

## ***Mémoire de fin de cycle***

Présenté par

**ZAIDI Lyès**

**SAFSAF A. Moumène**

En vue de l'obtention du diplôme de  
Master II en Bio-ressources Animales et Biologie Intégrative

### ***Thème***

**Réponse éco-physiologique des Lumbricidae à l'effet  
combiné de certains pesticides utilisés dans la Vallée de la  
Soummam**

Jury composé de :

Mme BOULILA F. Maître de Conférences classe A

Président

Mme KEBBI M. Maître Assistant classe A

Examineur

Mme MOUHOU B SAYAH C. Maître de Conférences classe A

Rapporteur

Promotion 2016-2017

## **Remerciements**

*Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance envers notre promotrice, Madame **Mouhoub Sayah Chafika**, Professeur à l'Université de Béjaia, d'avoir accepté de nous encadrer, et de nous avoir fait confiance, nous la remercions pour ses précieux conseils, son aide précieuse, son écoute, sa disponibilité et pour nous avoir guidé rigoureusement tout au long de la réalisation de ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de nos meilleurs sentiments et de notre plus profonde gratitude.*

*Nous adressons nos vifs remerciements au Professeur **Boulila.F**, d'avoir accepté de présider notre jury de thèse.*

*Nous remercions vivement le Professeur **Kebbi.M**, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également à Mme **Kadji Djoudad Hafsa** et Mme **Benmouhoub Karima** ainsi que Mme **Baiche Zaidi lynda** pour avoir accepté de donner de leurs temps, malgré leurs nombreuses occupations et pour leur assistance.*

*Nous remercions ceux qui n'ont jamais cessé d'être présent, nos familles, pour leur soutien moral et leur sympathie. Un chaleureux merci à tous nos professeurs du département de biologie entre autres pour les bons moments passés tout le long de ces années. Nous leur exprimons toute notre amitié, notre profonde sympathie et nous leur souhaitons beaucoup de bien.*

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Morphologie du lombric (Dunod, 2015).....	3
<b>Figure 2 :</b> Vue latérale des prostomiums (Bouché, 1972).....	4
<b>Figure 3 :</b> Disposition des soies (Bouché, 1972).....	4
<b>Figure 4 :</b> Clitellum d' <i>Octodrilus complanatus</i> (vue antérieure et latérale).....	5
<b>Figure 5:</b> Anatomie interne du lombric (Wikipedia).....	6
<b>Figure 6 :</b> Illustration des composantes internes de la drilosphère, de la digestion à l'excrétion chez les vers de terre (Brown et al,2000).....	7
<b>Figure 7 :</b> Classification des pesticides (Nollet Hamire et Singh Rathore, 2010).....	9
<b>Figure 8 :</b> Consommation mondiale et marché total des pesticides (David Pimentel, 2014)..	10
<b>Figure 9 :</b> Rôles des pesticides par ordre des diminutions des cibles exprimés en pourcentage des ventes mondiales(Tietjen,2003).....	12
<b>Figure 10 :</b> Processus impliqués dans le devenir des pesticides dans les sols conditionnant leur disponibilité et, par conséquent, leur efficacité phytosanitaire ou la manifestation de leur caractère polluant (Barriuso et al ,1996).....	14
<b>Figure 11 :</b> Flux conceptuel de la biodisponibilité des pesticides et de leurs toxicocinétiques dans le ver de terre (T.Katagi et K;Ose, 2015).....	16
<b>Figure 12 :</b> Différents cas d'étude de mélanges simples (Groten et al, 2001).....	17
<b>Figure 13 :</b> Vue satellite du site montrant la distance de prélèvement le long du cours d'eau de la Soummam (photo Google Earth).....	20
<b>Figures 14 :</b> Photos : (à gauche) : <i>Octodrilus complanatus</i> , (à droite) : Son anatomie externe.....	21
<b>Figure 15 :</b> boîtes de contention des lombrics lors de l'essai toxicologique au laboratoire.....	24
<b>Figure 16 :</b> Symptômes induits par la toxicité aiguë due aux pesticide.....	27
<b>Figure 17 :</b> Toxicité aiguë des deux Mélanges chez <i>Octodrilus complanatus</i> : la mortalité est suivie par différents doses pour un temps donné.....	28
<b>Figure 18 :</b> Comparaison des taux de mortalité des deux mélanges pour les doses(Dx) respectives de chacun aux jours 14 et 28.....	30
<b>Figure 19 :</b> droites de régressions en fonction des doses respectives après 14 jour d'exposition pour (a) le mélange binaire et (b) le mélange ternaire.....	30
<b>Figure 20 :</b> diagrammes des profils de mortalité des deux mélanges (a): les concentrations au cours des semaines, (b) : la durée en fonction des concentrations (doses).....	34
<b>Figure 21 :</b> Classification hiérarchique ascendante des semaines pour les deux mélanges (a) binaire et (b) ternaire.....	35
<b>Figure 22 :</b> Classification hiérarchiques ascendante des doses pour les deux mélanges (a) binaire et (b) ternaire.....	36

## **Liste des Tableaux**

<b>Tableau 1:</b> Les catégories écologiques des vers de terre (Pathma et Sakthivel, 2012).....	8
<b>Tableau 2:</b> Marché mondial des pesticides (milliard US\$), (David Pimentel, 2014).....	10
<b>Tableau 3:</b> Synthèse des actions conjointes des substances d'un mélange (Zeman, 2008).....	18
<b>Tableau 4:</b> Effet du mélange Binaire (Dursban et Manébe).....	28
<b>Tableau 5:</b> Effet du mélange ternaire (Décis,Sencor et Priori opti).....	28
<b>Tableau 6:</b> Récapitulatif des analyses de l'effet des doses testées sur le taux de mortalité des lots de vers de terre.....	31
<b>Tableaux 7:</b> Analyse des variances du mélange binaire.....	32
<b>Tableaux 8:</b> Analyse des variances du mélange ternaire.....	32
<b>Tableau 9:</b> Comparaison post hoc par test LSD du mélange ternaire (Dursban & Manébe)...	33
<b>Tableau 10:</b> Comparaison post hoc par test LSD du mélange ternaire (Décis; Sencor & Priori).....	33

---

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I. Synthèse bibliographique</b>	
I.1. Cadre taxonomique général des oligochètes.....	3
I.1.1. Définition.....	3
I.1.2. Critères de détermination de différentes espèces de Lombriciens.....	3
I.1.2.1. Critères morphologiques.....	3
I.1.2.2. Critères anatomiques internes.....	5
I.1.3. Rôle de vers de terre dans le sol.....	6
I.1.4. Ecologie des lombrics.....	7
I.2. Les pesticides.....	9
I.2.1. Définition.....	9
I.2.2. Historique et enjeux économiques des pesticides.....	10
I.2.3. Utilisation des pesticides en Algérie.....	11
I.2.4. Principaux rôles des pesticides.....	11
I.2.5. Dégradation des pesticides.....	13
I.2.6. Effets des pesticides.....	13
I.2.6.1. Le risque sur la santé humaine.....	13
I.2.6.2. Effets sur l'environnement.....	14
I.2.6.3. Effet sur la faune.....	15
I.2.6.4. Effets sur la faune du sol (les invertébrés) : Cas des lombrics.....	15
I.2.7. Comportement des lombrics vis à vis des pesticides.....	16
I.2.8. Approches d'évaluation de la toxicité des mélanges de pesticides.....	16
I.2.9. Actions combinées des composants d'un mélange de pesticides.....	17
<b>Chapitre II. Matériels et méthodes</b>	
II.1. Dispositifs expérimental.....	19
II.1.1. Station d'échantillonnage.....	19
II.1.2. Prélèvement du sol.....	20
II.1.3. Espèce expérimentale.....	20
II.1.4. Choix des Pesticides.....	21

---

II.1.5. Préparation des concentrations de pesticides.....	23
II.1.6. Exécution de l'essai .....	24
II.1.7. Traitements des résultats.....	25
II.1.7.1. Contrôle de la mortalité .....	25
II.1.7.2. Correction de la mortalité .....	25
II.1.7.3. Unité Toxique.....	25
II.1.7.4. Dose létale DL <sub>50</sub> .....	26
II.1.7.5. Analyses statistiques .....	26

### **Chapitre III. Résultats et discussion**

III.1. Résultats expérimentaux.....	27
III.1.1. Symptômes induits par la toxicité aiguë.....	27
III.1.2. Toxicité.....	27
III.1.3. Détermination de la DL50.....	30
III.1.4. Analyses statistiques .....	31
III.1.4.1. Analyse des variances.....	31
III.1.4.2. Analyse par comparaison planifiée (comparaison post hoc LSD).....	32
III.1.4.3. Analyse par classification hiérarchique ascendante (CAH).....	34
III.2. Discussion	
III.2.1. Abondances des vers de terre.....	37
III.2.2. Essais de toxicité des pesticides sur les Lombricidae.....	37

<b>Conclusion</b> .....	40
-------------------------	----

<b>Références bibliographiques</b> .....	42
--	----

### **Annexes**

### **Résumé**

## INTRODUCTION

Les vers de terre 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). Celui-ci augmente la capacité de rétention d'eau, la porosité et la souplesse du sol, ce qui nécessite moins de labour et d'irrigation. Il est également riche en diversité microbienne, en nutriments, en régulateurs de croissance des plantes (PGRs) et a des propriétés d'inhibition des microbes pathogènes (Gupta et *al.*, 2014a, Mosa et *al.*, 2015).

Durant de la Révolution verte, une grande quantité de pesticides chimiques et d'engrais ont été utilisées pour augmenter le rendement des cultures. Au cours des premières périodes d'application, il en a résulté une bonne récolte et une bonne productivité, mais au cours des quatre dernières décennies, la productivité du sol s'est réduite (Gupta et *al.*, 2014b, Vanita et *al.*, 2014). Bien que l'agriculture biologique gagne en importance, l'application de pesticides synthétiques est encore pratiquée dans l'agriculture et à des fins d'assainissement ; La prévalence résiduelle des pesticides dans les matrices environnementales est toujours préoccupante (Srimurali et *al.*, 2015).

L'Algérie importe en moyenne 8827 tonnes de pesticides pour un coût estimé à près de 4 milliards et demi de dinars par an (Anonyme, 2006). Cependant, depuis quelques années, on observe dans notre pays, que l'usage des pesticides, des fertilisants, des engrais, et autres se répand de plus en plus avec le développement de l'agriculture, mais aussi dans le cadre des actions de lutte contre les vecteurs nuisibles (Bouziani, 2007).

La région de la Soummam avec son bassin versant couvrant une superficie de 9 200 km<sup>2</sup> située dans la partie est de l'Algérie, limité au Nord par la chaîne de montagnes de Djurdjura et de ses contreforts, qui s'étendent jusqu'à la mer, à l'Ouest par des monts aux pentes douces qui sont liés aux terrains montagneux et à l'Est par des élévations à peine perceptibles comprend la vallée de la Soummam, du nom de la rivière qui la traverse, aux vastes espaces propres à des cultures riches telles que le maraîchage et l'arboriculture fruitière est l'une des zones les plus menacées par ces pesticides.

Dans le contexte de la biosurveillance, nous avons essayé de déterminer la sensibilité des lombrics *Octodrilus complanatus* espèce récoltée dans cette vallée, utilisée comme bio indicatrice des sols pollués, en testant la toxicité aigue de deux mélanges de pesticides sur ces vers de terre. Les méthodes de la biosurveillance ne sont pas stricto sensu

destinées à évaluer les risques. Elles informent sur les dangers et, les impacts et en ce sens, ce sont des outils qui peuvent s'avérer indispensables pour compléter les évaluations des risques. Le manuscrit comporte trois chapitres :

Le premier chapitre dresse une synthèse bibliographique sur les oligochètes dans laquelle sont présentés leurs critères de détermination, leur classification ainsi que leur rôles dans la drilosphère, puis sur la classification des pesticides, leur historique, rôles et mécanisme d'action, leur dégradation, leur impact sur la biosphère et les différentes approches d'évaluation des mélanges de pesticides.

Le deuxième chapitre décrit les méthodes expérimentales utilisées ; dont, la toxicité aigue de différents mélanges de pesticides sur l'espèce lombricienne *Octodrilus complanatus*, nous avons pour cela présenté le site d'échantillonnage, les pesticides utilisés et leur préparation, le déroulement de l'expérience et les différents outils utilisés dans le traitement des résultats.

Le troisième chapitre est consacré dans une première partie à la présentation des résultats et en second lieu à l'interprétation et discussion.

Enfin, on termine ce travail par une conclusion générale et quelques perspectives.



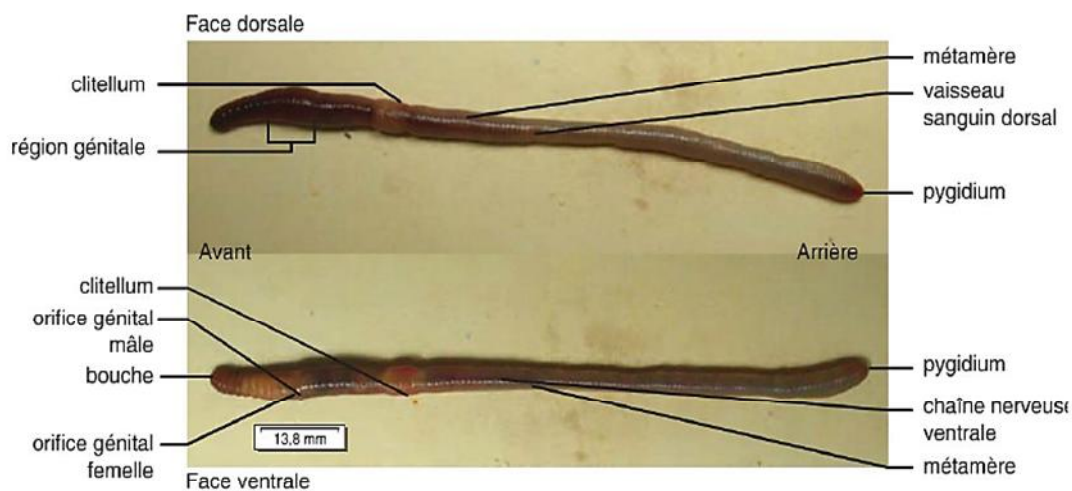
# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

### I.1. Cadre taxonomique général des oligochètes

#### I.1.1. Définition

Les lombriciens appartiennent aux Annélides ; Lamarck 1801, classe des Oligochètes ; Huxley 1875, qui sont des animaux métazoaires, triploblastiques, coelomates et protostomiens. Au sein de cette classe, ils rentrent dans l'ordre des Opisthopora (Michaelsen 1928, Yamaguchi, 1953). L'ensemble des lombriciens se situe à l'intérieur de la section Diplotesticulata (Yamaguchi, 1953), regroupant des animaux possédant deux (rarement une) paires de testicules, une (rarement deux) paire d'ovaires, des pores mâles et femelles généralement pairs, très rarement fusionnés en un organe impair débouchant en arrière des ovaires ou dans le segment suivant ces gonades. La systématique des oligochètes est basée sur les critères morphologiques (**Fig.1**) et anatomiques internes.



**Figure 1:** Morphologie du lombric (Dunod, 2015)

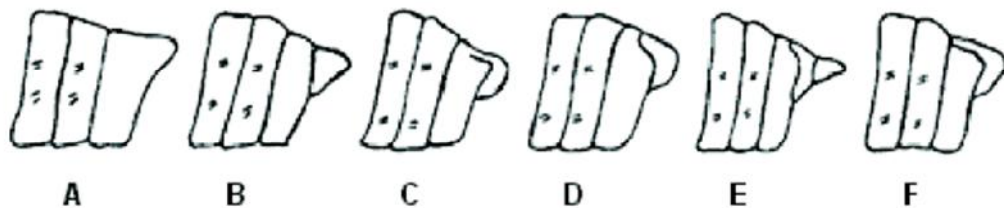
#### I.1.2. Critères de détermination de différentes espèces de lombriciens

##### I.1.2.1. Critères morphologiques

Les Oligochètes adultes ont une taille normalement comprise, pour la longueur, entre 20 et 1100 mm un diamètre, entre 1 et 20 mm avec un poids qui varie de quelques milligrammes à plus de 100 grammes (Bouché, 1966). Leurs replis tégumentaires : les scissures, constituent un repère essentiel dans les descriptions morphologiques car ils jalonnent toute la longueur du corps.

Il s'agit d'un caractère important car ces sillons, fréquents dans certains groupes, font défaut dans d'autres. Lorsque les vers de terre ne sont pas pigmentés, ils sont qualifiés d'albiniques, on distingue des catégories écologiques caractérisées, entre autres, par leur coloration.

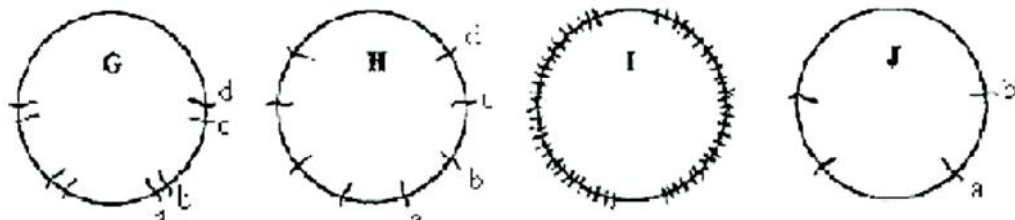
Les pigmentations peuvent se rapporter à trois types : les vers mélanisés bruns, gris-noirâtre et parfois très foncés, les vers verdâtres, les vers rubifiés de rosâtres à rouge veineux (Bouché, 1972). Le prostomium est un petit organe situé au-dessus de la bouche et fusionné avec le premier segment ou péristomium. Il se présente sous six formes (**Fig.2**).



