

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique
Filière : Science Biologique
Option : Biochimie Physiopathologique



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

*Impact des rejets industriels
toxiques sur un modèle animal*

Présenté par

GHALMI Walid & SAIDI Lamia

Soutenu en : **19 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

Mme Djoudad-Kadji. H	MCA	Présidente
Mme Mouhoub Sayah. C	MCA	Encadreur
Mr Ramdane. Z	professeur	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017

Dédicaces

Avec l'aide du bon Dieu, le tout puissant, ce travail est achevé, je tien à le dédier à :

Mes très chers parents pour leurs encouragements et leur soutien qui m'a accompagné tout au long de mes études ;

Mon très cher fiancé Ali ;

Mes chères sœurs : Djouhra, Fatma, Houria, Noura, Farida et Firouz ;

Mes chers frères : Embarek, Rabah, Billal ;

Mes belles sœurs (Souhila et Karima) ;

Mes beaux-parents ;

Toute la famille Saidi, Ghanem et Ait ouaret ;

Mes nièces et mes amis ;

Mon binôme Ghalmi. W ;

Toute la promotion de biochimie physiopathologique.

LAMIA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, pour leurs soutiennent, leurs encouragements, leurs sacrifices,...

*Eux qui m'ont guidé durant toutes mes années d'étude vers le chemin de la réussite
« Papa, Maman merci pour tout ».*

Mes frère, Mes sœurs

*Mes très chères amies KRIMI. L et KERTOUS. S qui sont toujours été là pour me
soutenir et m'encourager.*

Ma deuxième famille qui est mes amis : incomptable.

Ma camarade et mon binôme SAIDI. L.

Toute la promotion de biochimie physiopathologique 2016/2017.

Merci à tous.

Walid. GHALMI

Remerciements

Avant toute chose nous remercions le Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi, qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation et l'aboutissement de notre projet d'étude.

Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciement et notre sincère gratitude à notre promotrice adorée : M^{me} Mouhoub Sayah - C pour son suivi ; sa patience, sa compréhension et ses précieux conseils.

Ainsi que les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail : La présidente M^{me} Djoudad-ƙadji. H et l'examineur M^r Ramdane. Z.

Enfin, à tous ceux et celles qui nous ont aidés de près ou de loin, qu'ils trouvent ici toutes notre sympathie et notre profonde gratitude.

« Un grand merci à tous »

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Chapitre I : Revue bibliographique

I.1. Pollution industrielle	3
I.1.1. Définition de la pollution	3
I.1.2. Types de pollution.....	3
I.1.3. Définition et origine de la pollution industrielle	4
I.1.4. Pollution industrielle en Algérie	4
I.1.5. Rejets industriels	5
I.1.6. Contamination de l'environnement par les rejets industriels	7
I.1.7. Impact des rejets industriels	8
I.2. Evaluation de la pollution	9
I.2.1. Notion de la bio-surveillance.....	10
I.3. Isopodes terrestres.....	11
I.3.2. Biogéographie.....	11
I.3.3. Morphologie.....	12
I.3.4. Habitats et régime alimentaire	13
I.3.5. Reproduction et cycle de mue.....	13
I.3.6. Intérêt des Isopodes terrestres.....	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Présentation des éléments expérimentaux.....	16
II.1.1. Choix du modèle biologique.....	16
II.1.2. Présentation de la station d'échantillonnage des Isopodes	16
II.1.3. Échantillonnage des contaminants.....	17
II.1.4. Présentation de la démarche expérimentale de bio-essai	18
II.1.4.1. Échantillonnage des cloportes	18
II.1.4.2. Prélèvement et préparation du sol utilisé dans le biotest	19
II.1.4.3. Identification du genre <i>Armadillidium</i>	19
II.1.4.4. Préparation des contaminants	21
II.2. Essai de toxicité.....	22

II.2.1. Principe du test de toxicité aiguë	22
II.2.2. Contamination du milieu d'essai	23
II.3. Analyse histopathologie.....	24
II.3.1. Matériel.....	24
II.3.2. Préparation des échantillons	25
II.4. Méthodes d'exploitation des résultats.....	26

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Effet de solution S1 contenant le cuivre.....	27
III.1.1. Effet sur la mortalité.....	27
III.1.2. Effet sur le poids.....	29
III.1.3. Discussion	29
III.2. Effet de la solution S2 contenant le cadmium	30
III.2.1. Effet sur la mortalité.....	30
III. 2.2. Effet sur le poids.....	31
III.2.3. Autres effets induits par la solution S2.....	32
III.2.4. Discussion	32
III. 3. Effet du mélange de la poudre de plastique.....	33
III.3.1. Effet sur la mortalité.....	33
III.3.2. Effet sur le poids.....	34
III.3.3. Discussion	34
III.4. Effet des trois contaminants sur la mue.....	35
III.4.1. Discussion	35
III.5. Etude histologique.....	36
III.5.1. Discussion.....	37
Conclusion et perspectives	38
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau I : Quantité des déchets de plastiques récupérés au niveau de la décharge communale de la wilaya de Bejaia (2011).....	6
Tableau II : Structure, Propriétés et différentes application de PP, PEHD et PEBD	7
Tableau III : Concentrations des contaminants utilisés dans le bioessai.....	22
Tableau IV : Différents produits et matériel utilisés dans le test histologique.....	24
Tableau V - Pourcentage de mortalité des cloportes morts en fonction des concentrations de cuivre contenu dans la solution S ₁ pendant les quatre semaines d'exposition.....	27
Tableau VI - Pourcentage de mortalité des cloportes contaminés par la solution S ₂ contenant le cadmium durant 28 jours.....	30
Tableau VII - Pourcentage de mortalité des cloportes contaminés par différentes doses du complexe PP-PEHD-PEBD.....	33

