltaméthrine)

La deltaméthrine, la matière active du DECIS, est un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse de type II, mis au point en 1974 et est utilisé principalement comme insecticide et répulsif pour les insectes en raison de ses propriétés neurotoxiques. La deltaméthrine est un insecticide non systémique à action rapide par contact et ingestion (Guler et al., 2010 ; Utip et al., 2013 ; Shivanoor et David, 2014).



**Figure12:** Structure chimique de la deltaméthrine (ANSES, 2010).



**Figure 13 :** Le produit utilisé (photo personnelle)

La deltaméthrine est considérée comme la plus toxique parmi les autres pyréthrinoides, car elle n'est ni pas complètement dégradé ni rapidement métabolisée et de ce fait s'accumules dans les lipides (Sayeed et al., 2003). En outre, cette molécule est utilisée pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (Anonyme, 1999)

### 5.1 Propriétés physico-chimiques du DECIS EC 25:

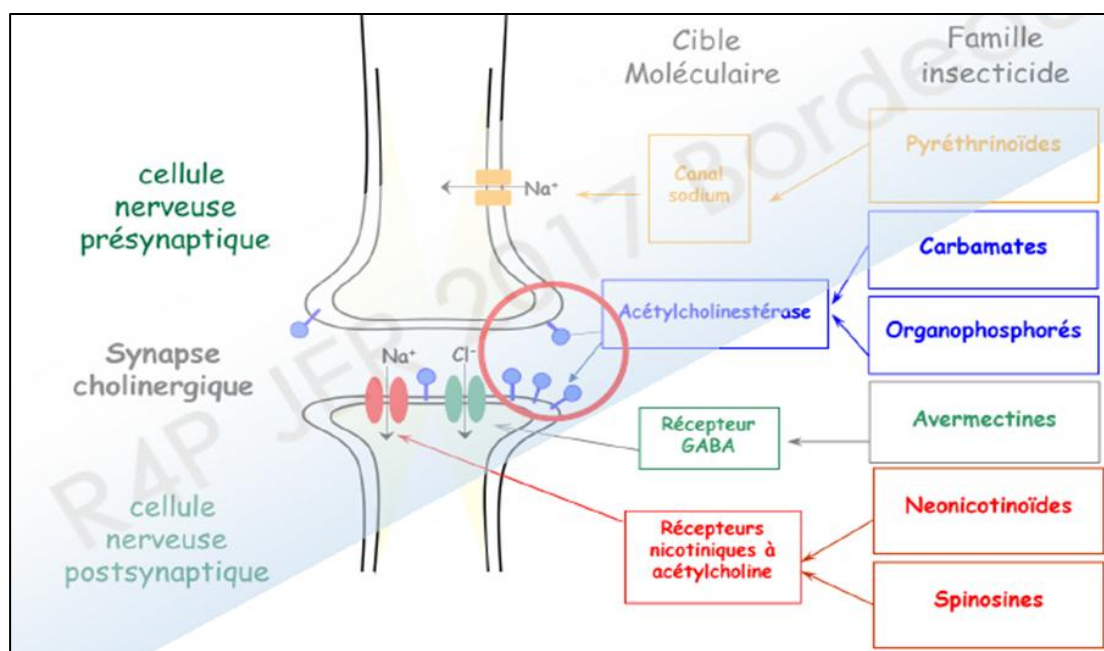
Les propriétés physico-chimiques du DECIS EC 25 sont représentés dans le tableau suivant:

**Tableau 03:** Propriétés physicochimiques du DECIS EC 25

Caractéristiques	Valeurs
Nom chimique	[1R-[1 $\alpha$ (S*),3 $\alpha$ ]-cyano (3-phenoxyphenyl) methyl 3-(2,2dibromoethenyl)- 2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
Formule chimique	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>
Aspect physique	Cristaux blancs
Masse molaire	505,2g/mol
Densité	0.5
Point de fusion	100-102C°
Solubilité dans l'eau	0,0002 mg/l
Coefficient de partage n- octanol/eau(log paw)	4.6 à 25°C

Les pyréthrinoïdes Sont dits neurotoxiques parce qu'ils interfèrent avec la propagation des signaux neuronaux. Plus précisément, ils agissent sur les canaux sodiques situés le long de la membrane cellulaire de la queue des neurones (axones). En maintenant ces canaux ouverts, les pyréthrinoïdes déclenchent une série d'influx électriques chez les neurones qui cause leur dépolarisation, ce qui engendre différents symptômes comme des tremblements, des mouvements involontaires et la salivation (Hénault-Ethier, 2016).



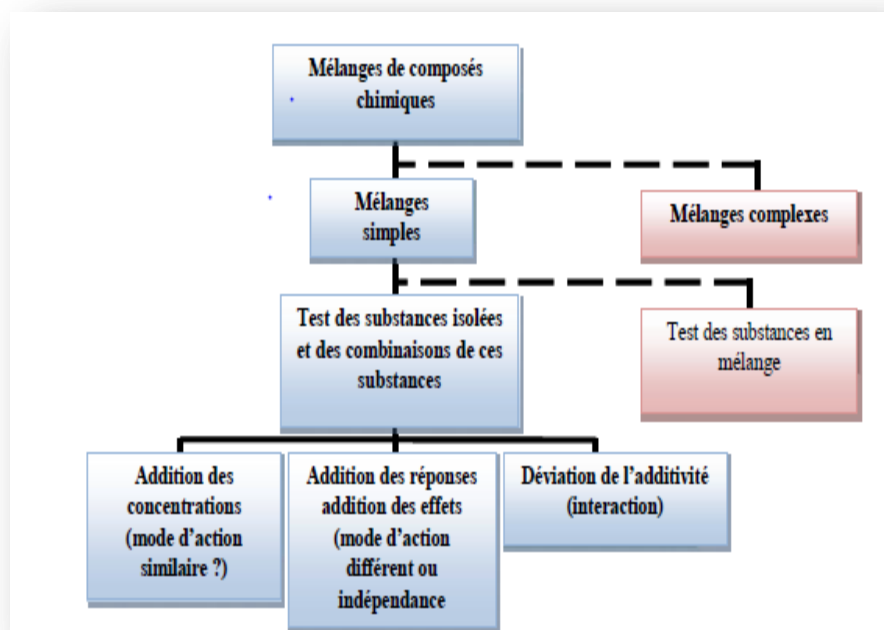


**Figure14:** Modes d'action des insecticides (Siegwart, 2017).

## 6. Approches d'évaluation de la toxicité des mélanges de pesticides

Deux grands types d'approche ont été développés pour évaluer la toxicité des mélanges de produits chimiques (**Fig15.**). La première, appelée approche ascendante « dite bottom-up », s'intéresse à la toxicité des mélanges simples (**Groten et al., 2001**). Cette approche est la plus utilisée pour évaluer la toxicité et le risque associés à l'exposition aux mélanges de produits chimiques. Les données de toxicité sont recueillies, dans un premier temps pour tous les composants du mélange, puis la toxicité du mélange est estimée selon le principe d'additivité : elle est considérée comme la résultante de la toxicité de chaque substance du mélange. La seconde approche appelée descendante « dite top-down » consiste quant à elle à évaluer directement la toxicité d'un mélange dans son ensemble afin de générer des données très appliquées pour l'évaluation du risque (**Feron et al., 1998**). Cette approche considère donc des mélanges complexes dont tous les composants ne sont pas forcément identifiés ou quantifiés. Donc, le mélange complexe n'est plus considéré comme une somme de substances mais comme une seule entité. Ces deux approches sont assez différentes, la première étant plus théorique et la seconde plus appliquée. L'approche théorique concernant les mélanges simples est très souvent loin de la réalité des écosystèmes terrestres et aquatiques où les organismes sont soumis à de multiples stress





**Figure15** : Différents cas d'étude de mélanges simples (Groten et al, 2001)

## 7. Actions combinées des composants d'un mélange de pesticides

Lorsque la réponse observée d'un mélange est significativement différente d'une réponse additive (c'est-à-dire de la réponse théorique calculée à partir des modèles d'additivité), il y a alors interaction entre les différents composants du mélange (**tableau04**).