**Figure 2:** Vue latérale des prostomiums (Bouché, 1972)

Prostomiums : zygalobique (A), prolobique (B), épilobique ouvert (C), épilobique, fermé (D), subdivisé (E) et tanylobique (F).

À l'exception du péristomium qui en est dépourvu, les segments des vers de terre possèdent des soies de nature double, protéique et chitineuse. Elles reçoivent, pour un côté, et à partir de la zone ventrale, les désignations a, b, c, d. Les écarts entre les soies sont variables mais constants au niveau d'un même segment, à l'intérieur d'une population, ce qui conduit à l'usage fréquent de ce caractère en taxonomie (**Fig.3**). Assez souvent, elles sont groupées par paires : elles sont dites géminées (G). Dans d'autres cas, elles ne sont nullement appariées ; c'est la disposition lombricienne écartée (H). Il existe des états intermédiaires qui conduisent à parler de soies étroitement ou largement géminées d'autre sont périchaetienne (I) et la disposition chez *Haplotaxis gordiodes* (J) (Sekhara, 2008).

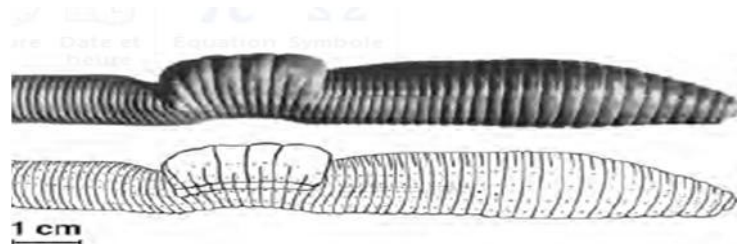


**Figure 3 :** Disposition des soies (Bouché, 1972)

Le clitellum ou selle, est un organe saillant, ayant l'aspect d'un anneau plus ou moins complet, et occupant une place variable suivant les taxons, Il est situé en arrière ou,

au plus, au niveau du pore mâle sur les vers de terre (**Fig.4**). Certaines espèces ont le clitellum en avant du pore mâle. C'est l'organe le plus facile à observer sur l'adulte. Il occupe de 4 à 27 segments.

Le premier d'entre eux peut être placé du 9 au 42<sup>ème</sup> métamère et le dernier du 16 au 60<sup>ème</sup>. Son aspect varie en fonction du degré de maturation et du cycle de production des cocons (Sekhara, 2008).



**Figure 4:** Clitellum d'*Octodrilus complanatus* (vue antérieure et latérale)

#### I.1.2.2. Critères anatomiques internes

Un ver de terre, considéré sur le plan anatomique, se présente comme constitué de deux tubes coaxiaux. Entre ces deux tubes, des cloisons transversales, les dissépiments, marquent la limite de chaque métamère et délimitent entre elles les cavités coelomiques. Le tube externe, ou paroi du corps, assure l'ensemble des fonctions locomotrice et respiratoire. Le tube interne constitue le tube digestif. Les fonctions de relations entre ces différents éléments sont assurées par un système sanguin fermé et le système nerveux. Le système excréteur et, à un bien moindre degré, le système reproducteur ont conservé leur métamère fondamentale (**Fig. 5**).

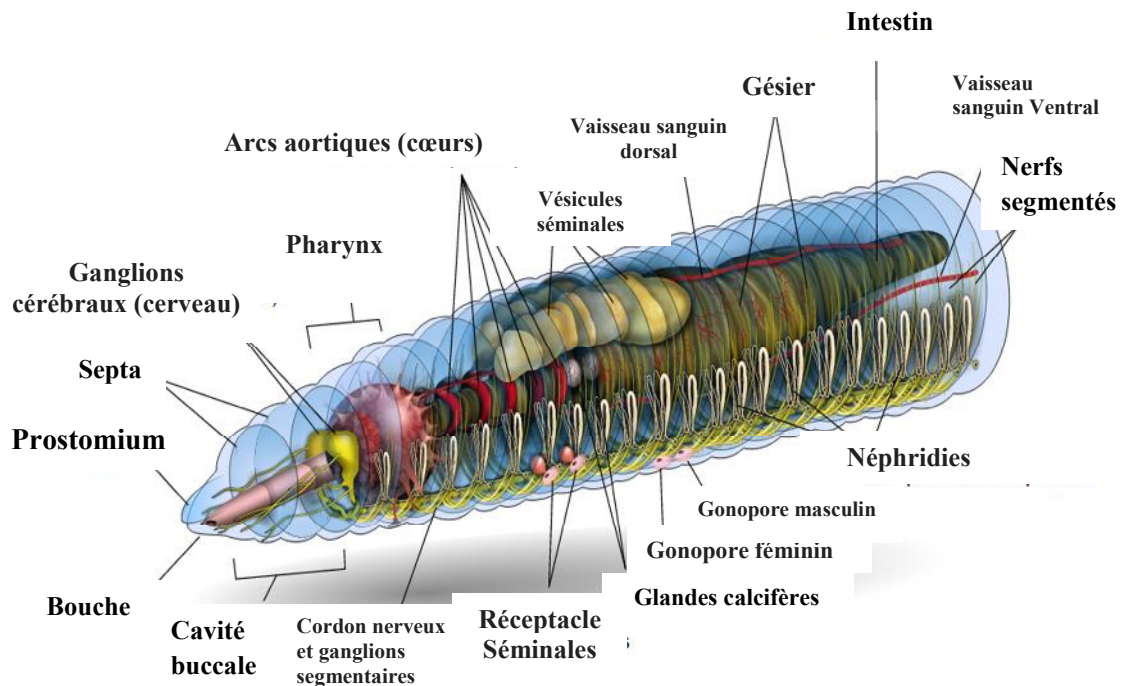
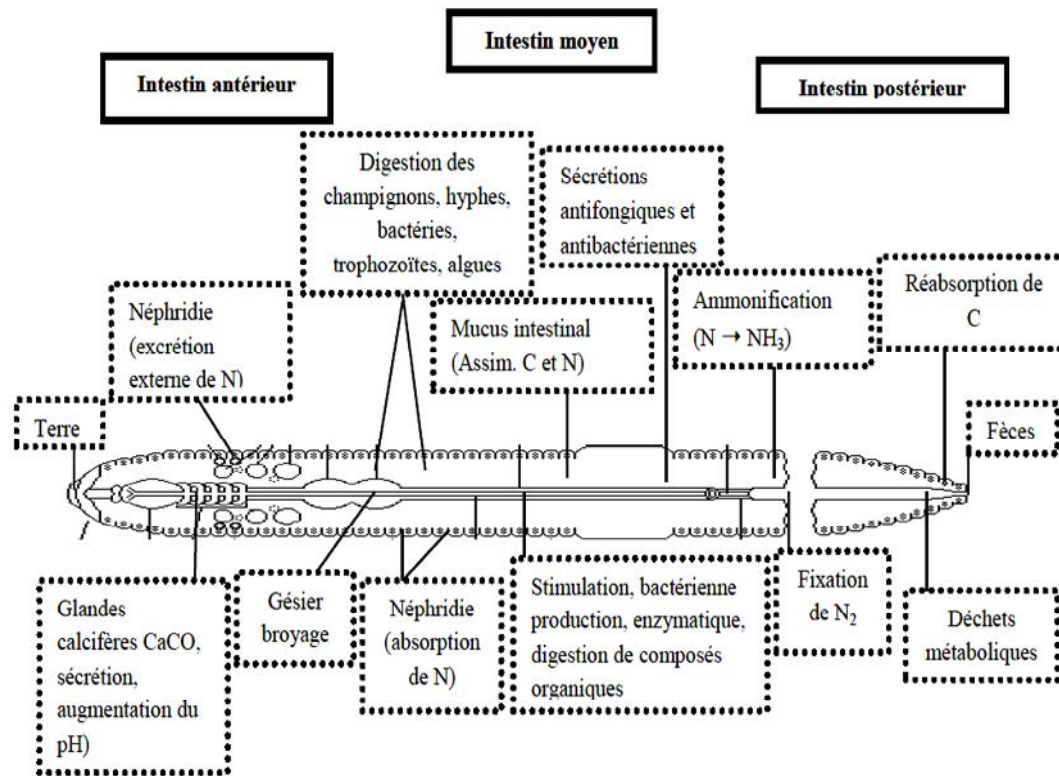


Figure 5: Anatomie interne du lombric (Wikipedia)

### I.1.3. Rôle de vers de terre dans le sol

Les effets directs et indirects qui en résultent des activités de vers de terre sur les propriétés du sol ont été appelés les effets de la drilosphère (Lavelle, 1988). Les propriétés physiques du sol affectées comprennent : l'agrégation, la stabilité et la porosité. Tandis que les propriétés biologiques et chimiques du sol modifiées comprennent : le recyclage des nutriments (principalement N et P), les formes chimiques des nutriments dans le sol et leur disponibilité pour les plantes, le pH, la dynamique de la matière organique, la qualité et la quantité. L'activité microbienne et faunique (y compris la production de régulateurs de croissance des enzymes ainsi que l'abondance, la biomasse, sont aussi parmi les effets indirect des lombrics sur le sol (Lee, 1985, Brown, 1995). (**Fig. 6**).



**Figure 6 :** Illustration des composantes internes de la drilosphère, de la digestion à l'excrétion chez les vers de terre (Brown et *al*,2000)

#### I.1.4. Ecologie des lombrics

Les Lombrics sont des animaux saprophages qui se nourrissent des déchets organiques qui jonchent le sol (feuilles et plantes en décomposition) mais aussi fèces d'animaux d'origine diverses ou de la matière organique du sol.

Bouché (1977) classe les lombriciens en trois catégories écologiques selon des critères morphologiques et comportementaux ; les épigés, les anéciques et les endogés, certains auteurs font même la distinction entre vers de composte et épigés (**tableau 1**)

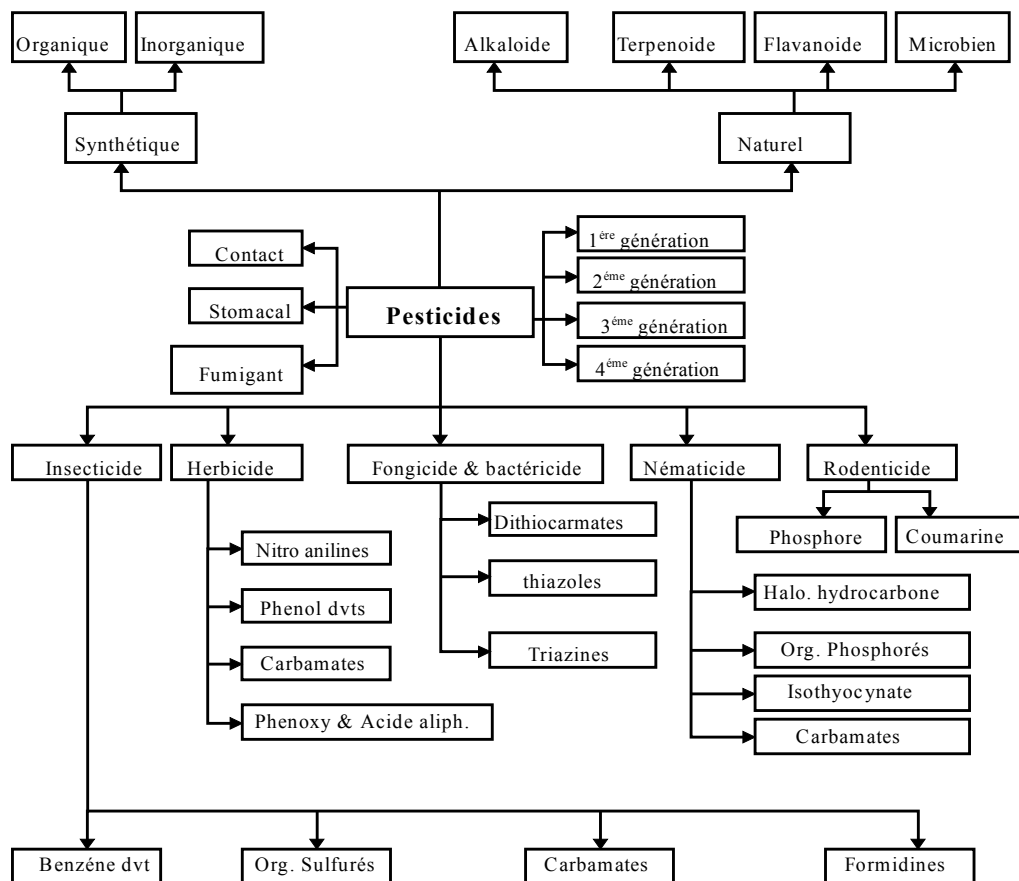
Tableau 1: Les catégories écologiques des vers de terre (Pathma et Sakthivel, 2012)

Catégories		Espèces	Niches	Caractéristiques fonctionnelles	Traits bénéfiques
Epigés		<i>Eiseniafetida, Lumbricus rubellus, L. castaneus, L. festivus, Eiseniella tetraedra, Bimastus minusculus, B. eiseni, Dendrodilus rubidus, Dendrobaena veneta,</i>	Couches de sol superficielle, déchets de feuilles, et de composte	De plus petite taille, le corps uniformément pigmenté, le gésier actif, cycle de vie court, taux élevé de reproduction et de régénération, tolérants aux perturbations, phytophages	Bio-dégradeurs, producteurs de composte, broyage et décomposition précoce
Endogés	Humiques	<i>Aporrectodea calignosa, A. trapezoids, A. rosea, Millsonia anomala, Octodrilus complanatus</i>	surfaces ou sous-terrain	Petites à grandes tailles, faiblement pigmentés, cycle de vie de moyenne durée, modérément tolérants aux perturbations, géophages	changements prononcés dans la structure physique du sol, utilise efficacement l'énergie à partir de sols pauvres
	Polyhumiques	<i>Octolasion cyaneum, O. lacteum</i>	Surface du sol horizon (A1)	Petite taille, non pigmentée, forme des terriers horizontaux, alimentation riche en sol	-
	Mésohumiques	<i>Pontscolx corethurus, Allobophora chlorotica</i>	Horizon A et B	Taille moyenne, sans pigmentation, forme des terriers horizontaux étendus, alimentateur de sol en vrac	
	Oligohumiques	<i>Aminthas sp.</i>	Horizon B et C	Très grandes tailles, non pigmentées, forme des terriers horizontaux étendus, se nourrit de sols pauvres et profonds	
Anéciques		<i>L. terrestris, L. polyphemus, A. longa,</i>	Couches profondes, permanents dans le sol	De grandes tailles, pigmentées dorsalement, forme des galeries permanentes étendues, profondes et verticales, faible taux de reproduction, sensible aux perturbations, phytophages, nocturnes	Terriers verticaux affectant le rapport air-eau et le mouvement des couches profondes vers la surface, aide à un mélange efficace des nutriments

## I.2. Les pesticides

### I.2.1. Définition

George Ware, (2004), a défini le terme «pesticides» comme additifs ajoutés intentionnellement par l'homme pour améliorer la qualité de son environnement, de ses animaux et de ses plantes. Un pesticide peut être utilisé contre toute forme de vie terrestre et aquatique, plante, animale ou microorganisme, considéré comme étant un organisme nuisible. Cependant, en général, il peut être défini comme une substance qui exerce une action toxique sur les ravageurs. En raison de la grande diversité, il est vraiment difficile de fournir un schéma général pour la classification de divers pesticides. Cependant, ils sont classés selon leur évolution, leur mode d'action, leur nature chimique et leurs espèces cibles. La figure 7 présente une vue schématique de la catégorisation des pesticides en différentes classes.



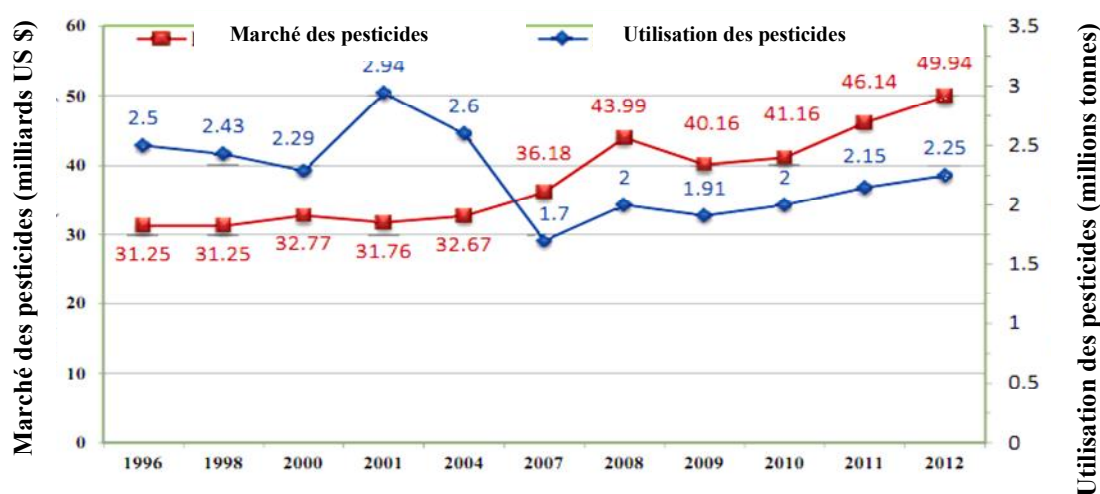
**Figure 7:** Classification des pesticides (Nollet Hamire et Singh Rathore, 2010).

### I.2.2. Historique et enjeux économiques des pesticides

L'utilisation de pesticides a augmenté globalement dans les années 1960. Le marché des ventes représentait environ un demi-milliard de dollars (0,58 milliards US \$) (**tableau 2**). Le taux annuel de croissance des ventes était alors environ 30,5%. À partir de 1996, depuis la culture commerciale des cultures transgéniques résistantes aux insectes, le marché des pesticides a été presque statique (croissance annuelle de 0,27%) jusqu'en 2001. (Dinham 2005). La consommation estimée de pesticides en 2012 était de 2,25 millions de tonnes métriques (Agranova, 2013) (**Fig.8**), soit une augmentation de 32,4% sur une période de cinq ans, avec un taux de croissance annuel moyen de 6,5%.