Liste des figures

Figure 1 –Contamination de l’environnement par les rejets industriels.....	8
Figure 2 - Phylogénie et apparition des Oniscidea.....	11
Figure 3 - Morphologie générale d’un exemple d’espèce d’Isopode, face dorsale.....	12
Figure 4 - Stades de développement embryonnaire chez les Isopodes terrestres.....	14
Figure 5 - Localisation de la station d’échantillonnage des cloportes CRAM d’Oued Ghir - Wilaya de Bejaia.....	17
Figure 6 – localisation de la station de prélèvement des solutions S ₁ et S ₂ dans la ville de Bejaia.....	18
Figure 7 -Etapas de prélèvement et préparation du sol. (a) prélèvement du sol sur le terrain, (b) transport du sol au laboratoire, (c) sol étuvé.....	19
Figure 8 - Dessin de la morphologie externe d’un cloporte de la famille (a) Armadillidiidae, (b) Porcellio. Face dorsale.....	20
Figure 9 -morphologie du pléon (face ventrale) chez un mâle (a) et chez une femelle (b) d’ <i>Armadillidium sp.</i>	21
Figure 10 - Les boîtes contenant les cloportes lors de l’essai toxicologique au laboratoire	24
Figure 11 - Expression du pourcentage de mortalité des cloportes en fonctions des concentrations de cuivre contenu dans S ₁ durant la 3 ^{ème} semaine.....	28
Figure 12 – Variation du poids des cloportes en fonction des concentrations de cuivre contenu dans la solution S ₁ au cours des 4 semaines.....	29
Figure 13 – Variation du poids des cloportes en fonction des concentrations de cadmium contenu dans la solution S ₂ au cours des 4 semaines.....	31
Figure 14 –Anomalies détectées chez les cloportes contaminés par la solution S ₂ contenant le cadmium (a) Destruction du marsupium (b) Expulsion des œufs en dehors du marsupium, (c) Paralysie de la partie supérieure.	32
Figure 15 –Variation du poids des cloportes en fonction des doses de la poudre du plastique au cours des 4 semaines.....	34
Figure 16 – Coupe histologique de la cuticule de cloporte témoin. Ec. Epicuticule ; Pd. Procuticule distale ; Pp. procuticule proximal.....	36

Figure 17– Coupes histologique de la cuticule des cloportes testés contaminés par : (a) la poudre du plastique, (b) la solution S₂ contenant le cadmium (c) la solution S₁ contenant le cuivre.....37

Liste d'abréviations

BPA : Bisphénol A.

Cd : cadmium.

CRAM : Centre de Recherche en Agriculture de montagne.

Cu : cuivre.

DL₅₀ : Dose létale 50, indicateur qui mesure la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée.

ERO : Espèces réactives de l'oxygène.

ETM : éléments traces métalliques.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

HO° : Radical hydroxyle.

HSE : hygiène, sécurité et environnement.

LZA : Laboratoire de Zoologie Appliqué.

OGM : Organismes Génétiquement Modifiés.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PEBD : polyéthylène basse densité.

PEHD : polyéthylène haute densité.

PP : polypropylène.

SAA : Spectrophotométrie d'absorption atomique.

SOD : Superoxyde dismutase.

S₁ : solution contenant le cuivre.

S₂ : solution contenant le cadmium.

Introduction

INTRODUCTION

L'Homme, par ses différentes activités agricoles et industrielles devient le principal pollueur de son propre environnement. Le développement industriel s'accompagne malheureusement d'un lot d'actions néfastes sur le milieu naturel par les nombreux rejets solides, liquides ou gazeux souvent toxiques aux espèces végétales et animales. A ce point l'activité industrielle demeure la principale cause de la dégradation des écosystèmes (**Ramade, 2011**). Les rejets industriels peuvent contaminer les sols par les retombées atmosphériques engendrées par les fumées d'usine et par les déversements directs des matières toxiques dans la nature (**Kalenda, 2014**). Cela porte, évidemment, préjudice aux organismes vivants du sol qui jouent un rôle prépondérant dans le fonctionnement de ce dernier, notamment par la dégradation et le recyclage de la litière en matière organique. Ce mécanisme favorise également la minéralisation des débris végétaux par la fragmentation du milieu (**Gobat et al. , 2010**). Cette pollution peut provoquer la destruction des habitats et des changements dans leur mode de vie (**Cambier, 2009**). Ces effets engendrent la perte de la fertilité du sol, d'où son inertie et son incapacité à produire.

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des sols, les démarches physico-chimiques sont essentielles car elles informent sur la présence, la nature et la quantité des contaminants dans les sols (**Godet, 2010**). Malheureusement, la mesure physico-chimique ne permet pas de renseigner sur l'impact de cette pollution sur le monde vivant. En effet, il est donc apparu nécessaire de compléter ces mesures par des données biologiques permettant d'évaluer le risque et les effets de la pollution dans le milieu vivant (**Grand et al., 2012**).

Plusieurs modèles animales sont utilisés comme bioindicateurs de pollution, tels que l'escargot (mollusque), les vers de terre (Lumbricidae) et les Isopodes terrestres, (**Bourbia-Ait Hamlet (2013); Godet (2010) ; Yesguer (2015)**).

Les Isopode terrestres jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème par la fertilisation et la structuration du sol (**Cortet et al., 1999**). A ce titre et grâce à leur réponse aux caractères d'exigence d'une espèce bio-indicatrice (leur adaptation à la pollution, leur disponibilité, et facilité de manipuler ...) (**Godet, 2010**), ils ont été choisis comme un modèle biologique pour cette étude.

INTRODUCTION

En raison des diverses conséquences de la pollution sur l'environnement, nous avons posé la problématique suivante :

Quel sont les effets toxiques des rejets industriels sur les Isopodes terrestres ?

Afin de répondre à la problématique posée, nous avons effectué un test de toxicité aiguë ayant pour principe la détermination de la dose létale pour 50% de la population (LD50), complété par une étude histologique qui nous permet d'observer les structures cuticulaires des cloportes et de visualiser les différentes anomalies pouvant être induites par les contaminants utilisés.