Lorsque l'effet observé d'un mélange est plus important que celui prédit par les modèles d'additivité (Addition des concentrations et indépendance d'action), l'effet est dit synergique ; un effet plus faible que celui prédit est appelé effet antagoniste (Greco et al., 1995).

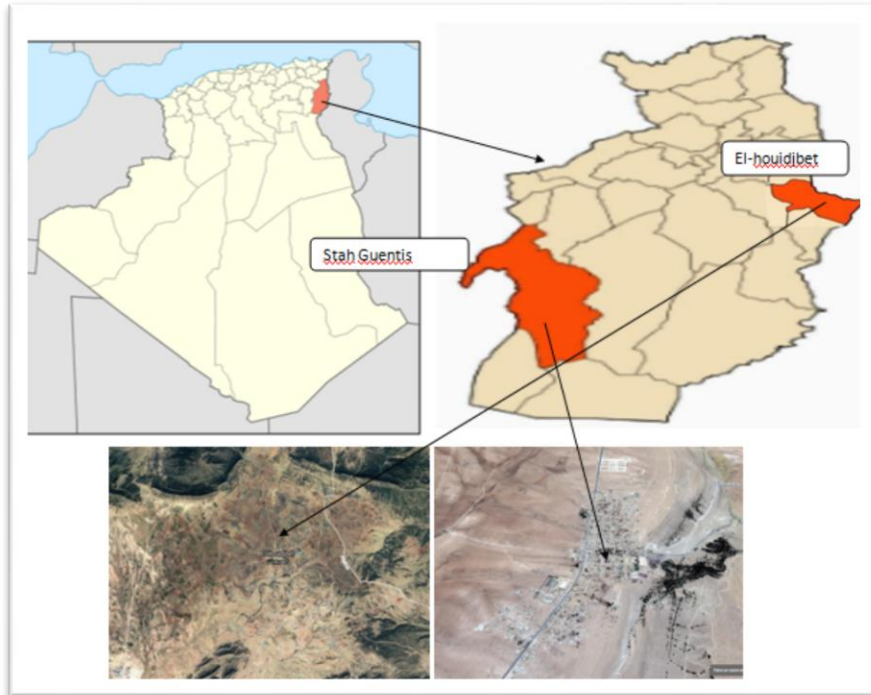
**Tableau04:** Synthèse des actions conjointes des substances d'un mélange (Zeman, 2008)

<b>Types d'interactions</b>	<b>Effets</b>		<b>Actions conjointes</b>
Interactions	Supra additivité = effet supérieur à l'effet additif	<b>Synergie</b>	L'effet combiné des composants est plus important que l'effet prédit par les modèles d'additivité
		<b>Potentialisation</b>	L'effet d'un composant est accru par un autre composant qui, seul, n'a pas d'effet.
		<b>Coalition</b>	La toxicité des substances en mélange est supérieure à l'additivité, les substances seules sont non toxiques.
Pas d'interactions	Additivité	<b>Additivité stricte</b>	La toxicité observée d'un mélange correspond à la toxicité attendue en se basant sur les concepts d'addition des concentrations ou d'action indépendante.
Interactions	Sub additivité = effet inférieur à l'effet additif	<b>Antagonisme</b>	L'effet des deux composants est moins important que l'effet prédit par les modèles d'additivité.
		<b>Inhibition</b>	L'effet d'un composant est réduit par un composé qui, seul, n'a pas d'effet.
		<b>Sans influence Apparente</b>	Les composants sont sans effet, seuls et en mélange.

### **III. Dispositif expérimental**

#### **1. Présentation du site de collecte des vers de terre**

Le travail est réalisé dans la région de Tébessa (**Fig.16**), dans laquelle nous avons choisi deux sites de collecte Ain Gharb et EL Huidjbet ; le choix est soutenu par l'idée que le milieu n'est pas au préalable traité par les pesticides



**Figure16:** Situation géographique des sites de collectedes vers de terre de Ain Gharb et EL- Houidjbet

#### **1.1 Site d'Ain Gharb**

Au sein de ce site, le point de collecte s'agit d'un jardin particulier non traité par les Pesticides (**Fig.17**)



**Figure17 :** Site de collecte d'Ain Gharb (photo personnelle)

### 1.2 .Site d'EL-huidjbet

La municipalité d'EL huidjbet, située au sud-est de l'État, se caractérise par l'abondance des cultures agricoles.(fig18)



**Figure18** : Site de collecte de EL-houidjbet (photo personnelle)

### 2. Matériels utilisés

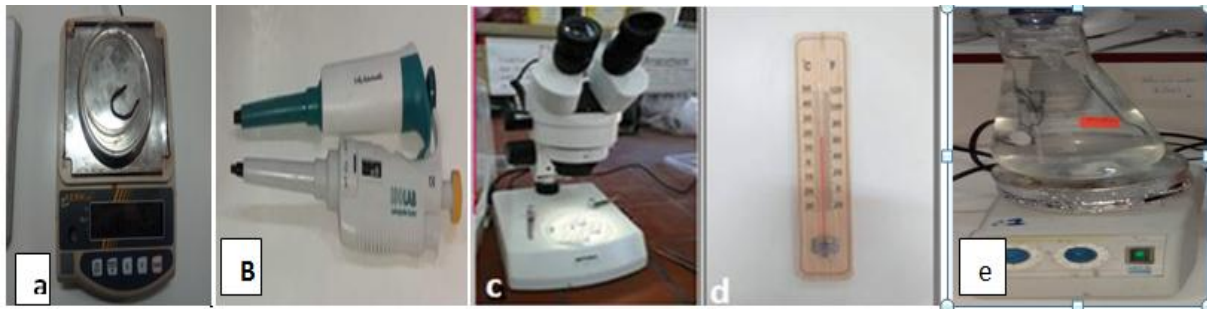
Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude (qui a été réalisée sur le terrain et au laboratoire) l'équipement suivant:

#### ➤ Sur le terrain



**Figure 19:** Le matériel utilisé sur le terrain : (a) Pelle. (b) Hache. (c) Récipient avec couvercle. (d)Bâche.

### ➤ Au laboratoire



**Figure 20** : Le matériel utilisé au laboratoire : (a) Balance de précision. (b) Micro Pipettes. (c) Loupe binoculaire (OPTIKA). (d) Thermomètre. (e) Agitateur. (Photo personnelle)

### 3. Travaux sur le terrain

#### ➤ Echantillonnage des vers de terre

L'échantillonnage des vers de terre est effectué dans le site cité pendant la durée Entre et Février 2019 où les conditions sont favorables (humidité et la température) pour l'activité des vers de terre. Nous avons utilisé une méthode physique pour extraire les vers de terre du sol (**Bouché, 1972**) à l'aide d'une pioche, la méthode consiste à creuser le sol jusqu'à une profondeur d'environ 30 cm. Ensuite, nous procédons à la recherche des vers de terre qui se fait par un tri manuel ; ne pas tirer sur les vers de terre pour ne pas les couper, mais toujours dégager le sol autour de leurs corps.

Les vers de terre collectés sur le terrain sont mis dans des boites contenant du sol et des résidus végétaux et transportés au laboratoire, où nous effectuons un tri et une identification.

### 4. Travaux de laboratoire

#### 4.1. Technique d'élevage

Les juvéniles et les adultes des vers de terre sont récoltés de 2 sites d'échantillonnages non traités de Tébessa. Les vers de terre (adultes, juvéniles) sont élevés au laboratoire dans des boites en plastique contenant du sol prélevé des sites de collecte et alimentés avec des bouses de vache.