**Tableau 2:** Marché mondial des pesticides (milliard US\$), (David Pimentel, 2014)

Année	Insecticides	Fongicides	Herbicides	Autres	Total
1960	0.21	0.23	0.12	0.02	0.58
1970	1.00	0.60	0.94	0.16	2.70
1980	4.03	2.18	4.76	0.64	11.61
1993	7.59	4.73	11.61	1.37	25.30
1996	9.06	6.56	13.75	1.88	31.25
1998	9.10	6.38	14.68	1.88	31.25
2000	9.10	6.38	14.32	2.96	32.77
2001	8.76	6.03	14.12	2.88	31.76
2004	8.98	7.09	14.83	1.77	32.67
2007	9.37	8.29	16.80	1.72	36.18
2008	10.66	10.55	20.79	1.99	43.99
2009	10.20	10.24	17.87	1.85	40.16
2010	11.04	10.57	17.60	1.96	41.16
2011	11.83	11.73	20.46	2.12	46.14
2012	12.78	13.02	21.87	2.27	49.94



**Figure 8:** Consommation mondiale et marché total des pesticides (David Pimentel, 2014)



### I.2.3. Utilisation des pesticides en Algérie

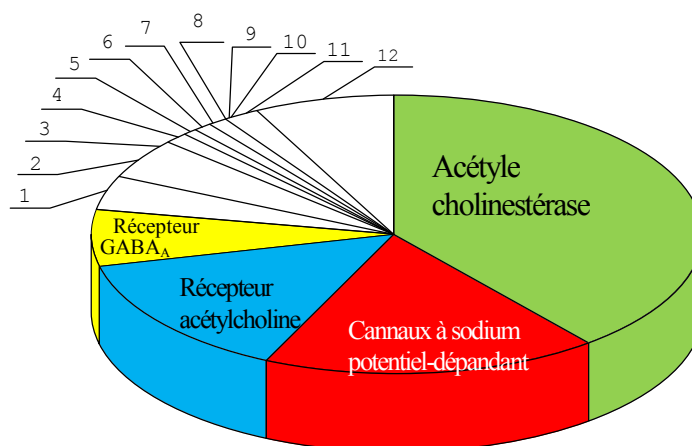
Les produits phytosanitaires en Algérie atteignent le chiffre de 109 spécialités commerciales en 2010. Les fongicides ont été appliqués pour traiter 44% des cultures contre les maladies cryptogamiques soit 48 spécialités commerciales. La majorité est utilisée sur la pomme de terre contre le mildiou (*Phytophthora sp*) et l'alternariose (*Altemana sp*), viennent en seconde position les insecticides avec 35%. Soit 39 spécialités commerciales sollicitées pour les traitements, avec légère diminution pour les céréales, par contre il y lieu de signaler que les cultures maraîchères recevant plus de traitement ont nettement augmenté, passant de 11,1% en 2008 à plus de 50% en 2010 (Benadjal, 2010). Une autre spéculation, la culture d'olivier, subit des interventions chimiques de plus en plus importantes, stabilisées à moins de 12% en 2008 et 2009, elle franchit le cap des 15% en 2010. Cela s'explique par l'engouement généré par le ministère de l'agriculture et du développement rural qui prévoyait la plantation d'un million d'hectares d'oliviers à l'horizon de 2014 et qu'il faudrait protéger de toutes affections. Les autres cultures (arboricultures et vignes) ont gardé la même tendance, c'est-à-dire des interventions chimiques inférieures à 12% des parcelles prospectées. Concernant le palmier dattier, les informations recueillies touchent uniquement les campagnes 2008 et 2009 où plus de la moitié des parcelles sont traitées. Il faut souligner que cette spéculation jouit du soutien de l'état qui prend en charge les traitements contre le boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*), redoutable acarier qui déprécie fortement la qualité du fruit, et le ver de la datte (*Ectomyelols ceratonie*) qui rend impropre à la consommation toute datte contaminée. (Benadjal, 2012).

### I.2.4. Principaux rôles des pesticides

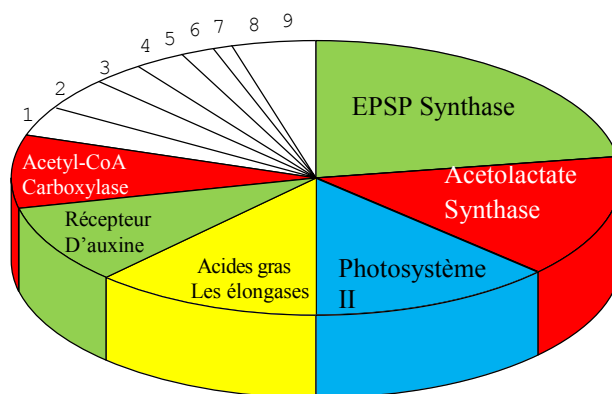
Les pesticides sont destinés à perturber un organe cible de l'organisme nuisible afin qu'il ne soit plus nocif. En tant que tel ou sous sa forme bioactive le pesticide se lie ou interagit avec une enzyme, un récepteur, une protéine ou une membrane spécifique, déclenchant une série d'événements qui sont délétères ou mortels pour l'organisme nuisible. Il existe quelques cibles similaires pour les différents types de pesticides, mais elles sont généralement très différentes (**Fig.9**). La plupart des insecticides perturbent rapidement la neurotransmission pour modifier le comportement ou la survie des insectes. Les herbicides inhibent généralement les voies spécifiques des plantes, bloquant ainsi la biosynthèse des acides aminés ou des acides gras ou la photosynthèse afin d'«affamer» la mauvaise herbe pendant plusieurs jours. Les fongicides quant à eux agissent sur de nombreuses fonctions cellulaires de base importantes pour la croissance (Krieger, 2009).

Insecticides (principalement la neurotransmission)Autres cibles

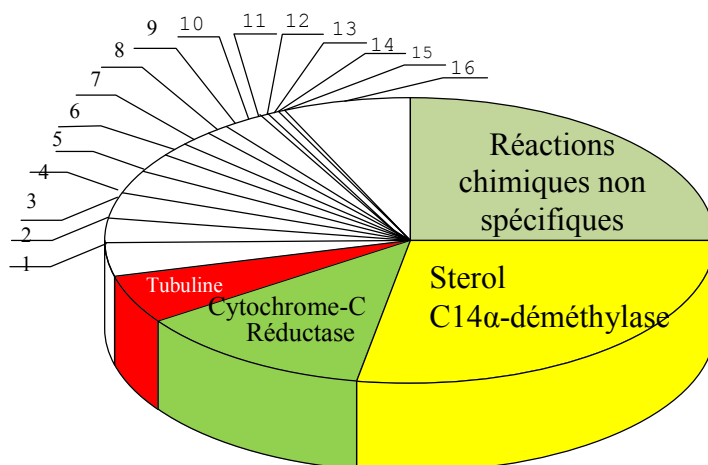
1. Biosynthèse de la chitine
2. Récepteur de glutamate
3. Acétyl CoA carboxylase
4. ATP synthase
5. Récepteur de l'ecdysone
6. Découplage
7. Toxine Bt
8. NADH déshydrogénase
9. Déshydrogénase succinique
10. Récepteur d'octamine
11. non spécifique
12. Inconnu

Herbicides (principalement les voies spécifiques des plantes)Autres cibles

1. Tubuline
2. Photo système I
3. Protoporphyrinogène IX oxydase
4. 4-Hydroxyphényl pyruvate déshydrogénase
5. Phytoène désaturase
6. glutamine synthase
7. Autres
8. Inconnu
9. Non spécifique

Fongicides (principalement les fonctions cellulaires basiques)Autres cibles

1. Déshydrogénase succinique
2. Protéine His-Kinase
3. RNA polymérase
4. Scytalone déhydratase
5. Stérol  $\Delta 14$  réductase
6. Découplage
7. Biosynthèse de la méthionine
8. Protéine kinase
9. Biosynthèse de phospholipides
10. Biosynthèse de protéine
11. Stérol 3-Kéto réductase
12. ATP synthase
13. biosynthèse de la chitine
14. Déhydrorotate déhydrogénase
15. Biosynthèse d'inositol
16. Autres, Inconnu



**Figure 9:** Rôles des pesticides par ordre des diminutions des cibles exprimés en pourcentage des ventes mondiales (Tietjen, 2003)

### **I.2.5. Dégradation des pesticides**

La dégradation est le processus de décomposition des pesticides après leurs applications, par les microorganismes, les réactions chimiques et la lumière (photodégradation). Ce processus peut durer de quelques heures à plusieurs années, en fonction des conditions environnementales et des caractéristiques chimiques du pesticide. Les pesticides qui se décomposent rapidement ne persistent généralement pas dans l'environnement ou sur la culture. Cependant, ils ne peuvent que fournir un contrôle efficace qu'à court terme. La dégradation microbienne tend à augmenter lorsque les températures sont élevées, le pH du sol favorable, l'humidité du sol et l'oxygène sont adéquats et la fertilité du sol est bonne. La dégradation chimique s'effectue par les réactions des liaisons chimiques des pesticides avec le sol, en relation avec les températures du sol et le pH. Beaucoup de pesticides, en particulier les insecticides organophosphorés, se décomposent plus rapidement dans les sols alcalins. La photodégradation par la lumière du soleil est dans une certaine mesure due à l'intensité de la lumière, la durée d'exposition et les propriétés du pesticide. Les pesticides appliqués au feuillage sont plus exposés à la lumière solaire que ceux incorporés dans le sol. Ils peuvent se dégrader plus rapidement dans les serres recouvertes de plastique que dans les serres de verre, car le verre filtre une grande partie de la lumière ultraviolette (Nollet et Hamir S. Rathore 2010).

### **I.2.6. Effets des pesticides**

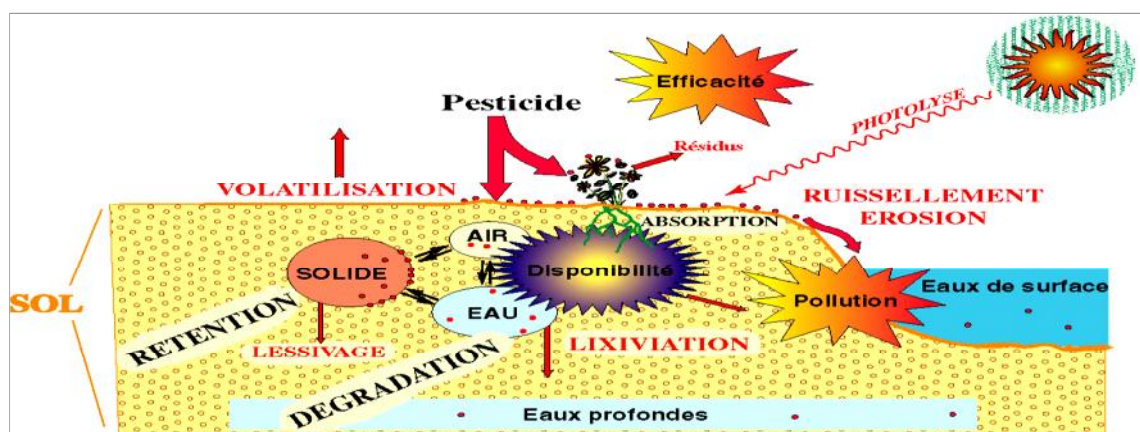
#### **I.2.6.1. Les risques sur la santé humaine**

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

Ainsi, les organophosphorés induisent une diminution des performances cognitives chez les travailleurs victimes d'intoxications répétées, même à minima (Testud, 2007). L'étude Phytoneer, effectuée en milieu viticole dans le Bordelais, a relevé des troubles de l'attention et de l'abstraction ainsi que des pertes de mémoire plus fréquentes chez les travailleurs exposés que chez les témoins, après ajustement sur l'âge, le niveau socio-éducatif, la consommation d'alcool, les signes dépressifs. Le rôle des dithiocarbamates, très largement employés sur la vigne, est évoqué (Baldi, 2001).

### I.2.6.2. Effets sur l'environnement

La surexploitation des pesticides, leurs utilisations inappropriées, et le rejet de leurs déchets sont considérés tel un fardeau pour l'environnement (Luo et Zhang 2010). Il est bien connu que la plupart des pesticides appliqués sont soumis à de nombreux processus de transport et de conversion. Ainsi, ils ne restent pas sur leur site cible (**Fig.10**), mais entrent souvent dans les milieux aquatiques par percolation via le sol, dispersion aériennes ou écoulement de surface, affectant l'abondance et la diversité des espèces non ciblées, produisant des effets complexes sur les écosystèmes et modifiant les interactions trophiques (Islam et Tanaka, 2004). Simultanément, certaines fonctions biologiques du sol telles que la biodisponibilité des nutriments et la décomposition de la matière organique pourraient également être modifiées (Hendrix, 1996 ; Guo *et al.*, 2009).



**Figure 10:** Processus impliqués dans le devenir des pesticides dans les sols conditionnant leur disponibilité et, par conséquent, leur efficacité phytosanitaire ou la manifestation de leur caractère polluant (Barriuso *et al.*, 1996)

Par exemple, les herbicides peuvent influencer le carbone de la biomasse microbienne du sol (MBC) et son quotient métabolique (qCO), des variables directement liées à la qualité du sol (Reis et *al.*, 2009). En outre, l'application de produits agrochimiques sur les pousses de soja affecte l'activité des microorganismes du sol dans la rhizosphère végétale (Reis et *al.*, 2009).

Une fois dans l'eau, la persistance des pesticides influent sur les caractéristiques physicochimiques de celle-ci, telles que le pH, la température, la turbidité, les matières en suspension, le débit et la profondeur détermineront le potentiel d'ingestion de ces micro-contaminants (Kanrim, 1997, Martins et *al.*, 2004).

### **I.2.6.3. Effet sur la faune**

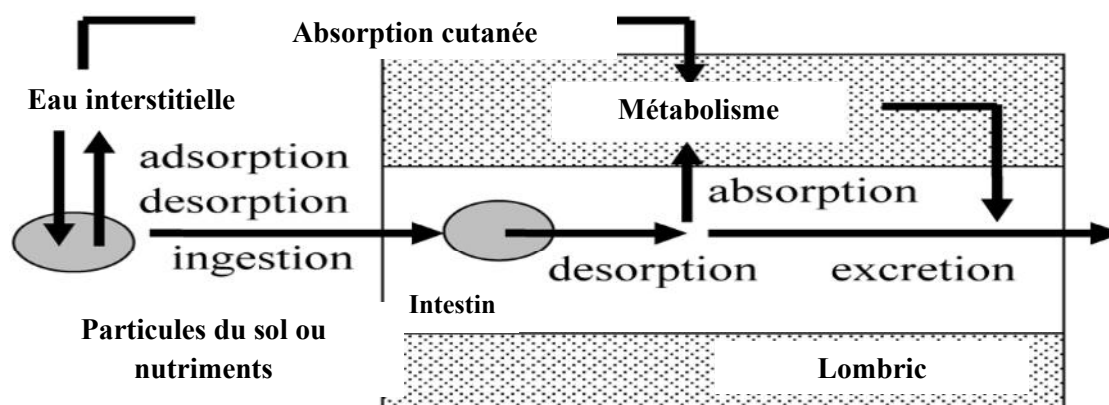
L'exposition à des substances toxiques peut nuire aux prédateurs naturels, aux pollinisateurs, aux organismes utiles du sol, aux poissons, aux oiseaux et aux autres animaux (Louveau, 1984). Les organophosphorés et les carbamates sont plus toxiques pour les poissons et la faune que les herbicides ou les fongicides. Les pyréthrinoïdes synthétiques sont de faible à moyenne toxicité pour les oiseaux et les mammifères car ils peuvent être rapidement détoxifiés et excrétés (Hendorf et Angerer, 2001). Toutefois, selon ces mêmes auteurs, les invertébrés aquatiques et les poissons ne peuvent pas rapidement détoxifier ou excréter des pyréthrinoïdes de synthèse, de sorte qu'ils sont très sensibles à l'intoxication par ces produits. Des millions de poissons sont empoisonnés chaque année aux Etats-Unis. Une étude récente en Algérie a révélé des cas d'hémaphrodisme synchrone chez le barbeau (*Barbus callensis*) de l'oued Soummam à cause de la pollution (Kadji, 2010).

### **I.2.6.4. Effets sur la faune du sol (les invertébrés) : Cas des lombrics**

En raison de leur exposition aux pesticides, les vers de terre sont incapables d'exercer leurs fonctions vitales dans le sol (Rathore et Nollet, 2012). Ils peuvent affecter leur taux de mortalité soit directement par un stress aigu ou indirectement en affectant leur reproduction, leurs fonctions neurologiques ou en provoquant des changements dans leurs comportements. Les pesticides ont un effet négatif sur la survie et la reproduction des lombriciens. Ces effets néfastes dépendent des espèces, du type de contaminants et de leurs concentrations, ainsi que des caractéristiques du sol, (Roriguez Campos et *al.*, 2014). Les espèces épigées et anéciques sont principalement plus sensibles que les espèces endogées quant à l'application en surface de pesticides (Singh et *al.*, 2016).