Chapitre I :
Revue bibliographique

I.1. Pollution industrielle

I.1.1. Définition de la pollution

Le terme de pollution est très large car il englobe toute action par laquelle l'Homme dégrade la nature, produisant ainsi des perturbations au niveau des systèmes écologiques fondamentaux.

Selon **Ramade (2011)**, la définition de la pollution a été rédigée en 1965 par les experts scientifiques du *committee on environmental Quality* de la maison blanche comme suit : « Est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine. Au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. ».

I.1.2. Types de pollution

Ramade (2011), indique que la classification de pollution peut s'effectuer selon la nature des polluants ainsi de point de vue écologique :

I.1.2.1. Selon la nature des agents polluants on distingue

La pollution physique qui est due aux rayonnements ionisants, ou réchauffement artificiel, au bruit et aux éclairages.

La pollution chimique par des substances minérales et/ou organiques d'origines naturelles ou synthétiques généralement rejetées en solutions dans les habitats continentaux et/ou océaniques.

La pollution biologique causée par les espèces exotiques, microorganismes pathogènes et aussi par des Organismes Génétiquement Modifiés (OGM).

I.1.2.2. Selon le point de vue écologique

Ce point est considéré par **Ramade (2007)**, comme étant le critère le plus important de la classification car il prend en considération le milieu affecté, le sol, l'eau et l'air.

I.1.3. Définition et origine de la pollution industrielle

La pollution industrielle désigne la part la plus importante de la pollution de l'environnement directement induite par l'industrie, elle est la cause de la majorité des perturbations environnementales.

Vu la diversité de ses origines, on distingue la pollution induite par :

I.1.3.1. Production d'énergie : par l'utilisation des ressources naturelles qui sont à la fois peu abondantes et non renouvelables comme le pétrole qui provoque énormément des dégâts lors de son extraction, transport et raffinage.

I.1.3.2. Bases nucléaires : généralement dans le processus de production d'électricité, les réacteurs des centrales nucléaires rejettent des déchets radioactifs et de chaleur très nuisible pour l'environnement. Les systèmes de refroidissement de ces centrales induisent ainsi la contamination et le réchauffement des eaux.

I.1.3.3. Industrie chimique : qui se traduit par la mise en suspension des substances minérales et organiques de toxicité souvent élevée dans la biosphère. L'industrie pharmaceutique rejette des substances extrêmement nocives. Ces derniers peuvent circuler dans la chaîne trophique et s'accumuler dans les organismes vivants.

I.1.4. Pollution industrielle en Algérie

Selon **Mouni (2004)**, l'industrie algérienne a connu un développement remarquable que ce soit, dans sa diversité ou dans sa capacité de production mais ce processus d'industrialisation s'est effectué dans des conditions qui ne respectent plus les préoccupations sanitaires et environnementales.

Les installations industrielles des années 70 n'ont pas fait l'objet d'une étude d'impact ou de danger ni même une simple enquête publique, et avec l'absence des équipements anti-pollution dans certaines unités industrielles et l'ignorance de l'aspect hygiène, sécurité et environnement (HSE), le niveau de la pollution augmente de plus en plus.

Si on prend le cas de la vallée de la Soummam, des études sur le degré de la pollution de cet écosystème ont été réalisées par **Mouni (2004) et Benhemiche (2015)**, et ont montré que l'eau de cette dernière présente une pollution accrue qui n'est pas conforme aux normes

exigées. Actuellement, malgré tous ces dépassements, il y a une prise de conscience importante par rapport aux années précédentes (**Rebah, 2005**).

I.1.5. Rejets industriels

L'activité industrielle est l'origine de nombreux rejets dans les différents compartiments de l'environnement, leur nature varie selon les secteurs industriels, ils peuvent être solide (cas de plastique), liquide et gazeux (cas des métaux lourds, exemple: le cadmium et le cuivre).

I.1.5.1. Cadmium

Le cadmium est utilisé dans nombreux procédés industriels comme la fabrication des accumulateurs électriques, des pigments et les écrans de télévision. Ses propriétés physico-chimiques proches de celles du calcium lui permettent de traverser les membranes biologiques et de s'accumuler dans les tissus des êtres vivants via le phénomène de bioaccumulation.

Chez l'Homme, la contamination peut avoir lieu à travers l'alimentation, l'eau de boisson et même par la fumée de cigarettes provoquant ainsi des troubles osseux, rénaux et respiratoires. Selon l'OMS la concentration de Cd ne doit pas dépasser 3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ dans l'eau pour éviter toute contamination.

I.1.5.2. Cuivre

Le cuivre rentre dans la composition de la plus part des produits électriques et électroniques grâce à ses propriétés de conductibilités thermiques et électriques qui s'avèrent particulièrement élevées. Ce métal est également plus utilisé pour des fins agricoles citant sa présence dans certains pesticides.

Il s'agit aussi d'un élément essentiel pour la majorité des cellules eucaryotes d'où il joue un rôle de cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines (**Yves, 2008**). L'exposition à ce dernier peut se faire par apport alimentaire, eau, inhalation d'air chargé de particules contenant du cuivre et même par contact cutané, provoquent des irritations nasales et oculaires, des maux de tête, des nausées, des diarrhées, des douleurs abdominales, des vomissements et des nécroses hépatiques (**Liu et al., 2008**).

I.1.5.3. Plastique

La matière plastique joue un rôle majeur dans notre vie quotidienne où la consommation de cette dernière est très élevée, mais malheureusement, cela conduit à une production importante des déchets.