#### 4.2. Rinçage et tri des vers de terre

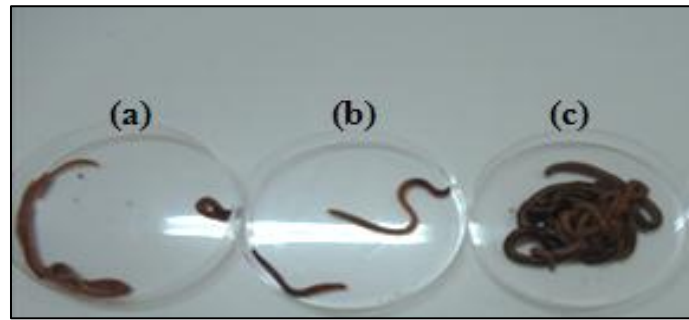
Récupérer les vers de terre et les placer sur une bâche. A l'aide d'une pince tous les vers de terre collectés sont triés selon leur stade de maturité (juvénile, subadulte, adulte).

Puis placer les vers dans des boites d'élevage pour l'adaptation avec le milieu de laboratoire un mois avant le début des tests.

**Juvéniles:** sans clitellum ni tubercules pubères.

**Sub-adultes:** avec seulement les tubercules pubères.

**Adultes:** possédant clitellum ainsi que les tubercules pubères.



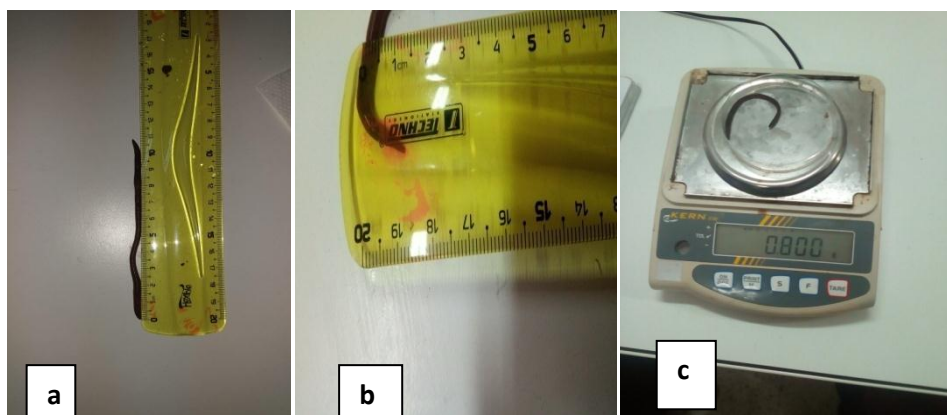
**Figure21:** Tri des vers selon leur stade de maturité : (a) Juvéniles. (b) Sub-adultes. (c) Adultes (Bouazdia et Habes 2019).

### 4.3. Identification

L'identification des lombrics est basée sur des critères morphologiques selon les clés de Bouché (1972), Sim et Gerard (1985) et Reynolds (2018).

Les espèces sont d'abord étudiées morphologiquement, à l'état vivant (avant conservation) en notant le poids, la longueur, le diamètre du corps, la couleur du tégument, et le gradient de coloration ( Baha, 2008). Les principaux critères pris en considération sont :

- ✓ La couleur.
- ✓ Le type de prostomium.
- ✓ La position des pores mâles.
- ✓ La répartition des soies.
- ✓ Le clitellum.
- ✓ Les tubercules pubères.
- ✓ Le nombre de segment



**Figure22 :** Identification et prise des critères liés aux vers de terre : (a) longueur (b) diamètre (c) et poids (photo personnelle)





**Figure23** : Conservation et étiquetage des vers de terre (photo personnelle)

### 5. Présentation du modèle biologique *Aporrectodea caliginosa*

Cette espèce est synonyme de *Nicodrilus caliginosus caliginosus* (Savigny, 1826) (Fig. 24). Elle est caractérisée par des individus de taille petite à moyenne, avec une morphologie cylindrique et peu pigmentée. Appartenant à la catégorie des endogées, ils sont géophages, vivent constamment enfouis dans le substrat et se nourrissent de matières organiques plus ou moins liée à la fraction minérale du sol. Ils construisent des galeries principalement horizontales (Sims et Gerard, 1999), qui peuvent devenir exceptionnellement verticales, lorsque les conditions du milieu deviennent très défavorables.(Gueddou et Nejaa, 2017).



**Figure24**: Le vers de terre *A. caliginosa* (photo personnelle).

### 6. Test de toxicité

#### 6.1. Conditions expérimentales

Tous les essais ont été effectués sur des vers de terre appartenant à l'espèce

*A. Caliginosa*, adultes avec un clitellum bien développé, dans les conditions suivantes :

- Photopériode : 12h de lumière/ 12h d'obscurité.
- Température :  $14,13 \pm 0,98^{\circ}\text{C}$ .
- PH : ajusté à 6
- Humidité : 35%
- Boîtes en plastique : de dimensions (26 x 16,5 x 12 cm).

#### 6.2. Préparation du sol artificiel

Les sols naturels provenant d'une source particulière ne sont pas toujours disponibles tout au long de l'année, et des organismes indigènes ainsi que la présence de micropolluants peuvent influencer sur l'essai; il est donc recommandé d'utiliser un substrat artificiel, le sol artificiel décrit par la Ligne directrice n° 207 de l'Organisation de Coopération Economique et de Développement (OECD) (Tab : 5 et Fig25). Plusieurs espèces d'essai peuvent survivre, se développer et se reproduire dans ce sol (OCDE, 2010).

**Tableau 05:** Les constituants du sol artificiel.

Composant	Proportion
Tourbe	10 %
Sable de quartz	70 %
Argile	20 %
Carbonate de calcium	$\leq 1$ %



**Figure25:** Les constituants du sol artificiel : (a) tourbe (b) argile (c) sable fin (d) sable (e) carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  (photo personnelle ).



### 7. Tests de toxicité

Le but de ces essais est de préciser les concentrations létales 50 et 90 (CL50 et CL90) des deux pesticides à l'égard *d'A.caliginosa*. Les essais sont conduits avec 4 répétitions comportant chacune 10 individus. De plus, la mortalité des vers de terre est suivie pendant 14 jours.

#### 7.1. Traitement

Pour assurer un maximum d'exposition des organismes à la mixture, les pesticides ont été incorporés au sol artificiel à des concentrations croissantes (Tab. 06).

Tous les vers de terre ont préalablement été nettoyés avec de l'eau, séchés et pesés. Ils ont ensuite été mis sur du papier filtre dans des boîtes de pétri pendant 24 heures. L'objectif est de vider leur tube digestif du sol ingéré.

Après les 24 heures, on pèse les vers de terre et on dépose chaque dix individus mature en bonne santé avec un clitellum bien développé et de taille et poids proches dans chaque boîte. Pour une meilleure exploitation des résultats nous avons fait quatre répétitions pour chaque concentration. Les boîtes sont recouvertes d'un couvert de plastique perforé pour permettre l'aération (**Fig.26**).

La durée de l'essai est de 14 jours ; la mortalité est évaluée aux 7<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup>, en vidant le sol sur plateau ou une plaque de ver. Tous les symptômes comportementaux ou pathologiques observés doivent être consignés. Pour vérifier l'humidité du sol, on pèse les boîtes au début de l'essai puis une fois par semaine ; la perte de poids est compensée par l'ajout d'une quantité équivalente d'eau distillée.