### I.2.7. Comportement toxicocinétique des vers de terre vis à vis des pesticides

Les travaux écotoxicologiques peuvent être séparés en plusieurs phases. Dans la première phase, la question principale est de savoir comment l'organisme est exposé à un contaminant. Cela comprend trois étapes : la manière dont le contaminant est chimiquement disponible dans le sol, par quelles voies et mécanismes les vers de terre absorbent le contaminant et comment il est traité en interne par ces derniers (qu'il soit décomposé, excrété ou stocké). On peut le résumer sous les rubriques de la chimie de l'environnement et de la toxicocinétique. La deuxième phase porte sur des questions telles que : Quels sont les effets d'un produit chimique sur les individus de vers de terre ? Quelles sont les implications pour les populations de ver de terre ? Quelles répercussions cela a-t-il sur les écosystèmes du sol et les chaînes alimentaires ? Qu'on qualifie de toxicodynamique. En ce qui concerne la biodisponibilité des substances toxiques, les trois étapes principales, chacune ayant un paramètre et des caractéristiques différentes, sont (1) la disponibilité de produits chimiques ; (2) l'absorption biologique du produit chimique ; et (3) le transport interne et le traitement dans le corps du lombric (**Fig.11**). La plupart des contaminants sont absorbés à partir de l'eau interstitielle qui entoure directement la peau du ver de terre. (Eijsackers, 1994).



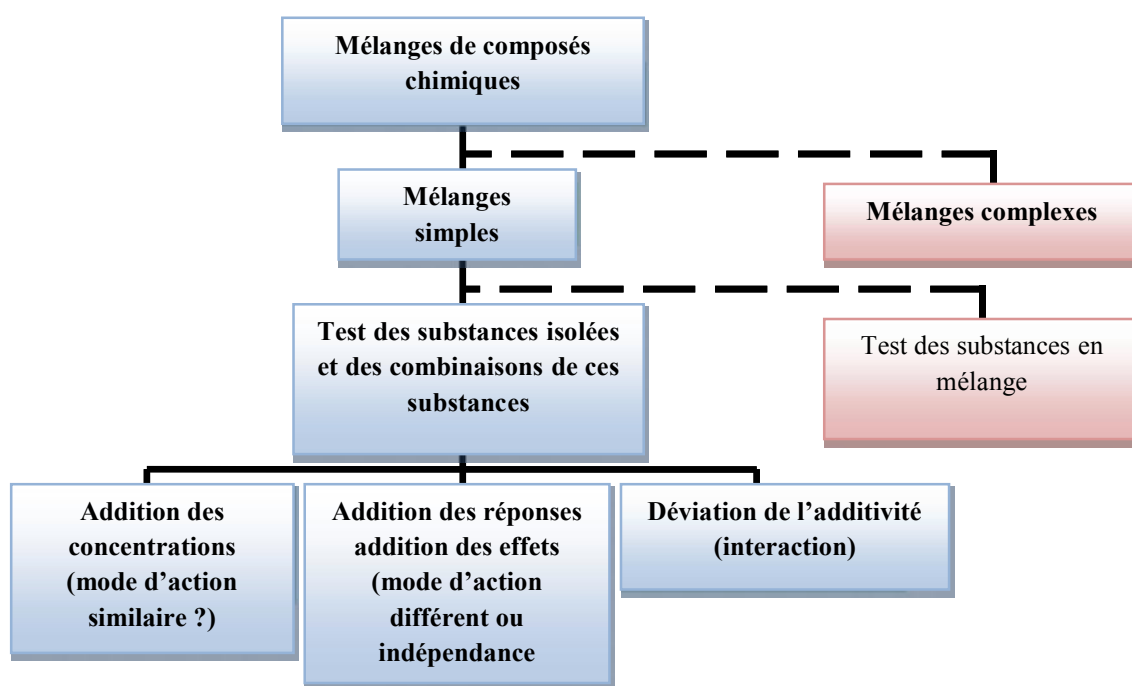
**Figure 11:** Flux conceptuel de la biodisponibilité des pesticides et de leurs toxicocinétiques dans le ver de terre (T.Katagi et K;Ose, 2015)

### I.2.8. Approches d'évaluation de la toxicité des mélanges de pesticides

Deux grands types d'approche ont donc été développés pour évaluer la toxicité des mélanges de produits chimiques (**Fig.12**). 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.



**Figure 12:** Différents cas d'étude de mélanges simples (Groten et al, 2001)

### I.2.9. 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 (**tableau 3**).

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).

**Tableau 3:** Synthèse des actions conjointes des substances d'un mélange (Zeman, 2008)

Types d'interactions	Effets		Actions conjointes
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.



## Chapitre II

### Matériels et méthodes

Une liste critique des paramètres biologiques utilisés dans certains travaux pour indiquer l'impact des polluants sur la qualité des sols et leur diversité que soit faunistique ou floristique a été établie avec l'avènement de l'écotoxicologie. Ces paramètres font référence à un ou plusieurs invertébrés du sol. Leur rôle comme organismes indicateurs dépend de leurs caractéristiques biodémographiques, du groupe taxonomique étudié, de l'habitat, de l'organe étudié, du type de sol ou bien encore du type de pollution. Nématodes, acariens, collemboles, enchytréides, cloportes, vers de terre, et gastéropodes sont potentiellement des indicateurs biologiques de bioaccumulation et indicateurs biologiques d'effets (toxicologiques et écologiques) pour ces derniers les études les plus nombreuses concernent les effets létaux et sub-létaux dont la toxicité aigüe des pesticides sur les vers de terre : Les effets toxiques aigus sont ceux causés par des expositions sur de courtes périodes, de quelques heures à plusieurs jours. L'exposition peut se produire par voie orale (ingestion), par voie cutanée (contact avec la peau) ou par inhalation. Les mesures les plus utilisées sont celle auxquelles 50% des animaux testés meurent dans les 14 jours suivant l'exposition à la substance d'essai. Celles-ci sont également connus comme la dose létale médiane (DL 50), un parmi d'autre des paramètres de la biosurveillance toxicologique qui a fait l'objet de notre étude.

#### II.1. Dispositifs expérimental

Pour la présente étude, il est utilisé des individus d'oligochètes d'âges adultes avec un état général satisfaisant et une absence de symptômes pathologiques visibles. Prélevées, dans une zone agricole tout près d'un cours d'eau. Les pesticides testés sont ceux utilisés contre le Mildiou, l'Oïdium, les taches pourpres, le Botrytis, l'Alternaria, et les Rouilles pour les cultures légumières ; capnodes, tordeuses, pyrale, vers blanc et gris, ver fil de fer, et courtilière, pour les arbres fruitiers et les cultures maraichères.

##### II.1.1. Station d'échantillonnage

L'espèce lombricienne : *Octodrilus complanatus* qui a servie de modèle biologique a été récoltée le long d'un cours d'eau dans la vallée de la Soummam (**Fig.13**). Située à proximité d'un champ de pâturage laissé en jachère autour des racines des cultures

céréalières et sous agrumes, abricotiers et pommiers, tout près de la daïra d'El kseur ; 36° 41' 0" Nord, 4° 51' 0" Est à 20 km de la wilaya de Bejaïa, cette espèce endogée cohabitait avec *Aporrectodea caliginosa caliginosa* qui occupe la même niche écologique en plus d'un épigé, *Eisenia fetida*.

Les sols de cette vallée se répartissent en quatre classes principales : les sols bruns parfois lessivés, les sols d'apports alluviaux, les sols peu évolués d'érosion et enfin les sols calcaires installés sur des marnes. Les ressources hydriques de cette région sont sous formes d'eaux de surface, principalement les importants apports des oueds tels que la Soummam, les eaux souterraines, beaucoup moins importantes, mais appréciables, il s'agit principalement des nappes alluvionnaires exploitées par forages et puits qui donnent d'importantes résurgences dans la région (Sekhara, 2008).



**Figure 13** : Vue satellite du site montrant la distance de prélèvement le long du cours d'eau de la Soummam (photo Google Earth)

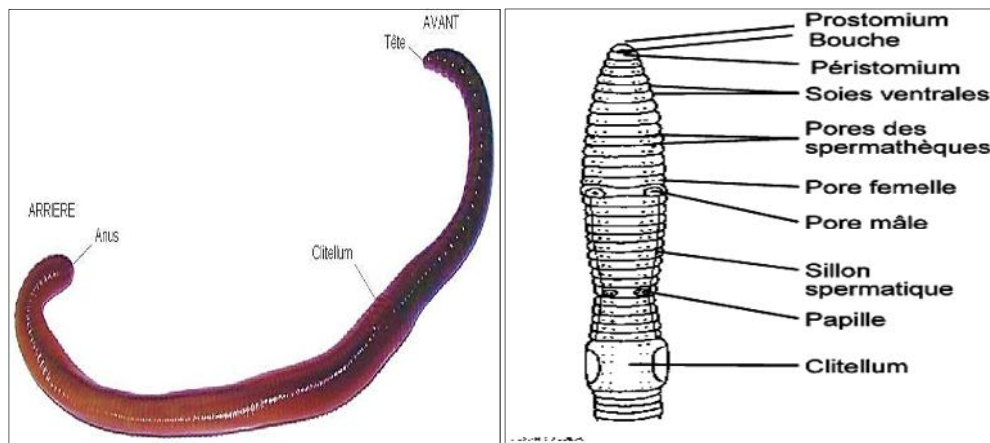
### II.1.2. Prélèvement du sol

L'échantillon de terre doit d'abord être représentatif du site étudié, tamisé puis séché dans l'étuve à 40°C pendant deux heures ; tenir compte du taux d'humidité pour réajuster le poids pendant toute la durée de l'essai.

### II.1.3. Espèce expérimentale

*L'Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828) est une espèce assez monotypique d'une longueur de 70 à 198 mm ; largeur : 5 à 13 mm avec un nombre de segments de 122-189. Forme cylindrique avec aplatissement clitellien et caudal. Pigmentation cutanée brune à grise foncée parfois brun rougeâtre. Prostomium épilobique 1/3 fermé.

Présence de l'annulation secondaire, commence à partir du 10<sup>ème</sup> segment doté de Soies non gémées. Pores néphridiens bien développés. Pores mâles petits en 15 segments, atriums mâles absents. Pores femelles petits, en 14 segments. Pores de spermathèques simples, visibles entre les 6/7 et 12/13 sillons. Clitellum en forme de selle, n'est pas segmenté dorsalement entre le : 1/2 28 et 36 segment (**Fig.14**).

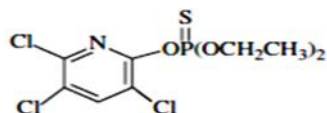


**Figures 14** : Photos : (à gauche) : *Octodrilus complanatus*, (à droite) : Son anatomie externe (Sekhara, 2008)

#### II.1.4. Choix des Pesticides

##### ➤ Dursban

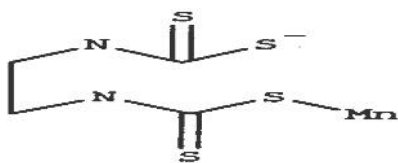
Le dursban ou chlorpyrifos est un insecticide organophosphoré à large spectre. Il est efficace dans la lutte contre les vers cutanés, les vers de racines du maïs, les cafards, les larves, les coléoptères, les mouches, les termites, les fourmis et les poux. Il est utilisé comme insecticide sur les céréales, le coton, les fruits, et les légumes, ainsi que sur les pelouses et les plantes ornementales. Il est disponible sous forme de granulés, de poudre mouillable, et de concentré émulsionnable.



Structure chimique du Chlorpyrifos

##### ➤ Manébe

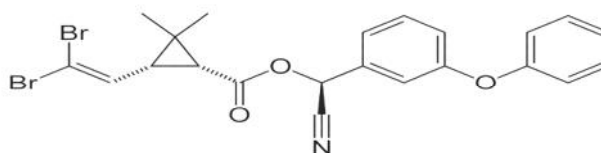
Fongicide à base d'éthylène (bis) dithiocarbamate utilisé dans la lutte contre les rouilles précoces et tardives sur les pommes de terre et les tomates et de nombreuses autres maladies des fruits, des légumes, des champs et des plantes ornementales. Le Manébe contrôle une gamme plus large de maladies que d'autres fongicides.



Structure chimique du Manèbe

### ➤ Décis 25EC

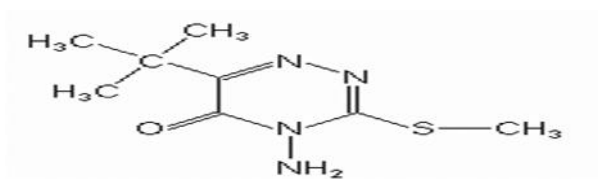
Insecticide à base de deltaméthrine, substance active de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse. Il possède un large spectre d'action et agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes suceurs et broyeur, caractérisé par une action très rapide (remarquable effet de choc) et un effet répulsif sur les insectes ravageurs volants.



Structure chimique du Deltaméthrine

### ➤ Sencor 70 WG

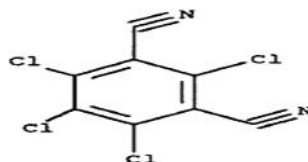
Le métribuzine est un herbicide triazine sélectif qui inhibe la photosynthèse des espèces végétales sensibles. Il est utilisé pour le contrôle des graminées annuelles et de nombreuses mauvaises herbes à feuilles larges dans les cultures de champs et de légumes, dans les gazons et sur les jachères.



Structure chimique du Metribuzine

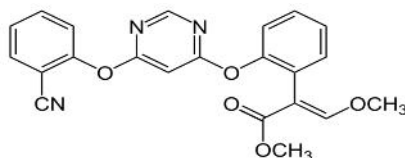
### ➤ Priori opti 48 SC : (Deux matière actives)

– Le chlorothalonil, un fongicide organochloré à large spectre utilisé pour contrôler les champignons qui menacent les légumes, les arbres fruitiers, le gazon, les plantes ornementales et d'autres cultures agricoles. Il contrôle également les pourris des fruits.



Structure chimique du Chlorothalonil

– L’Azoxystrobine, fongicide à large spectre de la classe des composés synthétiques appelés  $\beta$ -méthoxyacrylates. Ces produits chimiques proviennent de strobilurines naturelles (toxines sécrétées par des champignons Basidiomycota du genre *Strobilurus*, *Oudemnsiella* et *Mycena*). Ce sont des champignons lignicoles qui se défendent contre d’autres champignons colonisateurs des mêmes milieux. Il est donc capable de prévenir les maladies de la rouille du riz, du colza, les pommes de terre, le seigle, le triticale, et le blé. Il est principalement utilisé seul, ou combiné avec le chlorothalonil, le fenpropimorphe, le cyproconazole et le propiconazole.



Structure chimique de l’Azoxystrobine

### II.1.5. Préparation des concentrations de pesticides

Les données collectées auprès des agriculteurs et des vendeurs de produits phytosanitaires nous ont permis de connaître les différents types de pesticides par culture et les produits les plus consommés et nous avons reproduit les mélanges les plus communément utilisés.

Un mélange binaire de Dursban, 480g/l. Manébe 800mg/kg, les doses homologuées sont : 1,5l/ha et 800g/ha. Ce qui correspond à 720mg/l et 800mg/l de matières actives respectivement. Les concentrations testées sont : 45, 90, 360, et 720 mg/l pour l’insecticide, et 50, 100, 400, et 800 mg/l pour le fongicide. Un mélange ternaire. Décis 25EC 25g/l. Sencor 70WG, 700g/kg. Priori Opti 48SC, un mélange de deux matières actives, Chlorothalonil : 400g/l et Azoxystrobine : 80g/l. les doses homologuées sont: (0,5l/ha);(1kg/ha) et (2,5l/ha); qui correspondent aux 12.5mg/l; 700mg/l et 1200mg/l de matières actives respectivement; Les concentrations de ce mélange sont: 1.56, 3.125, 6.25, et 12.5 mg/l pour le l’insecticide: Décis et 87.5, 175, 350, et 700 mg/l pour l’herbicide : Sencor, ainsi que 150, 300, 600, et 1200mg/l pour le fongicide : Priori opti. Les doses sont

appliquées conjointement des plus faibles concentrations aux plus fortes sur les différentes boîtes de vers de terre selon la capacité maximale de rétention en eau de la terre utilisée qui était de 40 % (voir l'annexe)

### II.1.6. Exécution de l'essai

Pour chacun des lots d'essai, 600 g de substrat d'essai humide préalablement séchés à l'étuve sont placés dans chacun des récipients en plastiques; dix lombrics, qui ont été conditionnés dans un substrat similaire, déposés dans un récipient avec un peu d'eau pour l'expulsion de contenu du tube digestif avant utilisation puis pesés, sont placés à la surface du substrat. Les récipients sont recouverts d'un couvert de plastique perforé afin d'éviter le dessèchement du substrat et de maintenir des échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère et ils sont maintenus dans ces conditions d'essai pendant 28 jours (**Fig.15**). Il est recommandé d'effectuer quatre répétitions identiques à chaque dose d'essai. Dans chaque essai, on utilise quatre témoins de dix vers et avec du sol traité avec le même solvant que celui qui est employé dans l'essai. (ISO/DIS 11268-1, 2011)

La durée de l'essai est de 28 jours (la mortalité est évaluée aux 7<sup>ème</sup> ; 14<sup>ème</sup> ; 21<sup>ème</sup> et le 28<sup>ème</sup> jour). On évalue la mortalité en vidant le sol sur un plateau ou une plaque de verre, en sortant les vers de la terre et en testant leur réaction à un stimulus mécanique exercé à leur extrémité antérieure. Après l'évaluation du 14<sup>ème</sup> jour on déterminera la dose létale de 50% des individus de vers de terre (DL<sub>50</sub>), les vers vivants et le sol sont replacés dans le récipient d'essai. Tous les symptômes comportementaux ou pathologiques observés doivent être consignés.



**Figure 15** : Boîtes de contention des lombrics lors de l'essai toxicologique au laboratoire

## II.1.7. Traitement des résultats

### II.1.7.1. Contrôle de la mortalité

Tous les vers de terre parfaitement immobiles, à un moment défini, sont considérés comme morts aucune réaction n'est obtenue après un stimulus mécanique léger. La mortalité dans les essais témoins doit être inférieure à 10% de la population initiale.