L'inconvénient de cette matière est qu'elle n'est pas biodégradable ce qui provoque de véritables problèmes environnementaux surtout sur l'océan, d'où ils ont estimé que plus d'un million d'oiseaux et de mammifères marins meurent à cause de l'ingestion de débris plastiques, comme par exemple les tortues qui confondent le méduses et les sacs plastiques, cette ingestion provoque une occlusion mécanique faisant obstacle au transit digestif ce qui bouleverse la chaîne alimentaire (**Lacaze, 1993**). Elle a aussi un effet sur la santé humaine où le Bisphénol A (un produit chimique présent dans la matière plastique), peuvent causer des maladies comme le cancer, effet sur le métabolisme glucidolipidique, et aussi considéré comme un perturbateur endocrinien (**Nalbone et al., 2011**), et pour éliminer ou diminuer ces risques ils ont pensé au recyclage de cette matière.

Le tableau I présent des différentes déchets de plastiques récupérés au niveau de la décharge communale de la wilaya de Bejaia (2011).

Tableau I : Quantité des déchets de plastique récupérés au niveau de la décharge communale de la wilaya de Bejaia (2011) (**Dairi, 2015**).

Nature du plastique	PP	PEHD	PEBD
Sources des déchets	Cageots, chaises, barquette de beurre	Bouteilles eau de javel, pots de yaourt	Film agricoles, emballages
Quantité des déchets (tonnes/jour)	0.1	2.100	0.04
Quantité des déchets (tonne/an)	36.5	766.5	14.6

Le plastique est constitué d'une résine appelé polymère. D'après **Gehring (2013)**, les polymères sont des composés organiques dont la structure en chaînes carbonées est définie monomère, la répétition de ce motif confère à la macromolécule cet état polymère. Les polyoléfines (polypropylène et polyéthylène (PEBD et PEHD) font partie de la famille du thermoplastique (constitués des chaînes linéaires qui peuvent avoir des ramifications plus ou moins longues.), ces dernières sont plus utilisée grâce à leur facilité de mis en œuvre.

Le **tableau II** présent la structure, propriétés est application des trois résines étudié (PP, PEBD, PEHD).

Tableau II : Structure, propriétés et différentes application de PP, PEHD et PEBD
Bouterfa, (2011) ; Gehring, (2013) ; Dairi, (2015).

Résines	Structure	Propriétés	Application
PP	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$	Inertie chimique, Transparence, Rigidité Légèreté, Moulabilité, Haute Résistance mécanique, Tenue aux températures	Contenants de yogourt et de margarine, bouchons pour bouteilles.
PEBD	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$	Barrière vapeur d'eau, Inertie chimique, Transparence, Souplesse, Moulabilité.	Sacs d'emplettes, film agricole, sachets et emballage, pellicules extensibles.
PEHD	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$	Flexibilité, Inertie chimique, Opacité, Résistance aux chocs Tenue à la pression et aux températures	Bouteilles lessives et de shampoing, contenants de lait ou de jus

I.1.6. Contamination de l'environnement par les rejets industriels

La contamination du sol se fait soit par l'utilisation abusive des engrais et des pesticides ou par des activités industrielles qui sont à l'origine de retombée des métaux lourds rejetés dans l'atmosphère sous forme d'aérosols « plomb, mercure, cadmium... » (Viala & Botta, 2005).

D'après Soudi *et al* (2000), les conséquences de cette contamination se manifestent par, la diminution de la fertilité physique et chimique des sols, déclenchement de l'érosion, la perte et l'affaiblissement de la fonction épuratoire du sol et de la production végétale.

La contamination de l'eau peut avoir lieu par les matières organiques et graisses (industrie agroalimentaire), hydrocarbures (raffinage), acides, bases produits chimiques divers (industrie chimique) qui modifient sa composition et qui se manifestent par une augmentation de la charge polluante et une contamination biologique, provoquent non

seulement la diminution des ressources en eau potable mais aussi des risques sanitaires pour l'Homme et l'animal (Goujons, 1995).

Selon Ramade (1982), La contamination de l'air est caractérisée par la dégradation quantitative de certaines de ses constituants comme le gaz carbonique et le peroxyde d'azote ou par accumulation des gaz toxiques dans l'atmosphère due généralement aux émissions industrielles.

L'augmentation de la concentration de ces gaz engendre en générale des problèmes de fumées qui provoquent l'augmentation de l'effet de serre et par conséquence le réchauffement climatique.

La contamination de ces compartiments (sol, l'eau, l'air) par les rejets industriels est représentée dans la figure ci-dessous.

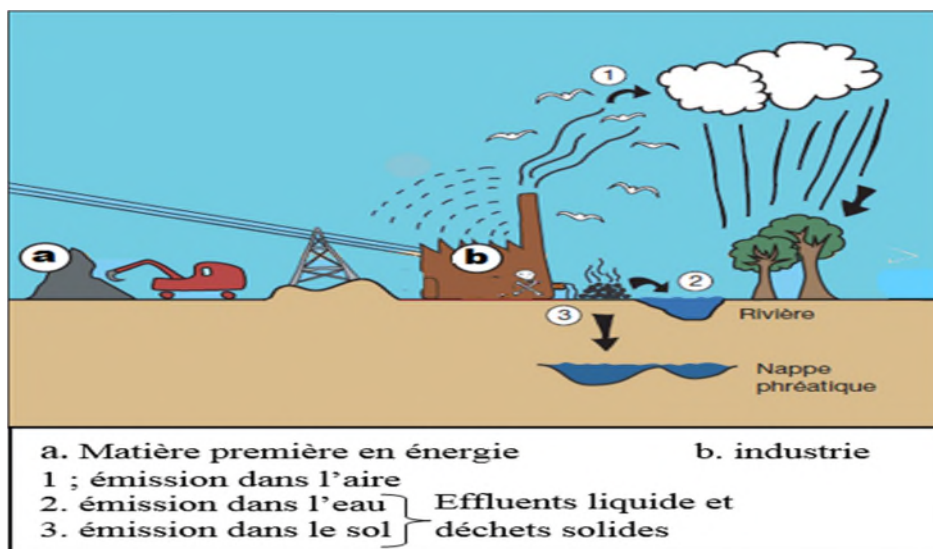


Figure 1- Contamination de l'environnement par les rejets industriels (Anonyme 1)

I.1.7. Impact des rejets industriels

La variation des activités industrielles donne naissance aux diverses substances rejetées et la variation de ces rejets provoque différents effets sur la faune, la flore et la santé publique.