**Tableau 06:** les concentrations des pesticides utilisés dans la mixture.

la concentration de l'herbicide	La concentration de l'insecticide
5.142	1,714
10.285	3,428
20.571	6,857
41.142	13.714
82.284	27.428



**Figure26:** les étapes du test :(a) Rinçage des vers (b) Séchage les vers (c) pesé desvers (d) Incubation des vers sur papier filtre (e) pesée des boites contenant le sol artificiel. (f) Dépôt de dix vers dans chaque boite. (g) Dépôt de la nourriture à la surface du sol. (h) fermeture des boites avec un couvercle aérée (photo personnelle)

*Résultats*

## 1. Identification

Dans les deux sites d'Ain Ghrab et Elhouijbat, on n'a pu identifier que l'espèce *A. caliginosa* (Fig. 27). Cette espèce est caractérisée par :

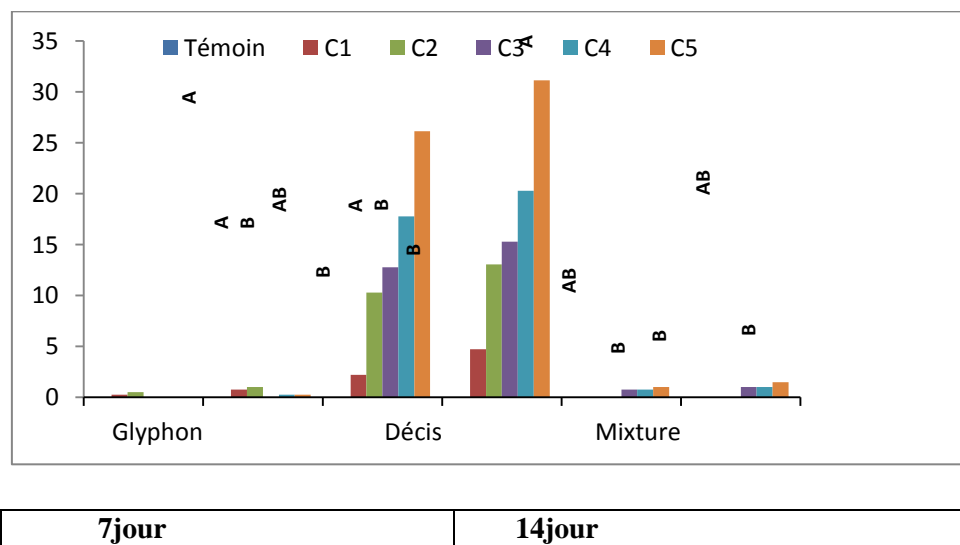
- Longueur : 60-150 mm
- Diamètre : 3-5 mm
- Poids : 0,495-1,632 g
- Setae : géminée
- Prostomium : epilobique
- Clitellum : 27-34
- Tubercules pubères : 31-33



**Figure 27:** Morphologie général d'*A. caliginosa*, (photo personnelle).

## 2. Toxicité de la mixture :

Le taux observé de mortalité des vers de terre en fonction des concentrations de la mixture après deux semaines d'exposition sont présentés dans la figure 28.



**Figure 28 :** le taux de mortalité des vers *A. caliginosa* exposés à glyphon, décis et de leurs mixture après 7 et 14 jours.

L'efficacité d'un pesticide est appréciée dans le temps par la détermination de la mortalité des individus. Ainsi, après deux semaines d'exposition des vers aux différentes concentrations, les résultats obtenus à travers ce test révèlent que l'herbicide glyphon a provoqué une très faible mortalité. Ce taux de mortalité va de 0 à 1%. D'autre part, on constate que le taux de mortalité des vers exposés à l'insecticide Decis augmente en fonction de la concentration et du temps. Ainsi, cette mortalité atteint une valeur maximale de 31,11±15,32 chez les séries traitées à la plus forte concentration. Par contre, la mixture des deux produits manifeste une faible toxicité vis-à-vis des vers traités. On a ainsi enregistré un taux de mortalité allant de 0 à 1,5%.

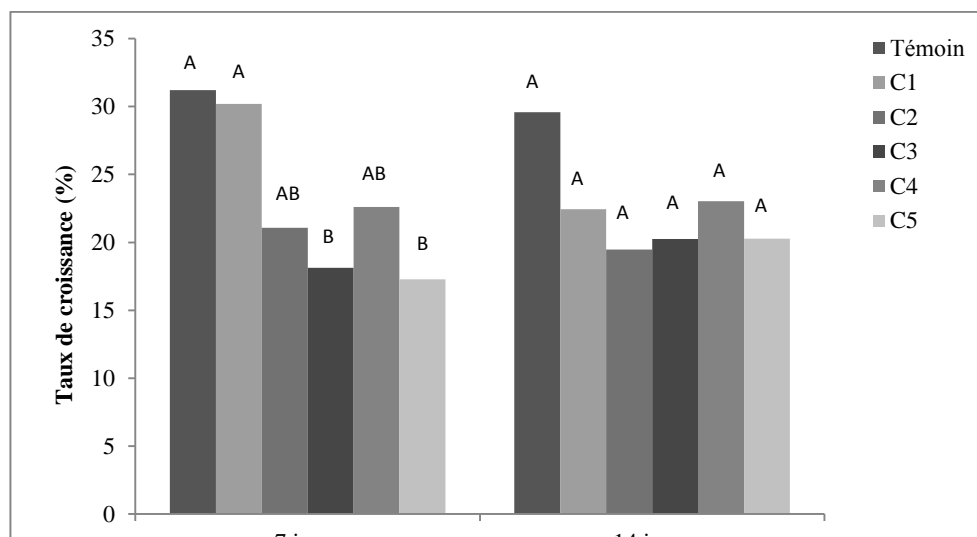
Le tableau suivant représente le taux de mortalité prévu pour les vers exposés à la mixture (Decis + Glyphon) ainsi que la mortalité réelle. On constate qu'il n'y a plus de compatibilité entre la mortalité prévue et réelle suggérant un effet antagoniste entre les deux produits.

**Tableau07** : les taux de mortalité prévus pour la mixture (Decis + Glyphon) selon les modèles Addition des concentrations (A.C) et Indépendance d'action (I.A).

	Glyphon		Decis		Mortalité prévue selon (I.A)	Mortalité prévue selon (A.C)
	Concentration	Mortalité	Concentration	Mortalité		
7 jours	Témoin	0	Témoin	0	0,00	0
	1	0,25	1	2,22	1,92	0
	2	0,5	2	10,28	5,64	0
	3	0	3	12,78	12,78	0,75
	4	0	4	17,78	17,78	0,75
	5	0	5	26,11	26,11	1
14 jours	Témoin	0	Témoin	0	0,00	0
	1	0,75	1	4,72	1,93	0
	2	1	2	13,06	1,00	0
	3	0	3	15,28	15,28	1
	4	0,25	4	20,28	15,46	1
	5	0,25	5	31,11	23,58	1,5

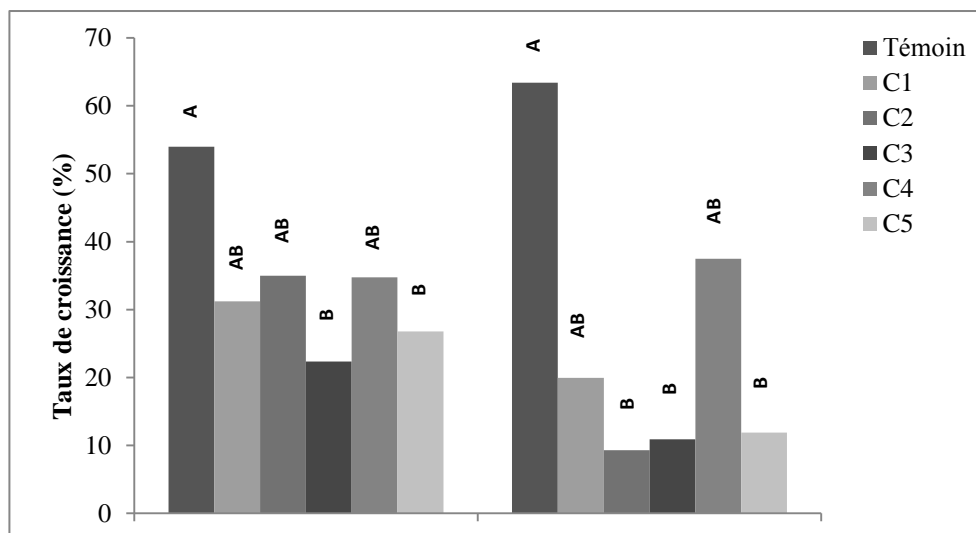
### 3. Inhibition de la croissance

La figure (29) met en évidence l'évolution du taux de croissance des vers de terre en fonction du temps et en présence de concentrations croissantes de glyphosate. Ainsi, après la première semaine on a constaté une inhibition significative ( $p=0,013$ ) du taux de croissance des vers exposés à (c3) et (c5). A l'opposé après 2 semaines, il n'y a eu ni gain ni perte significative de masse chez les vers *A. Caliginosa*.