Les taux de mortalité des vers témoins et traités sont calculés par la formule suivante :

$$\text{Taux de mortalité} = \frac{\text{Nombre de morts}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

### II.1.7.2. Correction de la mortalité

La mortalité obtenue est corrigée par la formule d'ABBOT (Abbot W. S., 1925).

$$M_c = \frac{M_2 - M_1}{100 - M_1}$$

Avec :  $M_1$  : Pourcentage de mortalité dans le lot témoin

$M_2$  : Pourcentage de mortalité dans le lot traité

$M_c$  : Pourcentage de mortalité corrigée

### II.1.7.3. Unité Toxique

L'unité toxique (TUi pour « Toxic Unit ») a été introduite par Sprague en 1970. Dans cette approche, la concentration de chaque composé présent dans le mélange est divisée par la concentration du composé produisant, lorsqu'il est seul, un effet toxique. Cet effet toxique (par exemple, la concentration entraînant 50% de mortalité) est le même pour tous les composés du mélange. Cette méthode permet ainsi de normaliser la concentration de chaque composé du mélange par rapport à une toxicité et donc de convertir la concentration de chaque composé en unité toxique (TUi) :

$$TUi = \frac{Ci}{CE_{50xi}}$$

Où  $Ci$  est la concentration du composé  $i$  dans le mélange et  $CE_{50xi}$  la concentration de la substance qui cause l'effet  $E = 50\%$  si cette substance est seule.

Si la somme des unités toxiques observées est égale à 1, alors le mélange est strictement additif (CA), il n'y a donc pas d'interaction entre les différents composés du mélange. Si la somme des unités toxiques est inférieure à 1, l'effet est inférieur à une simple additivité (effet antagoniste) et s'il est supérieur à 1, l'effet est synergique.

Pour tester si l'effet observé est statistiquement différent de celui attendu (TU), un test *t* est souvent réalisé (Ince *et al.*, 1999 ; Mahar et Watzin, 2005).

#### II.1.7.4. Dose létale DL<sub>50</sub>

La dose létale 50 (DL<sub>50</sub>) représente la dose de toxique conduisant à la mort de 50% des individus. Cette DL<sub>50</sub> rend compte de la toxicité intrinsèque de la substance active considérée. Pour la détermination de cette dose létale (DL<sub>50</sub>), il est procédé à une transformation en Probit des pourcentages des mortalités corrigés, et la transformation en logarithme décimal de la dose. Ces transformations permettent d'établir l'équation de droite de régression « probit logarithme » de type :

$$Y = ax + b$$

Y : Probit des mortalités corrigées

X : Logarithme des doses

a, b : Constantes

La DL<sub>50</sub> sera égale à l'anti-log x, avec x log doses, correspondant au Probit de 50 de graphe de régression.

#### II.1.7.5. Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec le logiciel SPSS, en utilisant des tests ANOVA. Une valeur de  $p < 0,05$  est considérée comme significative.

Si les réactions des vers de terre exposés aux concentrations de biocides choisis sont détectables en fonction des doses et de la durée d'exposition. Les modèles de régression tels que le GLM sont donc appropriés pour dériver les relations concentration-réponse.

Les ensembles de données ont donc été analysés par une technique statistique, à savoir les modèles mixtes linéaires généralisés (GLM).



## Chapitre III

### Résultats et discussion

#### III.1. Résultats expérimentaux

##### III.1.1. Symptômes induits par la toxicité aiguë

La mortalité des vers de terre est suivie pendant 14 et 28 jours. Les symptômes observés (**Fig.16**) chez *Octodrilus complanatus* autres que la mortalité, lors de l'exposition aux différents mélanges de pesticide sont la perte de poids étranglement de la partie postérieure du corps jusqu'à désintégration totale pour les fortes concentrations (photo de gauche). Ces symptômes se manifestent par une activité générale accrue a des concentrations élevées, avec des mouvements désordonnés, des changements comportementaux (incapacité de creuser le sol, la prostration contre la paroi du récipient expérimental) ou morphologiques (des blessures ouvertes, sortie du liquide cœlomique et des signes de décomposition sont observés (photo de droite)).



**Figure 16** : Symptômes induits par la toxicité aiguë due aux pesticides

##### III.1.2. Toxicité

Les résultats de toxicité aiguë, obtenus lors du dénombrement après exposition des vers de terre aux différents mélanges de pesticides, sont représentés dans les deux tableaux 4 et 5.

**Tableau 4** : Effet du mélange Binaire (Dursban et Manébe)

Durée D'exposition Concentrations (mg/kg m.s)	t = 0		1 semaine		2 semaines		3 semaines		4 semaines	
	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %
Témoins	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
45 : 50	40	100	40	100	36	90	26	65	15	37,5
90 : 100	40	100	40	100	10	25	6	15	4	10
360 : 400	40	100	40	100	2	5	0	0	0	0
720 : 800	40	100	30	75	0	0	0	0	0	0

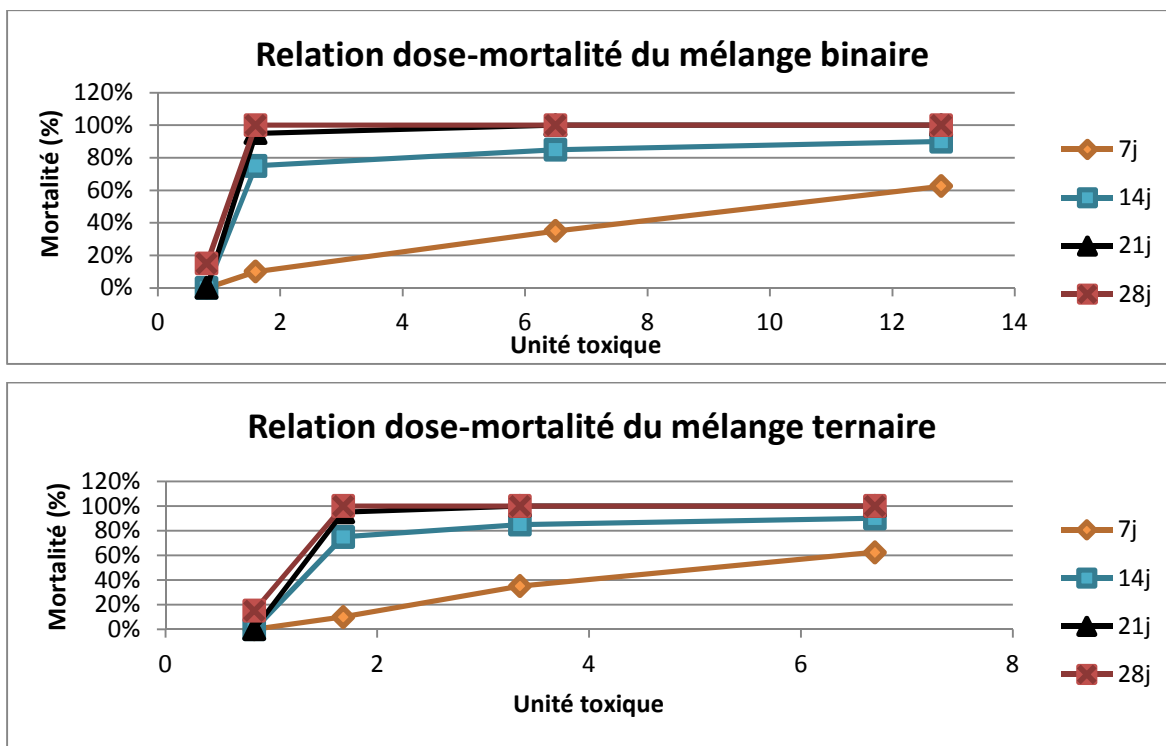
Nb : nombre de vers de terre vivants ; Fc : fréquences centésimales des vers terres vivants

**Tableau 5** : Effet du mélange ternaire (Décis,Sencor et Priori opti)

Durée D'exposition Concentrations (mg/kg m.s)	t = 0		1 semaine		2 semaines		3 semaines		4 semaines	
	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %	Nb	Fc %
Témoins	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
1,56 : 87,5 : 150	40	100	40	100	24	60	17	42,5	14	35
3,125 : 175 : 300	40	100	40	100	6	15	2	5	1	2,5
6,25 : 350 : 600	40	100	38	95	3	7,5	0	0	0	0
12,5 : 700 : 1200	40	100	34	85	0	0	0	0	0	0

Nb : nombre de vers de terre vivants ; Fc : fréquences centésimales des vers terres vivants

Au bout de deux semaines d'exposition (14 jours), les doses les plus élevées, (720 : 800) et (12,5 : 700 : 1200) ; pour les mélanges binaire et ternaire respectivement ont donnés les taux de mortalité les plus importants ; (0%) de survivant, cela s'est étendu aussi aux doses (360 : 400) pour le mélange binaire et (6,25 : 350 : 600) pour le mélange ternaire au bout de quatre semaine (28 jours) d'exposition, 100% de mortalité. Pour les doses faibles (45 : 50), Dursban : Manébe, et (1,56 : 87,5 : 150), (Décis : Sencor : Priori opti) on a enregistré, respectivement, un taux de 37,5% et 35% de survivants après quatre semaines d'exposition. La cinétique de mortalité et la relation dose-mortalité des deux mélanges sont représentées sur les (**Fig. 17**).



**Figures 17 :** Toxicité aigüe des deux mélange chez *Octodrilus complanatus*: la mortalité est suivie par différentes doses pour un temps donné

La comparaison des résultats des taux de mortalité obtenus pour les deux mélanges révèle une bonne corrélation entre les doses expérimentales et la durée d'exposition peu importe le nombre de substance dans le mélange ce qui confirme que les combinaisons entre différentes classes de pesticides a toujours un impact négatif sur la survie des vers de terre (**Fig.18**).

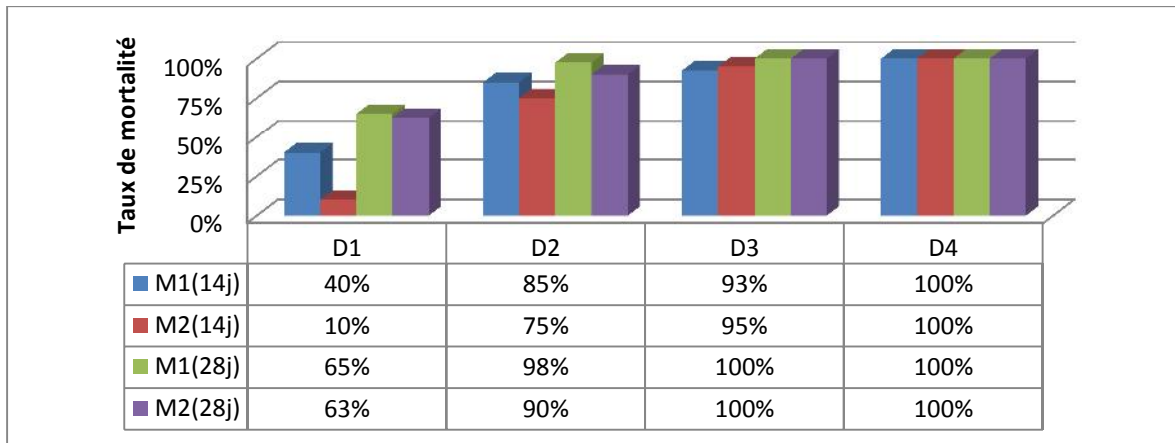


Figure 18 : Comparaison des taux de mortalité des deux mélanges pour les doses (Dx) respectives de chacun aux jours 14 et 28.

### III.2.3. Détermination de la DL50

Les valeurs de DL50 sont obtenues à partir des droites de régression représentées sur la figure 19.

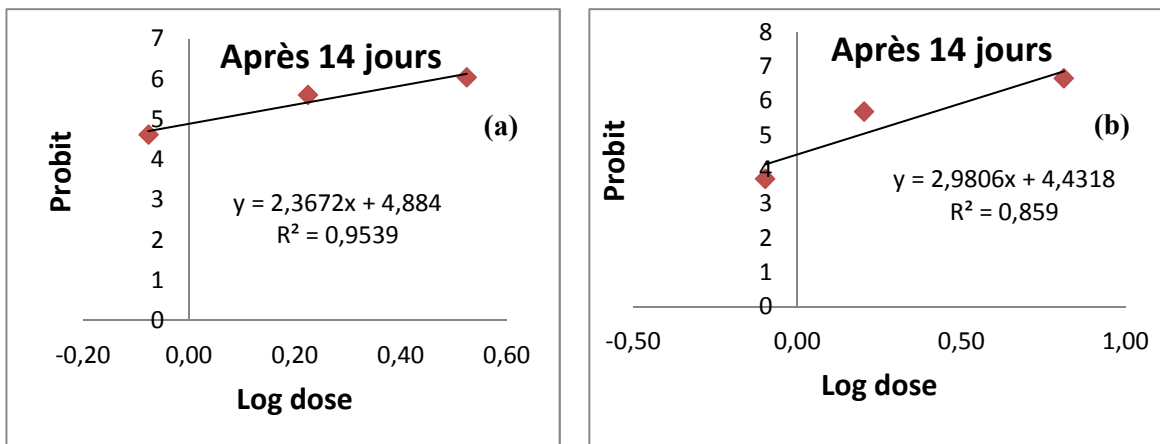


Figure 19 : Droites de régression en fonction des doses respectivement après 14 jours d'exposition pour (a) le mélange binaire et (b) le mélange ternaire

Le tableau 6 récapitule les résultats d'analyses de l'effet des doses croissantes des pesticides sur le taux de mortalité des lots de vers de terre.

**Tableau 6** : Récapitulatif des analyses de l'effet des doses testées sur le taux de mortalité des lots de vers de terre

	Équations de droite	DL50 (UT)	Lim inf. < DL50 < Lim sup.	r
Mélange Binaire	$y=2,3672x+4,88$	1,55	$(45:50) < \mathbf{DL}_{50} < (90:100)$	0,9767
Mélange Ternaire	$y=2,9806x+4,43$	1,12	$(1,56:87,5:150) < \mathbf{DL}_{50} < (3,125:175:300)$	0,9268

D'après le tableau 6, on remarque que les **DL50** obtenues pour les deux mélanges se situent entre les deux premières concentrations correspondant à leurs unités toxiques respectivement après 14 jours d'exposition aux différentes doses, ce qui est approximatif compte tenu de l'hétérogénéité des mélanges.

### III.1.4. Analyses statistiques

#### III.1.4.1. Analyse des variances

L'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs avec répétition d'expérience révèle que la différence est très hautement significative à 5% pour les deux mélanges. Il y a une relation proportionnelle entre la dose administrée et la mortalité observée ainsi que le facteur temps (semaines). Une valeur de  $p < 0,05$  est considérée comme significative ce qui laisse apparaître que la mortalité est caractérisée par un échelon au fur à mesure que les concentrations augmentent ainsi que le prolongement de la durée d'exposition aux substances toxiques. De même, une différence est observée dans le lot témoin dont la mortalité est nulle par rapport aux lots traités.

Les deux tableaux 7 et 8 récapitulent les valeurs de l'information apportée par la variable dépendante qui est la mortalité des vers de terre en fonction des variables indépendantes qui sont d'une part les concentrations des pesticides et la durée d'exposition de ces vers à ces derniers et d'autre part l'interaction entre les concentrations et cette même durée.

**Tableaux 7 :** Analyse des variances du mélange binaire

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Lignes (Doses)	270,42	3	90,14	57,88	0,00	2,80
Colonnes (Semaines)	690,17	3	230,06	147,73	0,00	2,80
Interaction (Durée × Doses)	99,27	9	11,03	7,08	0,00	2,08
A l'intérieur du groupe	74,75	48	1,56			
Total	1134,61	63				

**Tableaux 8 :** Analyse des variances du mélange ternaire

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Lignes (Doses)	142,05	3	47,35	72,73	0,00	2,80
Colonnes (Semaines)	799,30	3	266,43	409,24	0,00	2,80
Interaction (Durée × Doses)	37,02	9	4,11	6,32	0,00	2,08
A l'intérieur du groupe	31,25	48	0,65			
Total	1009,61	63				

#### III.1.4.2. Analyse par comparaison planifiée (comparaison post hoc LSD)

Après avoir obtenu un test Fisher ou F statistiquement significatif dans l'ANOVA, on souhaite identifier les moyennes qui ont contribué à l'effet ; c'est-à-dire, connaître les groupes qui sont particulièrement différents les uns des autres.

Les tests post-hoc, ou « a posteriori » ne présupposent pas l'existence d'une hypothèse expérimentale préalablement définie. Les procédures existantes sont nombreuses et les différents logiciels de statistiques facilement accessibles (SPSS, Statistica, SAS,), en proposent de nombreuses. Les tableaux 9 et 10, établis avec le logiciel SPSS, font ressortir des différences significatives entre les témoins de vers de terre sans traitement ( $D_0$ ) et les concentrations élevées ( $D_4$ ), des deux mélanges binaires et ternaires dès la première semaine. Entre autre au seuil de 5% les différences sont si évidentes pour

toutes les doses et durant toutes les semaines excepté celle de D<sub>4</sub> et D<sub>3</sub> pour la 2<sup>ème</sup> semaine et entre D<sub>4</sub>; D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> à la 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> semaine pour le premier cocktail puis D<sub>4</sub> et D<sub>3</sub> à la 2<sup>ème</sup> ainsi que le trio D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub>; 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> semaine et ce pour le deuxième cocktail. Ce qui correspond parfaitement aux taux de mortalité des plus élevés entre la population de vers de terre illustrés aux figures 20.