I.1.7.1. Sur la faune et flore

Les conséquences de la pollution sur la faune se manifeste par une altération de la chaîne alimentaire (par l'apparition ou disparition de certains prédateurs) qui influence sur

la biodiversité, ou physiologique qui se manifeste par des perturbations endocriniennes touchant ainsi la reproduction et le développement des animaux.

La sensibilité accrue aux agents infectieux de certaines espèces de poissons de l'oued Soummam fait l'objet d'une étude menée par **Djoudad-Kadji et al (2012)**, sur l'appareil reproducteur, dans laquelle ils ont constaté un phénomène d'intersexualité où ils ont distingué trois types de complexes gonadiques anormaux.

La flore est aussi une autre victime de cette pollution, et cela par l'affaiblissement de la production végétale, la diminution de nombre d'espèces, et la diminution de la biodiversité floristique (**Soudi et al., 2000**).

Khelil et al (2014), dans son étude (les effets de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures sur le *lichen xanthoria* dans la zone de Hassi Messaoud) indique que les teneurs en chlorophylle subissent une régression remarquable dans la zone située à proximité des sources d'émission d'hydrocarbures.

I.1.7.2. Sur la santé publique

Les risques de la pollution sur l'Homme sont à l'origine de la contamination de ses ressources vitales en air, eau et aliments, provoquent ainsi des diverses complications sanitaires dont les cancers qui sont les plus graves en termes de la santé publique (**Charpina et al., 2016**).

García-Pérez et al (2016), ont montré que la pollution industrielle est un facteur de risque de mortalité par cancer du sein et de la prostate, et qui change selon la distance de la ville de résidence vis-à-vis des industries polluantes.

I.2. Evaluation de la pollution

Afin de détecter le degré de cette pollution, plusieurs méthodes ont été utilisées telles que les méthodes physico-chimiques qui sont exigeantes en matière de temps et de l'argent, ces dernières ont poussé les scientifiques à penser à d'autres méthodes qui sont moins coûteuses et faciles pour évaluer l'état de l'environnement.

Plusieurs études ont été réalisées sur des indicateurs biologiques, parmi elles, celle de **Bourbia-Ait Hamlet (2013)**, qui a utilisé l'escargot '*Helix aspersa*' dont l'objectif est d'évaluer l'effet de deux pesticides « le thiaméthoxam et la téfluthrine » et de leurs mélanges qui sont utilisés à large spectre notamment dans la région Nord-Est algérienne, et celle de **Grelle (1998)**, qui a utilisé l'Annélide '*Eisenia fetida*' pour décrire les mécanismes qui

régissent la dynamique des éléments potentiellement toxiques et leurs interactions avec les organismes vivants.

I.2.1. Notion de la biosurveillance

La bio surveillance est une méthode d'évaluation environnementale qui vise à détecter et mesurer la concentration des polluants ou de leurs métabolites au sein des différents milieux (eau, air sol) aux différentes niveaux de l'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un bioindicateur (champignons, bryophytes, végétaux supérieurs et animaux) (**Garrec & Delzenne-Van Haluwyn., 2002**).

Selon **Godet (2010)**, un bioindicateur défini comme un organisme, une partie d'organisme ou une communauté d'organisme qui renseigne de la qualité de l'environnement ou un compartiment de l'environnement.

Généralement il y a deux groupes. Les bio-indicateurs d'effet et les bio-indicateurs d'accumulation.

I.2.1.1. Bioindicateurs d'effets

Par l'usage des espèces qui répondent au stress provoqué par la pollution utilisée pour évaluer l'effet de la pollution sur les différentes organisations biologiques, allons de la molécule jusqu'à l'écosystème

I.2.1.2. Bio-indicateur d'accumulations

Par l'utilisation des organismes qui ont la capacité de stocker les polluants dans leurs tissus. Selon **Ramade (1993)**, la bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme même si elle n'a aucun rôle métabolique, voir même si elle est toxique à ce dernier « Imprégnation des polluants ».

I.3. Isopodes terrestres

I.3.1. Taxonomie

Selon la dernière édition publiée par **Bowman & Abele (1982)**, et modifié par **Mayrat & Laurent(1996)**, la position systématique des crustacés terrestres est comme suit :

- Phylum: Arthropoda
- Super-classe : Crustacea.
 - Classe : Malacostraca.
 - Sous-classe : Eumalacostraca
 - Super-ordre : Peracarida.
 - Ordre : Isopoda
 - Sous-ordre : Oniscidea

I.3.2. Biogéographie

Les Isopodes terrestres représentent une classe d'invertébrés, plus de 4000 espèces originaires du milieu marin, qui se sont adaptés progressivement au milieu terrestre par l'apparition d'une poche ventrale (le marsupium) portée par les femelles (**Hoese, 1984**) et l'acquisition de Pseudotrachées qui servent à la captation de l'oxygène directement dans l'atmosphère et permettant de contrôler les pertes en eau de l'organisme (**figure 02**). Cette adaptation morphologique permet au Isopodes terrestres de se distribuer à l'échelle mondiale.