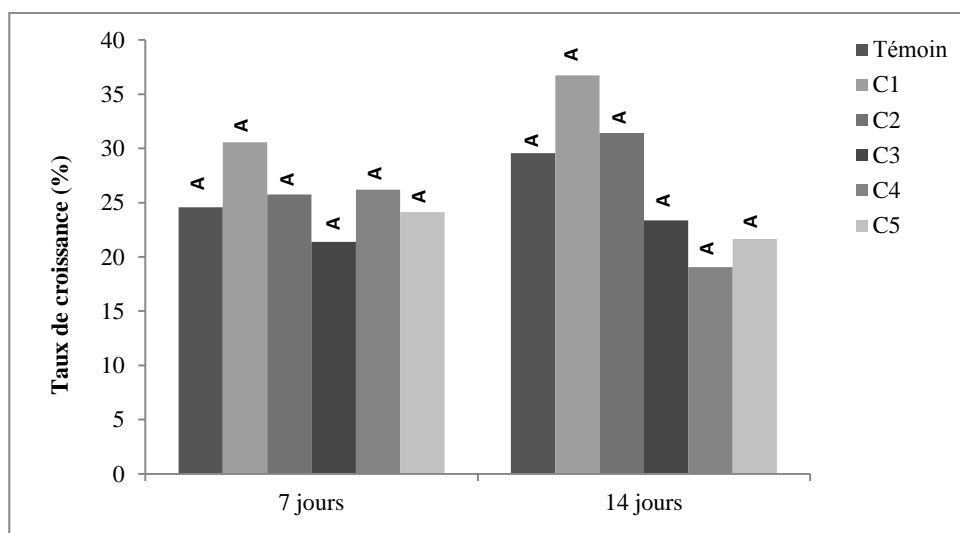
**Figure 29.** Effet de l'herbicide Glyphon à différentes concentrations sur le taux de croissance pondérale des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d'une même période (Test de Tukey HSD)(Makhlouf & Benaida, 2019).

La figure (30) met en évidence l'évolution du taux de croissance des vers de terre en fonction du temps et en présence de concentrations croissantes de Decis. Ainsi, après la première semaine on a constaté une inhibition significative ( $p=0,000$ ) du taux de croissance des vers exposés aux concentrations 1RAD et 4RAD. Ensuite, après 2 semaines, les vers exposés à la concentration 2RAD ont montré une inhibition significative de leur croissance.



**Figure 30.** Effet de l’insecticide Decis à différentes concentrations sur le taux de croissance pondérale des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d’une même période (Test de Tukey HSD) (Gouasmia & Zerfaoui, 2019).

La figure (31) montre l’effet des concentrations croissantes de la mixture (Glyphon + Decis) sur le taux de croissance des vers traités au cours du temps. Les différentes séries ont montré un taux de croissance statistiquement non différent ( $p=0,991$ ).



**Figure 31.** Effet de la mixture (Glyphon + Decis) à différentes concentrations sur le taux de croissance pondérale des vers de terre *A. caliginosa* en fonction du temps (les lettres différentes indiquent une différence significative entre les différentes concentrations au sein d’une même période (Test de Tukey HSD).

*Discussion*



### Discussion

La préservation de la qualité des sols est devenue au même titre que la protection des milieux aquatiques. Pour cela il est indispensable d'utiliser des espèces bioindicatrices qui reflètent la qualité des sols en utilisant les invertébrés terrestres, qui font l'objet de plusieurs recherches; ces derniers ont une forte sensibilité aux variations physicochimiques de leur milieu (Markert, 2007), c'est le cas des vers de terre utilisés souvent pour mesurer les effets des substances polluantes par l'étude de leur survie, de leur croissance, de leur reproduction et de leur comportement en contact de ces produits (Godet, 2010).

Le choix d'*A. caliginosa* est justifié d'une part pour sa dominance dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017) et d'autre part pour leur abondance et sa facilité d'échantillonnage. Ces critères permettent son utilisation comme modèle biologique dans la bioindication (Godet, 2010).

### 1. Identification

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*). D'autre part, les communautés lombriciennes ont d'habitude une faible richesse, ce qui représente l'avantage, par rapport aux autres taxa, qu'un faible nombre d'échantillons suffit pour capturer l'ensemble des espèces présentes (Valckx et al., 2011).

A travers l'échantillonnage des vers de terre effectué dans les deux sites, on n'a pu identifier que l'espèce *A. caliginosa*

L'espèce *A. caliginosa* ou *Nicodrilus caliginosus*, l'espèce la plus commune et dominante dans la région de Tébessa (Bouazdia et Habes, 2017). Elle est fréquente dans les sites d'El Merdja (Litim et Zoughlami, 2015), Hammamet et El Malabiod (Labchakin et Mrah, 2016) ainsi que Negrine et Gourigueur (Saadi et 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), 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.

### 2. Toxicité

Dans la présente étude, l'expérience est élaborée sur une espèce lombricienne sur le principe dose-réponse. Au vu des résultats de la toxicité aigüe, aucun effet important de la mixture de glyphosate et décis sur le taux de mortalité des vers *A. caliginosa* n'a été signalé. Les pesticides sont rarement trouvés en tant que composés uniques dans l'environnement naturel (Jin-Clark et al., 2008; Bjergager et al., 2012; Saxena et al., 2014). En revanche, ils existent souvent en mélanges (Phyu et al. 2011).

Outre les effets individuels, les effets combinés de deux ou plus de pesticides pourraient être soit supérieurs, soit inférieurs à ceux prévus selon les individus, les doses combinées, la chimie des pesticides et la réponse métabolique des organismes.

Dans cette étude, Glyphosate et Décis en mélange ont montré une toxicité antagoniste chez les vers de terre traités pendant 14 jours. Cet effet pourrait être dû aux interactions chimiques du glyphosate et décis, ce qui a finalement réduit l'effet de l'insecticide sur les vers de terre. Cependant, les mécanismes sous-jacents des interactions glyphosate et décis et éventuellement la base biochimique de l'effet réduit du mélange de pesticides sur les vers de terre doit encore être définie. Nos résultats sont similaires à ceux de Chen et al., (2018) où la mixture d'herbicide méthylique avec le fongicide tobuconazole avait un effet antagoniste sur la mortalité des vers *Eisenia fetida*. L'effet combiné du Glyphosate et Captain résulte une toxicité inférieure à l'effet des deux pesticides séparés (Springett & Gray, 1992). Le même effet a été signalé chez *Eudrilus eugeniae* exposés à la mixture de Triazophos et Deltamethrine (Singh et al., 2019) et le chrome avec le cadmium chez *E.fetida* (Aebeer & Amer, 2018) et 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) avec Glyphosate chez *E.fetida* (Lazurick et al., 2017). En revanche, l'herbicide Glyphosate en combinaison avec un autre pesticide augmente la mortalité des vers traités (Green et al., 2008). Aussi, Zhou et al., (2006) ont rapporté que la combinaison du methamidophos avec acetochlor conduit à un effet synergique vis-à-vis de *E. fetida*. Le même effet a été constaté chez *E. fetida* traités par des mixtures binaire, tertiaire et quaternaire du chlorpyrifos, fenobucarb, clothianidin et acetochlor (Yang et al., 2017). Cette variabilité de réactions des vers de terre vis à vis des polluants est peut être due au (1) différences écologiques des différentes espèces et leurs habitats (groupes écologiques) et (2) caractéristiques physiologiques spécifiques à chaque espèce (Nahmani et al., 2003).