**Tableau 9** : Comparaison post hoc par test LSD du mélange binaire (Dursban & Manébe)

Sem.1	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sem.2	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
D <sub>0</sub>	—	1	1	0,49	0,04	D <sub>0</sub>	—	0,171	0	0	0
D <sub>1</sub>	1	—	1	0,49	0,04	D <sub>1</sub>	0,171	—	0	0	0
D <sub>2</sub>	1	1	—	0,49	0,04	D <sub>2</sub>	0	0	—	0,01	0,001
D <sub>3</sub>	0,492	0,492	0,49	—	0,17	D <sub>3</sub>	0	0	0,007	—	0,492
D <sub>4</sub>	0,042	0,042	0,04	0,17	—	D <sub>4</sub>	0	0	0,001	0,49	—

Sem.3	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sem.4	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
D <sub>0</sub>	—	0	0	0	0	D <sub>0</sub>	—	0	0	0	0
D <sub>1</sub>	0	—	0	0	0	D <sub>1</sub>	0	—	0	0	0
D <sub>2</sub>	0	0	—	0,04	0,04	D <sub>2</sub>	0	0	—	0,17	0,171
D <sub>3</sub>	0	0	0,04	—	1	D <sub>3</sub>	0	0	0,171	—	1
D <sub>4</sub>	0	0	0,04	1	—	D <sub>4</sub>	0	0	0,171	1	—

**Tableau 10**: Comparaison post hoc LSD du mélange ternaire (Décis, Sencor & Piori)

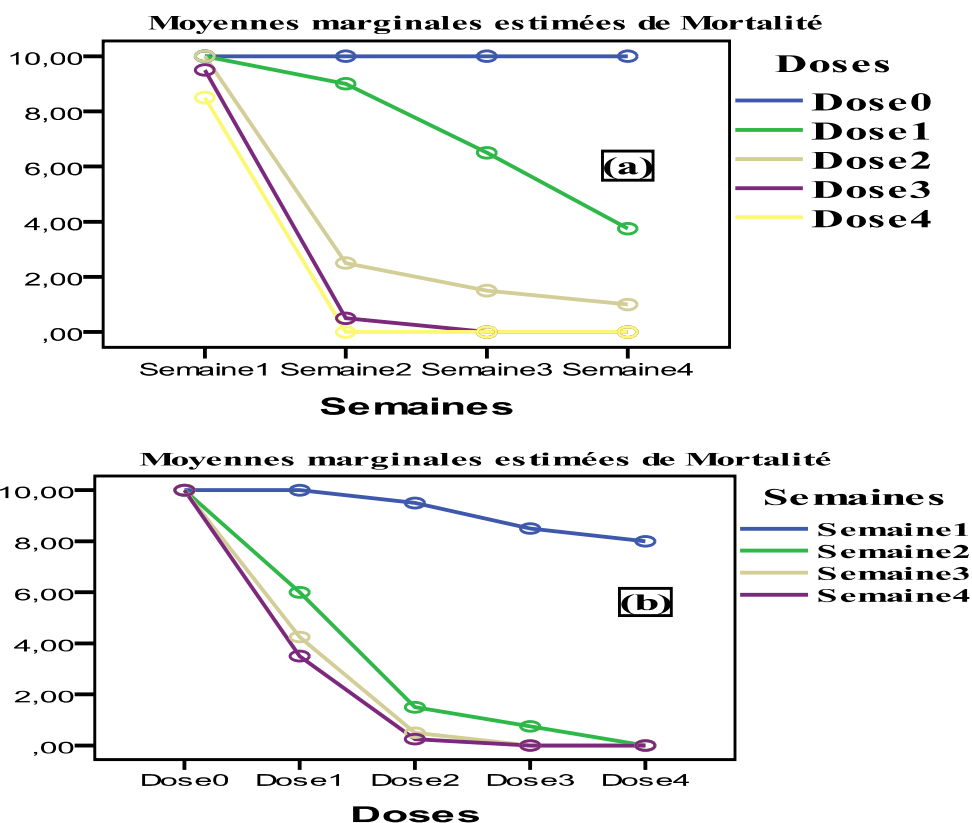
Sem.1	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sem.2	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
D <sub>0</sub>	—	1	0,429	0,02	0,002	D <sub>0</sub>	—	0	0	0	0
D <sub>1</sub>	1	—	0,429	0,02	0,002	D <sub>1</sub>	0	—	0	0	0
D <sub>2</sub>	0	0,429	—	0,12	0,02	D <sub>2</sub>	0	0	—	0,24	0,02
D <sub>3</sub>	0,02	0,02	0,116	—	0,429	D <sub>3</sub>	0	0	0,237	—	0,237
D <sub>4</sub>	0,002	0,002	0,02	0,43	—	D <sub>4</sub>	0	0	0,02	0,24	—

Sem.3	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Sem.4	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
D <sub>0</sub>	—	0	0	0	0	D <sub>0</sub>	—	0	0	0	0
D <sub>1</sub>	0	—	0	0	0	D <sub>1</sub>	0	—	0	0	0
D <sub>2</sub>	0	0	—	0,43	0,429	D <sub>2</sub>	0	0	—	0,69	0,692
D <sub>3</sub>	0	0	0,429	—	1	D <sub>3</sub>	0	0	0,692	—	1
D <sub>4</sub>	0	0	0,429	1	—	D <sub>4</sub>	0	0	0,692	1	—

Sem. : Semaines, D : Doses

On comparant les taux de mortalités dans les deux mélanges, on remarque un déclin considérable du nombre des vers de terre vivants. Pour les faibles doses cela dépend largement du prolongement de la durée d'exposition, ce qui n'est pas le cas des fortes concentrations qui sont létales au bout de quelques jours comme illustrés dans la figure 20.



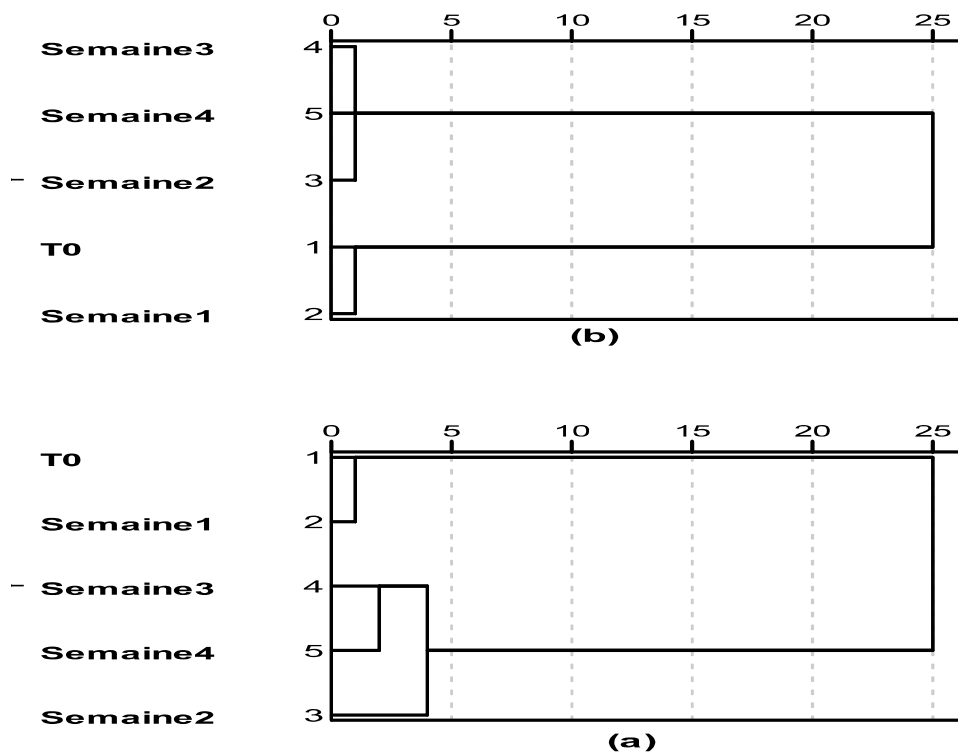
**Figures 20** : Diagrammes des profils de mortalité des deux mélanges, (a) : les concentrations au cours des semaines, (b) : la Durée d'exposition en fonction des concentrations (doses)

### III.1.4.3. Analyse par classification hiérarchique ascendante (CAH)

Les regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification hiérarchique (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus des lombriciens. Ce dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. On travaille à partir des dissimilarités entre les objets que l'on veut regrouper. On peut alors choisir un type de dissimilarité adapté au sujet étudié et à la nature des données, dans notre cas le taux de mortalité des vers de terre en fonction, soit de la durée (semaines) d'exposition soit des concentrations des pesticides (doses) administrées.

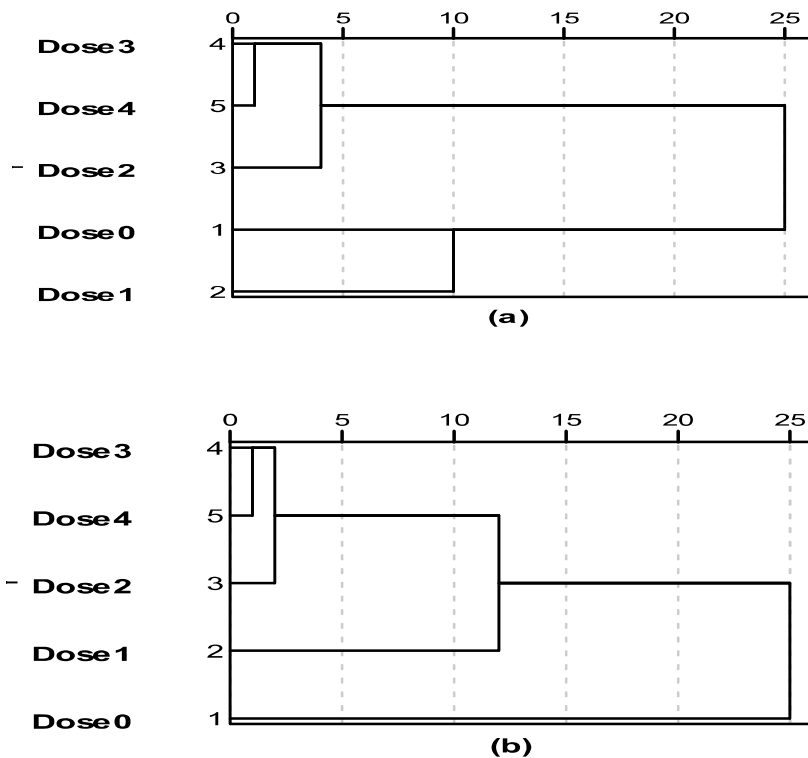


La figure 19 regroupe la classe des témoins avec celle de la 1<sup>ère</sup> semaine vu l'absence de mortalité et cela dans les deux mélanges binaire (**Fig 21 : a**) et ternaire (**Fig 21 : b**), puis un deuxième rapprochement entre la 2<sup>ème</sup> ; 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> semaine qui ont accusées un important déclin dans la population de vers de terre allant de 10% à 100% de mortalité.



**Figure 21 :** Classification hiérarchique ascendante des semaines pour les deux mélanges (a) binaire et (b) ternaire.

La classification hiérarchique des concentrations donnée en figure 20 n'en demeure pas moins différente des précédentes excepté un léger rapprochement de la dose ( $D_1$ ) avec celle des classes plus concentrées pour le mélange ternaire, pour un taux de mortalité de 21,5% pour le mélange Binaire (**Fig. 22 : a**) contre 32,5% pour le mélange ternaire (**Fig. 22 : b**).



**Figure 22** : Classification hiérarchique ascendante des doses pour les deux mélanges (a) binaire et (b) ternaire

## III.2. Discussion des résultats

### III.2.1. Abondances des vers de terre

L'échantillonnage réalisé sur le site de l'Oued Soummam (El Kseur), révèle une dominance de l'espèce *Octodrilus complanatus*, espèce typique des sols peu évolués, calcimagnésiques, hydromorphes, à sesquioxyde de fer et vertisols, à proximité des cours d'eau (Sekhara, 2008). Ce ver de terre représente presque toute la Méditerranée tout entière, il a été signalé dans la petite et grande Kabylie, à la Mitidja et le Nord algérien (Zeriri et al, 2013).

### III.2.2. Essais de toxicité des pesticides sur les lombricidaes

Dans la présente étude, l'expérience élaborer sur une espèce lombricienne basée sur le principe dose-réponse, avec une combinaison de deux mélanges de pesticides l'un binaire avec un organophosphoré et un dithiocarbamate et l'autre avec trois biocides : un pyréthrénoïde de synthèse, un triazine; et un complexe d'organochloré et de strobuline, agissant différemment, les résultats de la toxicité aigüe montrent un effet synergique entre les différentes matières actives composants les deux mélanges de pesticides.

La comparaison des effets du mélange binaire avec les effets prévus de ses composants utilisés seuls, aux concentrations, auxquelles ils sont présents dans le mélange, a révélé différents modèles de toxicité. Les concentrations de Dursban (chlorpyrifos) présentes dans le mélange peuvent provoquer des effets similaires à celles appliquées seules à savoir une toxicité aigüe avec un taux de mortalité élevé au sein des vers de terre, Alors qu'aucun effet important du Manébe (dithiocarbamate) n'est attendu à ces mêmes concentrations lorsqu'elles sont appliquées seules. Cela peut indiquer probablement une synergie entre les différentes substances du cocktail. Ce mélange a été établi sur la base de l'étude des toxicités aiguës individuelles des pesticides précédemment réalisée par Yesguer en (2015) avec l'espèce *Aporrectodea caliginosa caliginosa*, le Manébe étant le moins toxique des deux biocides. Par conséquent, le Dursban, étant très toxique pour les vers de terre, la toxicité du mélange était donc principalement influencée par l'insecticide. Tel était le cas du deuxième mélange des trois pesticides ; le pyréthrénoïde, Décis étant le moins toxique des trois, la toxicité était alors partagée par l'insecticide ; Priori opti, et l'herbicide ; Sencor, l'effet individuel de l'insecticide tester avec *Aporrectodea caliginosa caliginosa*, dans une autre étude (thèse non soutenue. Gueddou et Nedjaa, 2017), s'est révélé très toxique.

Ces résultats concordent avec d'autres travaux effectués avec un mélange de trois pesticides de mêmes catégories, seuls et en mélanges. L'Esfenvalerate, pyréthroïde, agissant comme antagoniste du canal sodique, perturbant le système nerveux des arthropodes (Tomlin, 1994) et peut-être aussi des Lumbricidae en raison des similitudes dans le système nerveux (Scholtz, 2002) ; le fongicide strobilurine picoxystrobine perturbe la respiration des champignons et probablement aussi des invertébrés du sol en inhibant le complexe III cytochrome bc1 au site Qo (Krieger, 2001). Par conséquent, la picoxystrobine peut affecter directement et indirectement les vers de terre en réduisant les champignons du sol et donc leur sources de nutriment (Bonkowski et al. 2000) ; ainsi que le triclosan un organochloré utilisé dans de nombreux produits de consommation, atteint le sol principalement par des modifications avec les boues actives des stations d'épuration (Amorim et al., 2010). Cet organochloré inhibe la synthèse des acides gras dans les bactéries et peut altérer la transcription des gènes (Jang et al., 2008). Il a également été démontré qu'il peut être génotoxique pour *E. fetida* (Lin et al. 2010).

Les trois biocides sont susceptibles d'être trouvés dans les sols arables en raison de la pulvérisation de produits phytopharmaceutiques et de l'application de boues d'épuration, et semblent être toxiques pour les vers de terre (esfenvalerate: EFSA, 2013, Schnug et al., 2014a, picoxystrobine : Ctgb, 2005, Schnug et al., 2013, Schnug et al., 2014a, Wang et al., 2012, triclosan: Amorim et al. Schnug et al., 2013; Schnug et al., 2014a; le mélange: Schnug et al., 2013).

La toxicité et les effets histopathologiques de l'atrazine un herbicides de la famille des triazine sur, *Nsukkadrilus mbae*, ont rapporté des effets indésirables et significatifs. De nombreuses activités enzymatiques sont considérées comme bioindicateurs de la pollution de l'environnement. Ces enzymes possèdent des activités antioxydantes et peuvent défendre les cellules contre les effets indésirables de la concentration des dérivés réactifs de l'oxygène (DRO), jouant un rôle important dans la communication de la cellule, qui cependant augmentent significativement en période de stress due à l'exposition aux pesticides et par conséquent peuvent endommager les structures cellulaires, ce qu'on appelle le stress oxydant. Les manifestations histopathologiques de l'exposition de *N. mbae* à l'herbicide comprenaient des dommages à la couche chlorogène, des lésions des tissus épithéliaux ; L'élargissement glandulaire des tissus épithéliaux, formation de vacuoles proéminentes et des cellules pycnotiques. Le résultat de l'étude a montré que les données sur la mortalité et l'histopathologie pourraient être utilisées dans l'évaluation du risque environnemental de l'atrazine (Oluah et al., 2010).

Selon (Wang et al., 2015), les insecticides néonicotinoïdes tels que l'imidaclopride, l'acétamipride, le nitenpyram, la clothianidine et le thiaclopride ; leur succès tient notamment à l'impact plus modéré de leur toxicité sur les neurones des mammifères, par rapport aux précédents insecticides utilisés : les organophosphorés et les carbamates, sont toxiques pour les vers de terre et peuvent inhiber de manière significative la fécondité et l'activité de la cellulase chez *E. fetida* et endommager également les cellules épidermiques et intestinales du lombric.

Dans le cas du carbaryl, le cholinestérase (ChE) est inhibé même à de faibles doses et des durées d'exposition courtes chez *E. fetida*. En outre, Les enzymes du métabolisme des xénobiotiques, dont les cytochromes P450 (CYP), jouant un rôle central dans la biotransformation, sont aussi, inhibées par ce pesticide, mais dans une moindre mesure. (Shi-ping et al., 2007) ont indiqué que le chlorpyrifos a un impact négatif sur la croissance et la reproduction des vers de terre, mais cela dépend largement de la concentration des pesticides et de la période d'exposition. (Lydy et Linck., 2003) ont rapporté que la toxicité résultante due à l'exposition de *E. fetida* au chlorpyrifos en combinaison avec de l'atrazine ou de la cyanazine, était supérieure à l'effet additif.