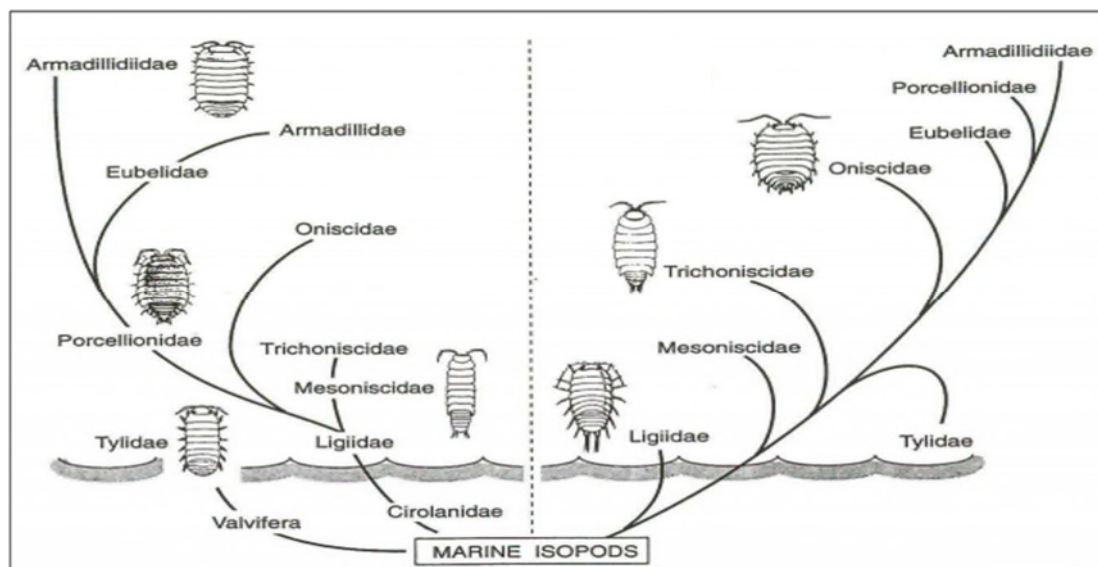


Figure 2- Phylogénie et apparition des Oniscidea (**Doublet, 2010**).

I.3.3. Morphologie

Selon les chercheurs la diversité de forme des Isopodes suppose une anatomie et une organisation relativement conservée. Le corps de ces crustacés est ovale et dorso-ventralement aplatis, se compose de trois sections (**figure 03**).

La tête ou céphalon : porte des yeux et une paire d'antennes et une autre d'antennules extrêmement réduites. Selon **Séchet (2004)**, la réduction des antennules caractérisent le sous-ordre des Oniscidea dans l'ordre des Isopodes.

Le péréon ou le thorax constitué de sept péréonites se chevauchant, chacune de ces dernières munis d'une paire de pattes.

Le pléon : constitué de six segments ou pléonites, le dernier pléonite est soudé au telson et porte les uropodes. Une paire d'appendices recouvre la face ventrale des cinq premiers pléonites, ce sont les pléopodes, organes respiratoires pour les Isopodes. Chez les cloportes mâles, la deuxième paire de pléopodes porte les organes copulateurs (**Godet, 2010**).

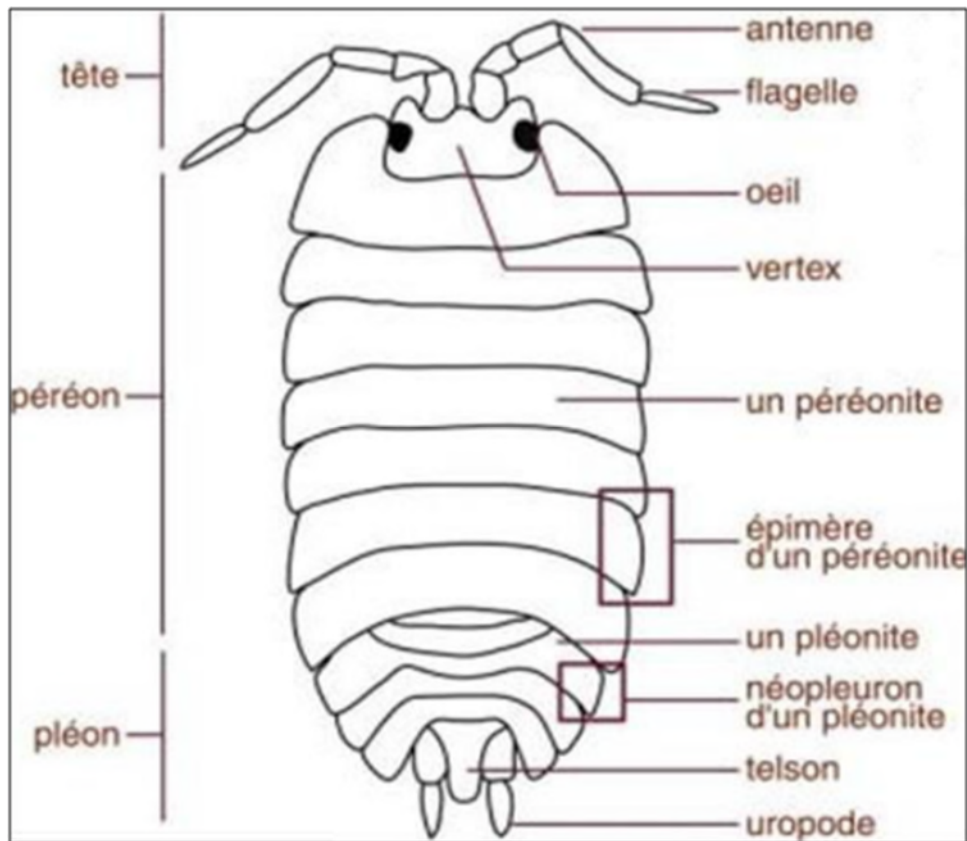


Figure 3- Morphologie externe d'un exemple d'espèce d'Isopode, face dorsale (**Gross, 2005**).

Les téguments des cloportes sont recouverts d'une cuticule qui est imprégnée de sels calcaires (carbonate de calcium).cette dernière est lisse ou présentant des granulations plus

ou moins apparentes, où la carapace des cloportes est recouverte d'écailles. La coloration des cloportes est variable elle peut être grisâtres, rosâtres, rougeâtres, noirs (Noël & Séchet, 2007).