### 3. Inhibition de la croissance

En milieu naturel, les pesticides sont souvent existents dans des mélanges de deux composés ou plus (Choung et *al.* 2011; Phyu et *al.* 2011; Saxena et *al.* 2014). Cependant, peu d'informations sur leurs effets combinés sur les organismes du sol est disponible (Daam et *al.* 2011).

Dans la présente étude, l'effet de la mixture (Glyphon + Decis) sur la croissance pondérale a été évalué sur des vers *A. caliginosa* adultes. Ainsi, les vers ont montré un taux de croissance nettement inférieur à la somme des effets individuels de Glyphon ou Decis. Similairement, Santos et *al.*, (2011) ont constaté que la majorité des mixtures du Glyphosate et Diméthoate ont un effet inférieur à l'effet prévu basé sur les réponses individuelles chez *Eisenia andrei*. De la même façon, la combinaison de trois biocides (Azinphos-méthyl, Glyphosate et Captan) a réduit la croissance des vers *A. caliginosa* au même degré que Glyphosate seul (Springett & Gray, 1992).

*Conclusion*

### Conclusion et perspectives

Le contrôle de la qualité des sols en elle-même est une problématique, même s'il existe des techniques appropriées à ce genre d'analyse, les résultats restent incomplets. Dans l'évaluation des risques environnementaux dus aux pesticides, l'estimation des effets toxiques de substances utilisées sur les espèces lombriciennes à partir des données de toxicité aiguë est souvent nécessaire. Notre objectif était de déterminer la toxicité d'un mélange d'herbicide (glyphosate) avec un insecticide (Decis) sur un bio-indicateur de la pollution des sols.

Dans les deux sites d'Ain Ghrab et Elhouijbat, on n'a pu identifier que l'espèce *A. caliginosa*. Cette espèce est dominante dans la région de Tébessa. Pour cela, les travaux expérimentaux engagés au cours de cette étude ont consisté à l'exposition de la population de vers de terre à différentes concentrations du mélange de Glyphosate et Decis pendant une durée de 14 jours. Ce mélange a montré une faible toxicité et un taux de croissance pondérale des vers traités inférieur exposés aux pesticides séparément.

Il est intéressant en perspectives :

- Étant donné que plusieurs classes de pesticides peuvent coexister dans l'écosystème du sol, il est crucial d'examiner les interactions entre les pesticides. Par conséquent, une plus grande attention doit être accordée au mélange.
- De faire des tests toxicologiques sur d'autres espèces des vers de terre afin de mieux reproduire ce qui se passe réellement en culture.
- Tester l'effet de ces composés bioactifs sur la digestion et le potentiel reproducteur des vers de terre.
- Réaliser une étude physiologique et biochimique et histologique et génétique.
- En basant sur le fait que les vers de terre ingèrent des quantités de sol pendant l'alimentation, il serait souhaitable donc d'étudier si les vers de terre pourraient purifier le sol des pesticides.

**Résumé :**

Le travail que nous avons effectué a pour but d'évaluer les effets de la mixture de deux produits, abondamment utilisés en agriculture en Algérie, l'herbicide "Glyphon" et l'insecticide "Décis" sur un modèle biologique faisant partie des Lumbricidae ; le ver de terre *Aporrectodea Caliginosa* considéré comme un bioindicateur de la pollution du sol. Plusieurs aspects ont été déterminés :

- **Identification des vers de terre** : l'étude taxonomique des vers de terre dans les deux sites de collecte a révélé la présence d'une seule espèce : *Aporrectodea Caliginosa*.
- **Aspect toxicologique** : après l'exposition des vers de terre aux différentes concentrations, à différents temps de traitement, la mixture des deux produits a montré une faible toxicité vis-à-vis des vers traités. On a ainsi enregistré un taux de mortalité allant de 0 à 1,5%.
- **La croissance** : Les différentes séries traitées par les concentrations croissantes de la mixture ont montré un taux de croissance statistiquement non différent ( $p=0,991$ ). Ce résultat est différent à l'effet individuel de Décis et similaire à l'effet de Glyphon suggérant ainsi un effet antagoniste.

**Mots clés :** *Aporrectodea caliginosa*, Mixture, Identification, Toxicité, Croissance.

### Abstract :

Our work aims to assess the effects of a mixture of two products, these products are widely used in agriculture of Algeria, the herbicide Glyphon and the insecticide Decis on a biological model that is part of Lumbricidae; Earthworms *Aporrectodea Caliginosa* and they are a vital indicator of soil pollution. Several aspects were identified:

- **Identification of earthworms:** The taxonomic study of earthworms at the plural sites revealed the presence of one species: *Aporrectodea Caliginosa*.
- **Toxic side:** After the earthworms were exposed to different concentrations, at different treatment times, the mixture of the two products showed low toxicity to the treated worms. A mortality rate of 0 to 1.5% was recorded.
- **Growth:** The different series treated with increasing mixture concentrations which showed no different statistic growth rate ( $p = 0.991$ ). This result differs from the individual effect of Decis and is similar to that of Glyphon, suggesting a hostile effect.

**Key Word:** *Aporrectodea Caliginosa*, Mixture, glyphosate, identification, , toxicity, growth.

ملخص:

يهدف العمل الذي قمنا به إلى تقييم آثار مزيج من منتجين ، يستخدمان على نطاق واسع في الزراعة في الجزائر ، مبيد الأعشاب "جليفون" ومبيد الحشرات "دسيس" على نموذج بيولوجي يشكل جزءاً من Lumbricidae ؛ ديدان الأرض *Aporrectodea Caliginosa* تعتبر مؤشراً حيويًا لتلوث التربة. تم تحديد عدة جوانب:

- تحديد ديدان الأرض: كشفت الدراسة التصنيفية لديدان الأرض في موقعي الجمع وجود نوع واحد: *Aporrectodea Caliginosa*.

- الجانب السام: بعد تعرض ديدان الأرض إلى تركيزات مختلفة ، في أوقات معالجة مختلفة ، أظهر خليط المنتجين سمية منخفضة تجاه الديدان المعالجة. حيث تم تسجيل معدل وفيات يتراوح من 0 إلى 1.5%.

- النمو: أظهرت السلسلة المختلفة التي تمت معالجتها بالتركيزات المتزايدة للخليط عدم وجود معدل نمو إحصائيًا مختلفًا

(p = 0.991). تختلف هذه النتيجة عن التأثير الفردي لـ Decis ومشابه لتأثير Glyphon مما يوحي بتأثير عدائي.