Ahmed (2013) a étudié l'influence de quatre pesticides (Cyren chlorpyrifos, Ridomil Triplen et Mamba) sur *Lumbricus terrestris* et a indiqué qu'il y a une perte de poids dans toutes les cultures et que les symptômes de toxicité sont l'enroulement, le gonflement du corps, décharge du liquide coelomique, effets constatés dans notre étude lors de la période d'exposition d'*Octodrilus complanatus* aux deux mélanges. L'étude a montré que Cyren était le plus toxique alors que Triplen et Mamba étaient modérés et Ridomil était le pesticide le moins toxique. (Yasmin et D'Souza., 2010) ont également conclu que le traitement des pesticides (carbendazime, diméthoate et glyphosate), indépendamment ou en mélange, est préjudiciable à la croissance et la reproduction *E. fetida*. Une autre étude a rapporté que le profenofos a non seulement causé la toxicité directe mais a également montré des changements histologiques et morphologiques significatifs dans la paroi épidermique d'*E. fetida* (Reddy et Rao 2008).

## **Conclusion et perspectives**

L'utilisation intensive et inappropriée de mélanges de pesticides dans la vallée de Soummam l'une des zones humide les plus fertiles du bassin versant de la Soummam réservoir de diverses populations lombriciennes contribue largement à la diminution de leur densité et de leur biodiversité dans les champs cultivés, ce qui affecte le sol et ces caractéristiques physico-chimiques et pourrait modifier considérablement sa fonction, pertinente pour la production végétale. Il s'agit notamment des perturbations de l'écologie des vers de terre dans le sol.

Dans l'évaluation des risques environnementaux dus aux pesticides, l'estimation des effets toxiques de substances utilisées seules sur les espèces lombriciennes à partir des données de toxicité aiguë est souvent nécessaire. Mais pour l'étude des mélanges de telles études semblent difficiles à appliquer. Dans cette étude, les résultats de toxicité aiguë des différents mélanges ont été comparés. Les paramètres classiquement étudiés comme la mortalité pour le test aigu ont donnés des résultats très alarmants. Ces paramètres couramment utilisés ont été choisis car les modes d'action de ces substances à différentes concentrations en mélanges ne sont pas connus.

De façon similaire nous avons montré que les résultats pouvaient être en fonction du temps d'exposition. Les expérimentations réalisées sur les substances seules ont montré une très forte variation de la toxicité des organophosphoré et organochlorés comparés aux pyréthrinoides de synthèse, aux dithiocarbamates et les delataméthrines, qui pourraient expliquer les différences de conclusion pour l'étude des effets du mélange. Le choix du temps d'exposition pour étudier les effets d'un mélange est donc un paramètre très important à prendre en compte avant de tirer des conclusions générales sur la toxicité d'un mélange. Il semble donc judicieux d'étudier les interactions à différents temps d'exposition.

La démarche pour l'étude des effets d'un mélange, après avoir identifié le type d'interaction entre ses composants, est de déterminer à quel niveau se situait l'interaction. Les interactions entre deux substances d'un mélange peuvent avoir lieu à différents niveaux:

◆ Au niveau de la biodisponibilité :

En effet, dans un mélange les substances peuvent interagir chimiquement et modifier la spéciation chimique (distinction entre différentes formes de liaisons

possible).

◆ Au niveau de la concentration au niveau du site d'action :

Ces interactions sont alors qualifiées de toxico-cinétiques. Elles ont lieu quand un des composants d'un mélange joue sur la concentration d'un autre composant au niveau du site d'action.

◆ Au niveau des mécanismes d'action :

Ces interactions, appelées interactions toxico-dynamiques, ont lieu quand un des composants d'un mélange modifie la réponse d'un autre composant.

Cette démarche permettrait alors de mieux appréhender les mécanismes d'interaction des composants d'un mélange de pesticide et de minimiser ainsi les effets néfastes sur les différentes communautés lombriciennes en générale et l'écosystème en particulier.

Enfin, les méthodes de biosurveillance peuvent être utilisées pour mieux appréhender les impacts des pesticides sur l'environnement et ainsi compléter les évaluations des risques. Les études *in situ* apportent des informations complémentaires notamment sur la nature et l'intensité de la contamination, sur l'exposition en intégrant les échelles spatiales et temporelles et sur les effets toxiques aux différents niveaux d'organisation. En plus de son caractère intégrateur, la réponse mesurée a une signification biologique et/ou écologique, même si tous les facteurs causaux ne sont pas connus ou identifiés avec précision. En termes de biosurveillance, il ya lieu de distinguer la bioindication passive (utilisation d'individus ou de communautés naturellement présents dans la zone d'étude) ou active (introduction d'espèces accumulatrices et/ou sentinelles dans le milieu étudié). Il faut également distinguer la biosurveillance sensible (utilisation d'organismes vivants) et la biosurveillance par accumulation (Mesure des teneurs en contaminants dans les organismes), celle-ci est estimée à partir des propriétés lipophiles des substances (affinité pour les tissus adipeux) : basés sur des méthodes d'extraction (La méthode d'extraction liquide-liquide (LLE) et la méthode de micro extraction en phase solide (SPME)). La biosurveillance dite sensible consiste quant à elle à mesurer la réponse des organismes au stress causée par la pollution. Cette réponse peut être évaluée par des bioessais (léthalité, effets sur la reproduction ...), des biomarqueurs (réponses moléculaires, cellulaires ou physiologiques) et des bio-indicateurs (présence/absence d'un organisme sentinelle). Ces méthodes sont extrêmement pertinentes car elles informent sur les conséquences écologiques des pollutions sur la biosphère.

## Références bibliographiques

Abbot W. S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18 :265-267.

Ahmed ST., 2013. The impact of four pesticides on the earthworm *Lumbricus terrestris* (Annelida; Oligochaeta). *Int J Curr Res Rev* 5(21):15

ANONYME., 2006. Profil National pour l'Evaluation des capacités de Gestion Rationnelle des Produits chimiques, 60p:13.

Amorim MJB, Oliveira E, Soares A, Scott-Fordsmand JJ., 2010. Predicted no effect concentration (PNEC) for triclosan to terrestrial species (invertebrates and plants). *Environ Int* ;36:338-43

Baldi I., Filleul L., Mohammed-Brahim B., Fabrigoule C., Dartigues J.F., Schwall S., Drevet J.P., Salamon R., Brochard P., 2001. : Neuropsychologic effects of long-term exposure to pesticides: results from the French Phytoner study. *Environ Health Perspect*, ; 109 : 839-44.

Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G., 1996. Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformations et dissipation. *Etud. Gest. Sols* 3/4, 279-295 (Numéro spécial).

Bonkowski M., 2000. Griffiths BS, Ritz K. Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia*;44:666-76.

Benadjal Nadia., 2012. *Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre Meloidogyne incognita (Nematoda : Meloidogynidae)*. Thèse Magistère : Ecologie des communautés biologiques.

BOUCHÉ M.B., 1972. - Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. *Ann. Zool. Eco!Anima.Hors-sér.*, 671pp.



- BOUCHÉ M.B., 1977. - Stratégies lombriciennes. Bull Ecol. Paris, 25, 122-1 32.
- BOUZIANI M., 2007. L'usage immodéré des pesticides: De graves conséquences sanitaires. Le guide de la médecine et de la santé en Algérie. Santemaghreb.com. 4p.
- Brown G.G., Barois I. & Lavelle P., 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.*, **36**(3-4), 177-198. Copyright © 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved
- Ctgb. Acanto., 2005. College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (Board for the Authorisation of Plant Protection Products and Biocides). [http://www.ctb.agro.nl/ctb\\_files/12432\\_05.html](http://www.ctb.agro.nl/ctb_files/12432_05.html), [12.1.2014].
- Dinham, B., 2005. Agrochemical markets soar—Pest pressures or corporate design? *Pesticide News*. <http://www.pan-uk.org/pestnews/Issue/pn68/pn68p9.htm>. Accessed 1 Dec 2012.
- David Pimentel•Rajinder Peshin., 2014 *Integrated Pest Management Pesticide Problems*, Vol. 3., 6 : 23-24. © Springer NewYork Heidelberg Dordrecht London ISBN 978-94-007-7795-8
- EFSA., 2013. Draft risk assessment report of the active substance “esfenvalerate”. Regulation (EC) No. 11/07/2009 of the European Council Parliament. European Food Safety Authority.
- Eijsackers, H. 1994. Soil ecotoxicology: finding the way in a pitch dark labyrinth, in M. Donkers, H. Eijsackers, and F. Heimbach, Eds., *Ecotoxicology of Soil Organisms*, Lewis Publishers, Chelsea, MI, pp. 1.23.
- Feron, V.J., Cassee, F.R., Groten, J.P., 1998. Toxicology of chemical mixtures: International perspective. *Environmental Health Perspectives*, 106, 1281-1289.

Guo, H; Chen, G F; Lv, Z P; Zhao, H, & Yang, H., 2009. Alteration of microbial properties and community structure in soils exposed to napropamide. *Journal of Environmental Sciences-China*, 21, 4, 494-502, 1001-0742

Gupta S, Kushwah T, Yadav S (2014a) Role of earthworms in promoting sustainable agriculture in India. *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 3(7):449–460

Gupta R, Yadav A, Garg VK (2014b) Influence of vermicompost application in potting media on growth and flowering of marigold crop. *Int J Recycl Org Waste Agric* 3(1):1–7

Greco, W. R., G. Bravo, 1995. The search for synergy: a critical review from a response surface perspective. *Pharmacol. Rev.* 47, 331-385.

Groten JP, Feron VJ, Suhnel J. 2001. Toxicology of simple and complex mixtures. *Trends Pharmacol Sci* 22:316-322.

HENDORF U., ET ANGERER J., 2001. Metabolites Of Pyrethroïdes in an urin specimen: current exposure in an urban population in Germany. *Env. Health Perspectives*. Vol. 109 n°3.

Hendrix, P F., 1996. Nearctic earthworm fauna in the southern USA: Biodiversity and effects on ecosystem processes. *Biodiversity and Conservation*, 5, 2, 223-234, 0960- 3115.

Islam, M. & Tanaka, M., 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 7-8, 624–649, ISSN 0025-326X.

ISO. Qualité du sol – Effets des polluants vis-à-vis des vers de terre – Partie 1 : Détermination de la toxicité aiguë vis à vis de *Eisenia fetida/Eisenia andrei*, Organisation internationale de normalisation, Norme internationale ISO/DIS 11268-1, 2011.

Jager T, Fleuren RHLJ, Hogendoorn EA, de Korte G., 2003 Elucidating the routes of exposure for organic chemicals in the earthworm, *Eisenia andrei* (oligochaeta). *Environ Sci Technol*; 37:3399–404.

Jang H-J, Chang M, Toghrol F, Bentley W., 2008. Microarray analysis of toxicogenomic effects of triclosan on *Staphylococcus aureus*. *Appl Microbiol Biotechnol*; 78: 695–707.

Janos P, Vávrová J, Herzogová L, Pilařová V (2010) Effects of inorganic and organic amendments on the mobility (leachability) of heavy metals in contaminated soil: a sequential extraction study. *Geoderma* 159:335–341

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

Kadji H., 2010. Impact des perturbateurs endocriniens sur l'appareil reproducteur de *Barbus callensis* pêché dans l'oued Soummam (Bejaia, Algérie) thèse de doctorat, laboratoire de zoologie appliquée et d'écophysiologie animale, faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Bejaïa, Algérie.

Kanrim, M. A., 1997. Pesticides profiles: Toxicity Environmental Impact and Fate. Florida, USA: Lewis Publishers *apud* Martins, M. D., Fernandes, C. S., Valente, J. T. Water contamination by pesticides. Case study: pesticides research in the Lower Cávado River Basin. In: World Water Congress, 4, 2004, Marrakesh. [*Anais eletrônicos...*] Marrakesh: IWA, 2004. 1 CD- ROM.

Krieger R. Handbook of pesticide toxicology. 2nd ed., 2001 San Diego, CA, USA: Academic Press;

Lavelle. P., 1988. Earthworms and the soil system. *Biol Fertil Soils* 6:237–251

Brown G.G., 1995. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant Soil*, **170**(1), 209-231.

Lee K.E., 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soil and land use. New York, NY, USA: Academic Press, Inc.

Leo M.L. Nollet and Hamir S. Rathore., 2010 *Handbook of pesticides methods of pesticide residues analysis*. United States of America. © By Taylor and Francis Group, LLC. ISBN 978-1-4200-8245-6 (alk. paper)

Lim SL, Wu TY., 2015 Determination of maturity in the vermicompost produced from palm oil mill effluent using spectroscopy, structural characterization and thermogravimetric analysis. *Ecol Eng* 84:515–519

Lin D, Zhou Q, Xie X, Liu Y., 2010 Potential biochemical and genetic toxicity of triclosan as an emerging pollutant on earthworms (*Eisenia fetida*). *Chemosphere* ; 81:1328–33.

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

Luo, Y Z & Zhang, M H. (2010a). Spatially distributed pesticide exposure assessment in the Central Valley, California, USA. *Environmental Pollution*, 158, 5, 1629-1637, 0269-7491.

Luo, Y Z & Zhang, M H. (2010b). Spatially distributed pesticide exposure assessment in the Central Valley, California, USA. *Environmental Pollution*, 158, 5, 1629-1637, 0269-7491.

Lydy MJ, Linck SL., 2003. Assessing the impact of triazine herbicides on organophosphate insecticide toxicity to the earthworm *Eisenia fetida*. *Arch Environ Contam Toxicol* 45(3):343–349

Mahar, A.M., Watzin M.C., 2005. Effects of metal and organophosphate mixtures on *Ceriodaphnia dubia* survival and reproduction. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24, 1579-1586.

Martins, M.D.; Fernandes, C.S. & Valente, J.T., 2004. Water contamination by pesticides. Case study: pesticides research in the Lower Cávado River Basin. In: World Water Congress, 4, 2004, Marrakesh. [*Proceedings...*] IWA, Marrakesh. 1 CD-ROM.

MICHAELSEN W., 1928.- Oligochaeta; n: Kukenthal, Handbuch der Zoologie, Vermes, Polymera, 2, 1-118.

Mosa WFAEG, Paszt LS, Frą M, Trzeciński P., 2015. The role of biofertilization in improving apple productivity—a review. *Adv Microbiol* 5(01):21

Oluah NS, Obeizue RNN, Ochulor AJ, Onuoha E., 2010. Toxicity and Histopathological effect of atrazine (herbicide) on the earthworm *Nsukkadrilus mbae* under laboratory conditions. *Anim Res Int* 7(3):1287–1293

Patangray AJ., 2014. Vermicompost: beneficial tool for sustainable farming. *Asian J Multidisciplinary Stud* 2(8)

Pathma J, Sakthivel N., 2012. Microbial diversity of vermicomposts bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus* 1:1–26

Rathore HS, Nollet LM (Eds)., 2012. Pesticides: evaluation of environmental pollution. CRC Press

Reddy NC, Rao JV. 2008. Biological response of earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos. *Ecotoxicol Environ Saf* 71(2):74–582

Reis, M R; Silva, A A; Freitas, M A M; Pereira, J L; Costa, M D; Picanco, M C; Ferreira, E A; Belo, A F; Coelho, A T C P, & Silva, G R., 2009. Impact of Glyphosate Associated with Insecticide and Fungicide Application on the Microbial Activity and Potential Phosphate Solubilization in Soil Cultivated with Roundup Ready (R) Soybean. *Planta Daninha*, 27, 4, 729-737, 0100-8358.

Robert Krieger: *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*, Third Edition v.1., 2010 Copyright © 1991, 2001, Elsevier Inc. All rights reserved © 2001 Elsevier Inc. All rights reserved. ISBN: 978-0-12-374367-1

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

Schnug L, Jensen J, Scott-Fordsmand JJ, Leinaas HP. (2014a). Toxicity of three biocides to springtails and earthworms in a soil multi-species (SMS) test system. *Soil Biol Biochem* 74:115–26.

Schnug L, Leinaas HP, Jensen J., (2014b). Synergistic sub-lethal effects of a biocide mixture on the springtail *Folsomia fimetaria*. *Environ Pollut*; 186:158–64.

Schnug L, Jakob L, Hartnik T., 2013. The toxicity of a ternary biocide mixture to two consecutive earthworm (*Eisenia fetida*) generations. *Environ Toxicol Chem* ; 32:937–47.

Sekhara, 2008. Etude bioécologique des Oligochètes du Nord de l'Algérie institut agronomique El-Harrach. Thèse de doctorat d'état en science agronomique soutenue le 22/01/ 2008, pages, 16:22-57; 62.

Shi-ping Z, Chang-qun D, Hui F, Yu-hui C, Xue-hua W, Ze-fen Y., 2007. Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *J Environ Sci* 19:854–858

Singh S, Singh J, Vig AP., 2016. Earthworm as ecological engineers to change the physico-chemical properties of soil: soil vs vermicast. *Ecol Eng* 90:1–5

Srimurali S, Govindaraj S, Krishna Kumar S, Babu Rajendran R., 2015. Distribution of organochlorine pesticides in atmospheric air of Tamilnadu, southern India. *Int J Environ Sci Technol* 12(6):1957–1964

Tietjen, K., 2003. Mode of action research for novel crop protection products. Oral presentation.

Testud F., Grillet J.P. : Insecticides organophosphorés, carbamates, pyrèthrinoïdes de synthèse et divers. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Toxicologie-Pathologie professionnelle*, Elsevier, Paris, 2007, 16059 C10.