I.3.4. Habitats et régime alimentaire

Selon Séchet (2004), l'humidité est indispensable à la survie des Cloportes dans le milieu terrestre car ils sont sensibles à la dessiccation, et pour se protéger de ce phénomène la plupart des espèces se cachent sous les pierres, dans la litière, les lieux sombres comme les grottes ou bien dans le sol durant la journée. Durant la nuit, la température est diminuée et l'évaporation étant moins importante, les cloportes sortent et leur activité augmente. Les cloportes sont des décomposeurs ayant un régime principalement détritivore, ils se nourrissent des petits morceaux de racines, des feuilles mortes et de litière.

I.3.5. Reproduction et cycle de mue

I.3.5.1. Cycle de mue

Le cycle de mue est une exuviation de la partie postérieure (pléon et segment 5,6 et 7 de péréion) puis exuviation de la partie antérieure (céphalon et segment 1 à 4 de péréion). Il s'effectue tout au long de la vie de l'individu où leur fréquence est élevée chez les juvéniles (Godet, 2010). Ce cycle est dénombré en 4 grandes périodes, notées A, B, C, D, et la période E correspondant à l'exuviation.

Période A-B : c'est la post-mue (ou post-ecdysis) débute après l'exuviation antérieure. La cuticule est molle et claire dans sa partie antérieure alors qu'elle commence à se consolider dans sa partie postérieure (Steel, 1982).

Période C : appelée intermue, (di-ecdysis), l'exosquelette est dur, il prend la coloration typique de l'espèce (Lefebvre, 2002).

Période D : c'est la pré-mue (ou pro-ecdysis). C'est la période de préparation à l'exuviation, durant laquelle il y a digestion de l'ancien exosquelette et élaboration sous-jacente du nouveau (Lefebvre, 2002).

Période E : appelée la mue (ecdysis), c'est la période nécessaire à l'exuviation des 2 hémicuticules. Une fois l'exuviation postérieure effectuée, les sels de calcium sont mobilisés vers l'arrière, ce qui consolide la nouvelle cuticule et prépare du même coup l'exuviation antérieure. Par ce phénomène de concentration/mobilisation des sels de

calcium, et par la ré-ingestion des exuvies, la mue complète peut se dérouler sans aucune perte calcique (Graf, 1978).

I.3.5.2. Reproduction

Les Isopodes terrestres présentent déférente mode de reproduction, dont la plupart sont gonochorique et certaine sont parthénogénétique ou intersexué (Noël & Séchet, 2007).

Le cycle de mue se déroule parallèlement au cycle ovarien au cours duquel les ovocytes se chargent en réserve vitelline (Lefebvre, 2002).

Prévitellogénèse est la première phase de croissance ovocytaire qui débute après la mue, où les ovocytes s'accroissent sans accumuler de réserves vitellines (Besse, 1976).

La vitellogénèse primaire, caractérisée par une accumulation de vitellus endogène. En période de repos sexuel, la croissance ovocytaire s'arrête à ce stade. Les plus gros ovocytes seront lysés et remplacés par des ovocytes plus jeunes (Lefebvre, 2002), en cas d'activité sexuelle, la maturation ovarienne se poursuit par la vitellogénèse secondaire qui n'intéresse que les ovocytes les plus âgés, les autres vont dégénérer (Picaud *et al.*, 1989). Voir la figure 04.

D'après Lefebvre (2002), la ponte s'effectue dans la cavité marsupiale ventrale des femelles. Cette cavité est limitée dorsalement par la paroi sternale et ventralement par 5 paires d'oostégites (Mead, 1973).

Trois stades de développement embryonnaire ont été définie et présenté dans la figure 04 le stade 1 correspond à l'œuf fertilisé, le 2^{ème} stade correspond à un développement embryonnaire avancé et le stade 3 correspond à des jeunes individus appelés mancas.

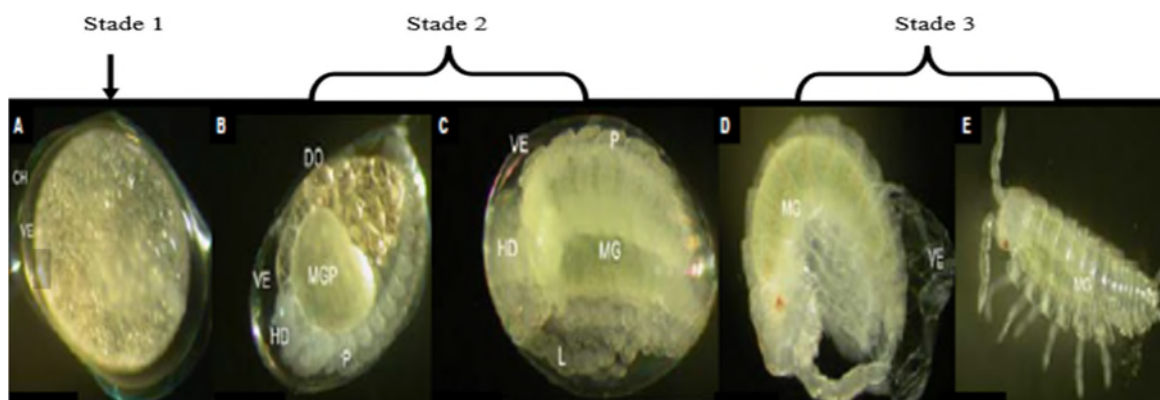


Figure 4 - Stades de développement embryonnaire chez les Isopodes terrestres (Štrus *et al.*, 2008).

Le marsupium est totalement fermé chez les forme terrestres, le marsupial muqueux d'origine maternelle (Hoese & Janssen, 1989). Après une durée d'incubation d'environ un

mois, les œufs éclosent et les jeunes individus émergents dans le marsupium, les manca vivent dans le marsupium environ une semaine (**Juchault, 1966**). Selon Noël & Séchet (**2007**), Celles-ci ressemblent à l'adulte en miniature mais ne possèdent que six paires de pattes, ils sont dépigmentés et sexuellement indifférenciés.