الكلمات المفتاحية: *Aporrectodea Caliginosa*، خليط الغليفوسات، الدسيس، التعرف، السمية، النمو



*Références*

*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

### A

. **Anonyme., 1999.** Transfer de technologie en agriculture, Fiches techniques la production de la pomme de terre, n°52

### B

- **Baha, M., 1997.** The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. *Trop. Zool.*10: 247-254.
- .. **Baker, G; Barrett, V., 1994.** Earthworm identifier, CSIRO Australia, 91p.
- **Barilli, E; Jeuffroy, MH; Gall, J de tourdonnet S; Médiène, S., 2017.** Weed reponse and crop growth in winter wheat-lucerne intercropping: a comparison of conventional and reduced soil-tillage conditions in northen France. *Crop and Pasture Science* 68 (11): 1070-1079.
- **Bart, S; Amossé, J; Christopher, N. Lowe,Ch; Mougin, Ch; Péry, A RR; Pelosi, C., 2018.** *Aporrectodae caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design. *Environmental Science and Pollution Research*25 (34).pp 25:33867–3.
- .. **Bazri, K., 2015.** Étude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est algérien Thèse de Doc. Etat. Université. *Université Constantine1* 169 p.
- . **Bazri, K., 2015.** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'Est Algérien. *Thèse doctorat*, 188p.
- **Bazri, K; Ouahrani, G; Gheribi-Aoulmi Z; Trigo, DJ; Diaz Cosin D., 2013 (b).** Soil factors and earthworms in Eastern Algeria. *Sciences &Technologie C.* 37: 22-31pp.
- **Benbrook, CM., 2016.** Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(3), doi : 10.1186/s12302-016-0070-0.
- **Bouazdia, K; Habes, D., 2017.** Earthworm Species Identified in the Region of Tebessa (Eastern Algeria). *International Journal of Zoological Research.* 13(1): 38-44.
- . **Boué,H ;Chanton,R.,1974.**zoologie invertébrés-« DOIN , éditeurs » 94p

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Bouché, M ., 1972.** Les Lombriciens de France. Ecologie et systématique, Ann. Zool. Ecol. Anim., INRA, n° spécial, 72-2, 671 p.
- **Brown, GG; Callaham, MA; Carla Niva, C; Feijoo, A; Sautter KD; Wooster James, S; Fragoso, C; Pasini, A; Schmelz, R., 2013.** Terrestrial oligochaete research in Latin America: the importance of the Latin American meetings on oligochaete ecology and taxonomy. Appl. Soil Ecol., 69, 2-12.
- **Byambas, P; Lemtiri, A; Hornick, JL; Bengone Ndong, T; Francis, F., 2017.** Rôles et caractéristiques morphologiques du ver de terre *Eudrilus Eugeniae* (synthèse bibliographique) Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 21(2), 160-170.

### C

- **Cattani, D; Cavalli, VLLO; Rieg, CEH; Domingues, JT; Dal-Cim, Th; Tasca, CI; Silva, F; Zamoner, A., 2014.** "Mechanisms underlying the neurotoxicity induced by Glyphosate-based herbicide in immature rat hippocampus: involvement of glutamate excitotoxicity."Toxicology 320: 34-45.
- **ChaouI,H;Keener,H.,2008.**Modeling the effectiveness of an electric field at repelling ,biosystems enreineering, vol.100,no3,p.409-421.
- **Chen, J., Saleem, M., Wang, C., Liang, W., & Zhang, Q. (2018).** Individual and combined effects of herbicide tribenuron-methyl and fungicide tebuconazole on soil earthworm *Eisenia fetida*. Scientific reports, 8(1), 1-9.
- **Chiali, FZ; Merzouk, H; Merzouk, SA; Medjdoub, A; Narce, M., 2013.** Chronic low level metribuzin exposure induces metabolic alterations in rats. Pesticide Biochemistry and Physiology. Vol. (106): 38–44.
- **Correia, FV; Moreira, JC., 2010.** Effects of Glyphosate and 2,4-D on Earthworms (*Eisenia foetida*) in Laboratory Tests Bull Environ Contam Toxicol. 85:264–268.
- **Cox, C; Surgan, M., 2006.** Unidentified inert ingredients in pesticides: implications for human and environmental health. Environmental Health Perspectives, 114 (12): 1803- 1806.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Crow, WT., 2012.** Earthworm, suborder *Crassiclitellata*, cohort *Terrimegradili* (Jamieson, 1988), [http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN94600.pdf,\(25/03/2014\)](http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN94600.pdf,(25/03/2014))
- **Godet, JP., 2010.** Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par les éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. Thèse de doctorat : Université de Lille 1, p. 1-14

### D

- **Dill, GM., 2005.** "Glyphosate - resistant crops: history, status and future." *Pest management science* 61(3): 219-224.
- **Domenach; H., 2007.** Démographie et environnement : vers une régulation planétaire. *La Jaune et la Rouge*, 1: 11- 17. Disponible sur : [http://www.xenvironnement.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51%3Ase pt-2007&catid=36%3Ajaune-rouge&Itemid=41&limitstart=3](http://www.xenvironnement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=51%3Ase%20pt-2007&catid=36%3Ajaune-rouge&Itemid=41&limitstart=3).
- **Duchateau G & Florkin M., 1959.** la tréhalosémie des insectes et sa signification .*arch. insect. Physiol. Biochem.*, **67** :306- 314

### E

- **Edwards, CA ; et Bohlen, PJ., 1996.** *Biology and Ecology of Earthworms* 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 pp.
- **Edwards, CA et Lofty ,JR., 1977.** *Biology of Earthworms* (2nd edition). Chapman and Hall, London.
- **El-Okki, M-EL; Sahli, L; Rached, O., 2013.** Conference: *6th International Oligochaete Taxonomy Meeting, Palmeira de Faro (Portugal), 22th to 25th April.*

### F

- **Fernández, R; Bergmann, P; Almodóvar, A; Heethoff, M; Diaz Cosin, DJ., 2011.** Ultra structural and molecular insights into three populations of Aporectodae trapezoides (Dugés, 1828) (Oligochaeta, Lumbricidae) with different reproductive modes. *Pedobiologia*, 54, 281-290.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Feron, V.J., Cassee, F.R., Groten, J.P., 1998.** Toxicology of chemical mixtures: International perspective. *Environmental Health Perspectives*, 106, 1281-1289.

### G

- **Garica, M; Forster, B; Rombke, J; Welp, G; Martius, C., 2004.** Effects of pesticides on soil fauna. Development of ecotoxicological test methods for the tropics. *ZEF news* 15, 4–5.
  - **Gates, GE., 1972.** Burmese earthworms. An introduction to the systematic and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. *Transaction of American Philosophical Society* 62.
  - **Gasmi Salim,** Neurotoxicité de deux pesticides (Acetamipride et Deltamethrine) et la prévention de cette toxicité par la quercétine chez le rat, 2018, Thèse Doctorat, Université de Tébessa. 217p.
  - **Giesy, JP; Dobson, S; Solomon, KR ., 2000.** Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Reviews of Environmental Contamination* 167, 35-120.
  - **Godet, JP., 2010.** Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par les éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. Thèse de doctorat : Université de Lille 1, p. 1-14
- Groten JP, Feron VJ, Suhnel J. 2001.** Toxicology of simple and complex mixtures. *Trends Pharmacol Sci* 22:316-322.

### H

- **Hatcher, JM; Pennell, KD; Miller, GW., 2017.** "Parkinson's disease and pesticides: a toxicological perspective.": *HHS Public Access* 29(6): 322–329
- **Hénault-Ethier.,2016.** Impacts des insecticides pyréthrinoïdes sur la santé humaine et environnementale et Compte rendu sur les pesticides dans l'eau souterraine
- **Houseman, JG., 2000.** Cours, Les annélides. Département de biologie, Université d'Ottawa BIO 2521. 73-86 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Hund-Rinke, K; Wiechering, H., 2001.** Earthworm avoidance test for soil assessments—an alternative for acute and reproduction tests. *J Soil Sediments* 1(1):1520

### J

- **Jansirani, D; Nivethitha, S; Singh, MVP., 2012.** Production and utilization of vermicast using organic wastes and its impact on *Trigonella foenum* and *Phaseolus aureus*. *Int J Res Biol Sci* 2(4):187–189
- **Jong, Y; Verbeek, M; Michelsen, V; De Place Bjørn, P; Los, W; Steeman, F; ...Penev, L., 2014.** Fauna Europaea - all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal*, 2,[e4034]. DOI:10.3897/BDJ.2.e4034

### K

- **Kherbouche, D., Bernhard-Reversat F; Moali, A; Lavelle, P., 2012.** The effect of crops and farming practices on earthworm communities in Soummam valley, Algeria. *European Journal of Soil Biology*. (48): 17-23.
- **Kouassi, Brou G., Denezon Dogbo, O., N'Zué, B., Akhanovna, J; Yves –Alain Békro, Y., 2012.** Effet du glyphosate sur la biosynthèse des constituants phénoliques de *Manihot esculenta* Crantz. *Revue de génie industriel, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales (LBAPV), Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Cote d'Ivoire*, p32-43.