Toshiyuki Katagi and Keiko Ose., 2015. *Toxicity, bioaccumulation and metabolism of pesticides in the earthworm* © Pesticide Science Society of Japan

Vanita C, Piar C, Avinash N, Kaur JK, Yogesh P., 2014. Evaluation of heavy metals contamination and its genotoxicity in agricultural soil of Amritsar, Punjab, India. *Int J Res Chem Environ* 4(4):20-28

Wang Y, Wu S, Chen L, Wu C, Yu R, Wang Q, et al., 2012. Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*; 88:484–91.

Wang K, Pang S, Mu X, Qi S, Li D, Cui F, Wang C., 2015. Biological response of earthworm, *Eisenia fetida*, to five neonicotinoid insecticides. *Chemosphere* 132:120–126

Yasmin, S., IYSouza, D, 2010. Effects of pesticides on the growth and reproduction of earthworm: a review. *Appl Environ. Soil Sci.* 2010,1—9.

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 et al., 2013. Contribution to the identification of Oligochaeta: Lumbricidae in the region of Annaba in eastern Algeria. Laboratory of Cellular Toxicology, Department of Biology, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar Annaba University, Annaba, Algeria  
Department of Biology, Ecole Normale Supérieure de Kouba, Algiers, Algeria, 232 pages

Zhou S, Duan C, MichelleWHG, Yang F, Wang X., 2011. Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm. *J Environ Sci* 23(4):676–680

## **Annexe1**

La méthode suivante est décrite à l'annexe C de la norme ISO DIS 11268-2 (1).

Prélever une quantité déterminée (10 g, par exemple) du sol expérimental servant de substrat dans un creuset, placer-le sur un support dans un bain d'eau. Le creuset doit être progressivement submergé jusqu'à ce que le niveau d'eau dépasse le sommet de la carotte de sol. Laisser le récipient dans l'eau durant environ trois heures. Comme l'eau absorbée par les capillaires du sol ne peut pas être retenue en totalité, laisser l'échantillon de sol dégorger durant deux heures, Peser l'échantillon du sol égoutté et sécher à  $103^{\circ}\text{C} \pm 2$  jusqu'à ce qu'il atteigne une masse constante. La capacité de rétention en eau (CRE) se calcule comme suit :

$$CRE = \frac{S-T-D}{D} \times 100$$

Où :

CRE (en % de masse sèche) : capacité de rétention en eau

S = masse du substrat saturé en eau + masse du creuset

T = tare (masse du creuset)

D = masse sèche du substrat.



## Annexe2

**Matrice de proximité**

	Distance euclidienne				
	1:Dose0	2:Dose1	3:Dose2	4:Dose3	5:Dose4
1:Dose0	,000	43,000	100,000	118,000	130,000
2:Dose1	43,000	,000	57,000	75,000	87,000
3:Dose2	100,000	57,000	,000	18,000	30,000
4:Dose3	118,000	75,000	18,000	,000	12,000
5:Dose4	130,000	87,000	30,000	12,000	,000

Matrice de distance euclidienne des concentrations pour le test de toxicité aigu du mélange  
Binaire

### Annexe3

Matrice de proximité

	Distance euclidienne				
	1:Dose0	2:Dose1	3:Dose2	4:Dose3	5:Dose4
1:Dose0	,000	65,000	111,000	119,000	126,000
2:Dose1	65,000	,000	46,000	54,000	61,000
3:Dose2	111,000	46,000	,000	8,000	15,000
4:Dose3	119,000	54,000	8,000	,000	7,000
5:Dose4	126,000	61,000	15,000	7,000	,000

Matrice de distance euclidienne des concentrations pour le test de toxicité aigu du mélange Ternaire

## Annexe4

**Matrice de proximité**

	Distance euclidienne				
	1:T0	2:Semaine1	3:Semaine2	4:Semaine3	5:Semaine4
1:T0	,000	8,000	127,000	141,000	145,000
2:Semaine1	8,000	,000	119,000	133,000	137,000
3:Semaine2	127,000	119,000	,000	14,000	18,000
4:Semaine3	141,000	133,000	14,000	,000	4,000
5:Semaine4	145,000	137,000	18,000	4,000	,000

Matrice de distance euclidienne des semaines pour le test de toxicité aigu du mélange Binaire

## Annexe5

**Matrice de proximité**

	Distance euclidienne				
	1:T0	2:Semaine1	3:Semaine2	4:Semaine3	5:Semaine4
1:T0	,000	10,000	112,000	128,000	141,000
2:Semaine1	10,000	,000	102,000	118,000	131,000
3:Semaine2	112,000	102,000	,000	16,000	29,000
4:Semaine3	128,000	118,000	16,000	,000	13,000
5:Semaine4	141,000	131,000	29,000	13,000	,000

Matrice de distance euclidienne des semaines pour le test de toxicité aigu du mélange  
Ternaire

## Résumé

L'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement innombrables, suscite beaucoup d'interrogations ces dernières années. Les zones agricoles de la vallée de la Soummam en est un exemple type de ce genre de pratique. Insecticides, herbicides et fongicides sont d'autant de produits phytosanitaires utilisés en mélange et dont l'effet combiné et totalement ignoré. Dans le cadre de la biosurveillance nous avons utilisé un invertébré de la famille des lumbricidae, *Octodilus complanatus* comme bioindicateur des sols pollués collecter tous près des terres arables non loin du cours d'eau de la Soummam. Un test de toxicité aiguë est effectué afin de déterminer les doses létales médianes DL<sub>50</sub> d'un cocktail de deux mélanges de pesticides sur ces vers de terre, l'un Binaire avec : Un organophosphoré, Dursban (chlorpyréphos), à des concentrations de 45, 90, 360 et 720mg/l et un dithiocarbamate, Manébe (éthylène bis de manganèse), avec 50, 100, 400 et 800mg/l, et l'autre Ternaire avec : l'insecticide Décis (deltaméthrine) à des concentrations de 1.56, 3.125, 6.25, et 12.5mg/l, et 87.5, 175, 350 et 700mg/l pour l'herbicide : Sencor (métribuzine) en plus d'un fongicide Priori Opti, combinaison de deux matières actives : chlorothalonil et azoxystrobine avec : 150, 300, 600, et 1200mg/l de concentrations, ajouter à cela des lots de témoins sans traitement. Un test statistique ANOVA et un modèle de régression linéaire généralisé (MLG) sur logiciel SPSS sont effectués et on a pu déterminer les doses induisant 50% de mortalité au sein des lombrics avec la fonction probit. Le test a révélé des résultats critiques au bout de 14 jours avec un seuil correspondant aux valeurs les plus faibles des deux mélanges loin des concentrations homologuées utilisées sur le terrain. Les organophosphorés et les organochlorés en sont les plus toxiques avec une mortalité de 100% en 7 jours d'exposition pour les doses fortes.

**Mots clés** : Toxicité aiguë, vers de terre, pesticides, biosurveillance, bioindicateur, DL50

## Summary

The use of pesticides, the undesirable effects of which are unfortunately numerous, raises many questions in recent years. The agricultural zones of the Soummam valley are a typical example of this type of practice. Insecticides, herbicides and fungicides are all phytosanitary products used in mixture and whose combined effect is totally ignored. In the framework of biomonitoring, we used an invertebrate of the family of lumbricidae, *Octodilus complanatus* as bioindicator of the polluted soil collected all near arable land not far from the stream of the Soummam. An acute toxicity test is performed to determine the median lethal LD50 doses of a cocktail of two mixtures of pesticides on these earthworms, one Binary with: An organophosphorus, Dursban (chlorpyrephos), at concentrations of 45, 90.360 and 720mg/l and a dithiocarbamate, Maneb (manganese ethylene bis), with 50, 100, 400 and 800mg/l, and the other Ternary with: Decis insecticide (deltamethrin) at concentrations of 1.56, 6.25, and 12.5mg/l, and 87.5, 175, 350 and 700mg/l for the herbicide: Sencor (metribuzin) in addition to a Piori Opti fungicide, combination of two active ingredients: chlorothalonil and azoxystrobin with 150, 300, 600, and 1200mg/l of concentrations, add batches of controls without treatment. An ANOVA statistical test and a generalized linear regression model (GLM) were performed and the doses inducing 50% mortality in earthworms with the probit function were determined. The test revealed critical results after 14 days with a threshold corresponding to the lowest values of the two mixtures far from the homologous concentrations used in the field. Organophosphates and organochlorines are the most toxic with 100% mortality in 7 days of exposure for high doses for both mixtures.

**Key words:** Acute toxicity, earthworms, pesticides, biosurveillance, bioindicator, LD50

## ملخص

استخدام المبيدات الحشرية التي كثيرة لها هي للأسف الآثار الجانبية، ويثير العديد من التساؤلات في السنوات الأخيرة. المناطق الزراعية في وادي الصومام هو مثال نموذجي لهذا النوع من الممارسة. المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات كل المنتجات النباتية المستخدمة في الخلطات الذي لها تأثير اندماجي ويتجاهلها تماما الكثير. كجزء من تجربة الرصد الحيوي قمنا باستخدام صنف اللاقاريات من دود الأرض (*Lumbricidae*) : *complanatus* *Octodilus* كمؤشرات بيولوجية للتربة الملوثة التي تم جمعها بالقرب من الأراضي الصالحة للزراعة التي لا تبعد كثيرا عن نهر الصومام. تم إجراء اختبار السمية الحادة لتحديد متوسط (LD50) كجرعة قاتلة في مزيج من اثنين من خليط من المبيدات على هذه الديدان، واحد مع ثنائي: (الفسفورية العضوية)، Dursban (الكلوربيريفوس) بتركيزات 45،90،360 و 720 ملغم / لتر و(Maneb ( dithiocarbamate) (اثيلين المنغنيز مكرر)، مع 50، 100، 400 و 800 ملغم / لتر ، والأخر ثلاثي مع decis: مبيدات الحشرات (الدلتاميثرين) بتركيزات 1.56، 3.125، 6.25، 12.5 ملغم / لتر، و 5، 87، 175، 350 و 700 ملغم / لتر بالنسبة لمبيدات الأعشاب Sencor (metribuzin): بالإضافة إلى بريوري مبيدات الفطريات، الذي هو مزيج من اثنين من المواد الفعالة: (azoxystrobin و chlorothalonil) مع : 150، 300، 600، و 1200 من التركيزات في ملغم / لتر، إضافة إلى عينة شهود من دود الأرض بدون معالجة. يتم تنفيذ اختبار ANOVA الإحصائي، ونموذجاً للتعميم الانحدار الخطي (MLG) على برنامج SPSS وأنه تم تحديد جرعة قاتلة 50% من عدد الوفيات في ديدان الأرض مع وظيفة (Probit) الاحتمالية. كشفت نتائج الاختبار عتبة حرجة بعد 14 يوما مطابقة لأدنى القيم في كلتا الحالتين بعيدا عن التركيزات المستخدمة في هذا المجال في الأراضي الزراعية. الفوسفات العضوية ومركبات الكلور العضوية أكثر سمية مع عدد وفيات 100% في 7 أيام من التعرض لجرعات لكلا المخاليط الثنائية والثلاثية

**كلمات الإفتتاح :** السمية الحادة، ديدان الأرض المبيدات الحشرية الرصد الحيوي مؤشرات بيولوجية، جرعات قاتلة متوسطة (ج.ق. 50)

## Résumé

L'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement innombrables, suscite beaucoup d'interrogations ces dernières années. Les zones agricoles de la vallée de la Soummam en est un exemple type de ce genre de pratique. Insecticides, herbicides et fongicides sont d'autant de produits phytosanitaires utilisés en mélange et dont l'effet combiné et totalement ignoré. Dans le cadre de la bio surveillance nous avons utilisé un invertébré de la famille des lumbricidae, *Octodilus complanatus* comme bio indicateur des sols pollués collecter tous près des terres arables non loin du cours d'eau de la Soummam. Un test de toxicité aigue est effectuer afin de déterminer les doses létales médianes DL<sub>50</sub> d'un cocktail de deux mélanges de pesticides sur ces vers de terre, l'un Binaire avec : Un organophosphoré, Dursban (chlorpyréphos), à des concentrations de 45, 90,360 et 720mg/l et un dithiocarbamate, Manébe (éthylène bis de manganèse), avec 50, 100, 400 et 800mg/l, et l'autre Ternaire avec : l'insecticide Décis(deltamethrine) à des concentrations de 1.56, 3.125, 6.25, et12.5mg/l, et 87.5, 175, 350 et 700mg/l pour l'herbicide : Sencor (métribuzine) en plus d'un fongicides Priori Opti , combinaison de deux matières actives : chlorothalonil et azoxystrobine avec :150, 300, 600, et 1200mg/l de concentrations, ajouter à cela des lots de témoins sans traitement. Un test statistique ANOVA et un model de régression linaires généralisé (MLG) sur logiciel SPSS sont effectués et on a pu déterminer les doses induisant 50% de mortalité au sein des lombrics avec la fonction probit. Le test à révélé des résultats critiques au bout de 14 jours avec un seuil correspondant aux valeurs les plus faibles des deux mélanges loin des concentrations homologués utilisées sur le terrain. Les organophosphorés et les organochlorés en sont les plus toxiques avec une mortalité de 100% en 7 jours d'exposition pour les doses fortes.

**Mots clés** : Toxicité aigue, vers de terre, pesticides, bio surveillance, bio indicateur, DL50

## Summary

The use of pesticides, the undesirable effects of which are unfortunately numerous, raises many questions in recent years. The agricultural zones of the Soummam valley are a typical example of this type of practice. Insecticides, herbicides and fungicides are all phytosanitary products used in mixture and whose combined effect is totally ignored. In the framework of biomonitoring, we used an invertebrate of the family of lumbricidae, *Octodilus complanatus* as bioindicator of the polluted soil collected all near arable land not far from the stream of the Soummam. An acute toxicity test is performed to determine the median lethal LD50 doses of a cocktail of two mixtures of pesticides on these earthworms, one Binary with: An organophosphorus, Dursban (chlorpyrephos), at concentrations of 45, 90.360 and 720mg/l and a dithiocarbamate, Maneb (manganese ethylene bis), with 50, 100, 400 and 800mg/l, and the other Ternary with: Decis insecticide (deltamethrin) at concentrations of 1.56, 6.25, and12.5mg/l, and 87.5, 175, 350 and 700mg/l for the herbicide: Sencor (metribuzin) in addition to a Priori Opti fungicide, combination of two active ingredients: chlorothalonil and azoxystrobin with 150, 300, 600, and 1200mg/l of concentrations, add batches of controls without treatment. An ANOVA statistical test and a generalized linear regression model (GLM) were performed and the doses inducing 50% mortality in earthworms with the probit function were determined. The test revealed critical results after 14 days with a threshold corresponding to the lowest values of the two mixtures far from the homologous concentrations used in the field. Organophosphates and organochlorines are the most toxic with 100% mortality in 7 days of exposure for high doses for both mixtures.

**Key words**: Acute toxicity, earthworms, pesticides, bio surveillance, bio indicator, LD50

## ملخص

استخدام المبيدات الحشرية التي كثيرة لها هي للأسف الآثار الجانبية، ويثير العديد من التساؤلات في السنوات الأخيرة. المناطق الزراعية في وادي لصومام هو مثال نموذجي لهذا النوع من الممارسة. المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات كل المنتجات النباتية المستخدمة في الخلطات الذي لها تأثير اندماجي ويتجاهلها تماما الكثير. كجزء من تجربة الرصد الحيوي قمنا باستخدام صنف اللافقاريات من دود الأرض : *Octodilus complanatus* (Lumbricidae) كمؤشرات بيولوجية للتربة الملوثة التي تم جمعها بالقرب من الأراضي الصالحة للزراعة التي لا تبعد كثيرا عن نهر/لصومام. تم إجراء اختبار السمية الحادة لتحديد متوسط (LD50) كجرعة قاتلة في مزيج من اثنين من خليط من المبيدات على هذه الديدان، واحد مع ثنائي: (الفسفورية العضوية)، Dursban (الكلوربيريفوس) بتركيزات 45، 90، 360، 720 ملغم / لتر و(الدثاميثرين) Maneb ( dithiocarbamate) (اثنيلين المنغنيز مكرر)، مع 50، 100، 400، 800 ملغم / لتر ، والآخر ثلاثي مع decis: المبيدات الحشرات (الدثاميثرين) بتركيزات 1.56، 3.125، 6.25، 12.5 ملغم / لتر، و 87، 175، 350 و 700 ملغم / لتر بالنسبة لمبيدات الأعشاب Sencor : (metribuzin) بالإضافة إلى بريوري مبيدات الفطريات، الذي هو مزيج من اثنين من المواد الفعالة : (azoxystrobin and chlorothalonil) مع : 150، 300، 600، و 1200 من التركيزات في ملغم / لتر، إضافة إلى عينة شهود من دود الأرض بدون معالجة. يتم تنفيذ اختبار ANOVA الإحصائي، ونموذجاً للتعميم الانحدار الخطي (MLG) على برنامج SPSS وأنه تم تحديد جرعة قاتلة 50٪ من عدد الوفيات في ديدان الأرض مع وظيفة(Probit) الاحتمالية. كشفت نتائج الاختبار عتبة حرجة بعد 14 يوما مطابقة لأدنى القيم في كلتا الحالتين بعيدا عن التركيزات المستخدمة في هذا المجال في الأراضي الزراعية. الفوسفات العضوية ومركبات الكلور العضوية أكثر سمية مع عدد وفيات 100٪ في 7 أيام من التعرض لجرعات لكلا المخاليط الثنائية والثلاثية

**كلمات الافتتاح** : السمية الحادة، وديدان الأرض، المبيدات الحشرية، الرصد الحيوي، مؤشرات بيولوجية ، جرعات قاتلة متوسطة (ج. ق. 50)