### L

- **Lavelle, P., 2002.** Functional domains in soils. *Ecol. Res.*, 17, 441-450.
- **Lavelle, P; Decaëns, T; Aubert, M; Barot, S; Blouin, M; Bureau, F; Margerie, P; Mora, P; Rossi, JP., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42, S3–S15
- **Lavelle, P et Spain, A., 2001.** *Soil Ecology*, Kluwer Scientific Publications, ISBN 0-7923
- **Laverack, MS., 1963.** *The Physiology of Earthworms*. Pergamon Press, London.
- **Litim, H. et Zoughlami, N., 2015.** Contribution à l'étude systématique des oligochètes terrestres dans la région d'El-Merdja –Tébessa. Master. Université de Tébessa, 52p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Loureiro, S; Soares, A MVM; Nogueira, AJA. 2005.** Terrestrial avoidance behavior tests as screening tool to assess soil contamination Environmental Pollution 138: 121-131.

### M

- **Markert, B., 2007.** Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 21, 77-82.
- **Martinez, M-A; Ares, I; Rodriguez, J-L; Martinez, M; Martinez-Larranga, MR; Anadón, A., 2018.** "Neurotransmitter changes in rat brain regions following Glyphosate exposure." Environmental research 161: 212-219.
- **MNHN., 2006.** Inventaire du patrimoine naturel. Muséum d'histoire naturel de France. [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/199912/tab/taxo](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/199912/tab/taxo).
- **Morin, E., 2004.** Lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. In: Eco-quartier Peter-McGill P., éd. Guide pratique. Montréal, Canada: Ministère de l'Environnement du Québec..
- **Morin, R., 1999.** Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivants. In: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, éd. Document d'information DADD-20. Québec, Canada: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

### O

- **Omodeo, P; Martinucci, GB., 1987.** Earthworms of Maghreb. On earthworms. A.M. Bonvicini Paglia I. & P. Omodeo (eds). Selected Symposia and Monographs U.Z.I., 2, Mucchi, Modena, 235-250
- **Omodeo, P; Rota, E; Baha, M., 2003.** The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb: a biogeographical and ecological characterization. Pedobiologia. 47: 458- 465.
- **Ouahrani, G., 2003.** Lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse de Doc. Etat. Université Mentouri. 230 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### P

- **Pérès, G; Vandenbulcke, F; Guernion, M; Cluzeau, D; Galsomies, L; Grand, C; Bispo, A; Richar, A; Piron, D; Houot, S; Douay, F; Beguiristain; Hedde, M .,2011.** Earthworm indicators as tools for soil monitoring, characterization and risk assessment. An example from the national bioindicator programmers (France). *Pedobiologia*, 54, 77-87.
- **Pfiffner, L., 2013.** Les vers de terre architectes des sols fertiles. Fiche technique Vers de terre, numéro de commande 1619, édition suisse FiBL 2013 (Institut de recherche de l'agriculture biologique. FiBL) [www.shop.fibl.org](http://www.shop.fibl.org).
- **Picque, A., 2016.** Évaluation des impacts du glyphosate sur la santé humaine. Thèse doctorat n° 3042. Université de Picardie Jules Verne. 66 p.
- **Pierre-Louis, R., 2013.** Evaluation des risques a long terme des herbicides a base de glyphosate sur la sante humaine, Thèse de doctorat, Université de Limoges, p 39-45.

### R

- **Razafindrakoto, M., 2013.** Etude des annélides oligochètes de Madagascar : taxonomie, distribution et écologie. th.Doc.Univ D'ANTANNRIVO. 174 p.
- **Reynolds, JW., 2018.** Preliminary Key to Algerian Megadriles (Annelida, Clitellata, Oligochaeta), based on external characters, insofar as possible. *Megadrilogica* 24(1):1-16.

### S

- **Sayeed, I;Suhel, P;Suwarna, P;Bilal, BH; Rizwanul ,H; Sheikh ,R .,2003** Oxidative Stress Biomarkers of Exposure to Deltamethrin in Freshwater Fish, *Channa Punctatus* Bloch56(2):295-301.
- **Saadi, ML; Menasria, Said., 2018.** Contribution à l'étude des oligochètes terrestres Tébessa. Master. Université de Tébessa. 48p.
- **Siegrist, M., 2011.** Le Lombric sort de l'ombre, <http://www.terrenature.ch/jardin/16062011-1214-le-lombric-sort-de-l'ombre> (15/03/2014).
- **Sims, RW; Gerard, BM., 1985.** Earthworms: keys and notes for the identification and study of the species. Brill and Backhuys, London 171 p.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Sims, RW; Gerard, BM., 1999.** Earthworms: Notes for the Identification of British Species, 53, pp: 65-70.
- **Sivasankari, B; Indumathi, S; Anandharaj, M., 2013.** A study on life cycle of earthworm *Eudrilus Eugeniae*. Int. J. Res. Pharm. Life Sci., 1, 64-67.
- **Smith, F., 1917.** North American earthworms of the Family Lumbricidae in the collections of the United States Natural History Museum. No. 2174. *Proceedings of the United States Natural Museum* 52, 157-182.

### T

**Tomlin ,AD., 1980.** La biologie du ver de terre, 10 p.

### U

- **United Nation., 2013.** World Population Policies. United Nations publication Sales No. E.14.XIII.2. 47p.

### V

- **Van Capelle, C; Schrader, S; Arpaia, S., 2016.** Selection of focal earthworm species as non-target soil organisms for environmental risk assessment of genetically modified plants. *Sci Total Environ* 548-549 : 360–369.
- **Villeneuve ,F ;Désire,C.,1965.**zoologie Bordas.40p.
- **VoPham, T; Bertrand, K; Hart, JE; Laden, F; Brooks, MM; Yuan, J-M; Talbott, EO; Ruddell, D; Ho. Chang, CC; Weissfeld, JL., 2017.** "Pesticide exposure and liver cancer: a review." *Cancer Causes & Control* 28(3): 177-190.

### Y

- **Yesudhason, BV; Jegathambigai, J; Thangasamy, PA; Lakshmanan, DD; Selvan Christyeaj, JR; Sathya Balasingh Thangapandi, EJ; Krishnan, M; Sivasubramaniam., 2013.** Unique phenotypes in the sperm of the earthworm *Eudrilus Eugeniae* for assessing radiation hazards. *Environ. Monit. Assess.* 185, 4745-4752.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

. Yanhua, W;Xuehua, An; Weifeng S ;Liezong Ch ;Jinhua J; Qiang W ;Leiming C.,2016. Individual and combined toxic effects of herbicide atrazineand three insecticides on the earthworm, Eisenia fetida. Ecotoxicology 25:991–999

### **Z**

• **Zeman F., 2008.** Toxicité d'un mélange binaire sur la daphnie Daphnia magna-Etude des effets biologiques de l'uranium et du sélénium seuls et en mélange, thèse de l'école doctorale SIBAGHE (Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences, Environnement) Montpellier II, 210 pages

• **Zeriri; I., 2014.** Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates (55).

• **Zirbes, L; C Mescher, M; Vrancken, V; Wathelet, JP; Thonart, PH; Haubruge, E., 2011.** Earthworms use odor cues to locate and feed on microorganisms in soil. PLoS One, 6, 219-227.