Après la 1^{ère} mue le 7^{ème} paire de péréiopode apparaît. La différenciation sexuelle des juvéniles s'effectue autour de la 4^{ème} mue, l'évolution vers le phénotype mâle ou femelle est contrôlée par la présence ou l'absence de l'hormone androgène. La maturité sexuelle est atteinte entre la 10^{ème} et la 14^{ème} mue (**Juchault, 1966**).

Le système reproducteur des Isopodes peut être parasité par des bactéries appelé *Wolbachia*. La présence de cette bactérie s'accompagne d'une différenciation des zygotes génétiquement mâles en néo-femelles fonctionnelles (**Martin et al., 1973**)

I.3.6. Intérêt des Isopodes terrestres

L'importance des Isopodes terrestre est caractérisées par leur un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes, la structuration et la fertilisation des sols par la décomposition de la matière organique, participant ainsi positivement au cycle de nutriments et particulièrement au cycle de carbone et de l'azote (**Cortet et al. 1999**).

Ils sont considérés comme des bio-indicateur de pollution soit par l'accumulation de ces polluants ou par la révélation de ses effets (**høese, 1981**).

Chapitre II :
Matériel et méthodes

Cette démarche de biomonitoring ou biosurveillance qui se base sur la détection des effets de la pollution sur indicateur biologique, nécessite la mise en œuvre d'un protocole expérimental intégrant plusieurs éléments : le model biologique, les contaminants issus des rejets industriels et le type du biotest de toxicité.

II.1.Présentation des éléments expérimentaux

II.1.1. Choix du modèle biologique

Afin d'évaluer l'effet de la toxicité des rejets industriels sur la pédofaune du sol, nous avons choisi un bioindicateur faisant partie des Isopodes terrestres, particulièrement le genre *d'Armadillidium sp.* Un ensemble de critères font que les Isopodes représentent un modèle idéal pour être utilisé dans cette étude, bien que, leurs larges distributions géographiques, leurs tailles, leurs cycle de vie, la facilité de leurs échantillonnage, la simplicité de leurs conditions d'élevage, leurs spécificités de résistance à la pollution et leurs capacités d'accumulation de certains polluants (**Godet, 2010**).

II.1.2.Présentation de la station d'échantillonnage des Isopodes

Le Centre de Recherche en Agriculture de montagne (CRAM) d'Oued Ghir Wilaya de Bejaia est situé sur la R.N.12 à 10 Km au sud-ouest du Chef-lieu de Wilaya (**Figure 5**). Il est issu du redéploiement des structures de formation sous tutelle du Ministère de l'agriculture. Il a été officiellement créé par Arrêté Interministériel du 30/06/99 et sa prise en charge effective s'est effectuée en Novembre de la même année. Il s'étend sur une assiette foncière de 22.50 ha de surface totale dont 15,50 ha de S.A.U., 5,50 ha de terres incultes et 1,50 ha de surface bâtie.

Ce Centre de Recherche a pour objectif d'effectuer les activités de recherche ayant trait à l'Agriculture.

Le choix de site d'échantillonnage est soutenu par le fait que le milieu n'est pas au préalable traité par les pesticides, et n'est pas exposé à la pollution industrielle.

L'importante activité à vocation agricole de cette station constitue un milieu favorable pour le développement du modèle animale sélectionné pour la présente étude.



Figure 5 - Localisation de la zone d'échantillonnage des cloportes CRAM d'Oued Ghir - Wilaya de Bejaia

II.1.3. Echantillonnage des contaminants

Pour les contaminants nous nous sommes intéressés à la collecte des rejets industriels au niveau d'oued Seghir situé dans la ville de Bejaïa qui débouche à oued Soummam, où nous avons effectué deux prélèvements (S_1 et S_2). Cette station d'échantillonnage est caractérisée par la particularité de sa géolocalisation, elle est située au voisinage de deux principales unités d'activité industrielle, qui sont ALCOST et COGB (**Figure 6**). Contribuant respectivement à la fabrication de textile et des corps gras.

Ces unités participent à la contamination de ce microenvironnement par les différentes substances rejetées tel que les acide et base utilisé à la coloration des vêtements et l'acide gras issu de la transformation des huiles brutes.

Un autre contaminant a été utilisé, il s'agit d'un mélange de plastique « PEBD, PEHD, PP » issu du recyclage de plastique sous forme d'une poudre, échantillonné à l'unité de Cevital localisée au niveau du nouveau quai port de Bejaia.



Figure 6 – localisation de la station de prélèvement des solutions S_1 et S_2 dans la ville de Bejaia

● Site de prélèvement de la solution S_1 ● Site de prélèvement de la solution S_2

II.1.4. Présentation de la démarche expérimentale de bio-essai

II.1.4.1. Échantillonnage des cloportes

L'échantillonnage a été effectué au niveau de la station CRAM entre le mois de février et mars 2017, période correspondant à une importante activité biologique des cloportes notamment la reproduction.

L'échantillonnage des cloportes est fait durant la journée par la chasse à vue en prospectant les éventuelles habitats qui peuvent servir d'abris aux cloportes, tel que, la litière et sous les pierres ou les morceaux de bois mort, dont nous avons récolté plus de 700 individus. Après chaque campagne d'échantillonnage, les cloportes sont placés dans une

boite en plastique puis transportés vers le laboratoire LZA (laboratoire de Zoologie Appliqué et d'Ecophysiologie Animale).

II.1.4.2. Prélèvement et préparation du sol utilisé dans le biotest

Dans la même station d'échantillonnage des cloportes, nous avons prélevé une quantité du sol, servant comme substrat pour les cloportes lors du biotest. Le prélèvement a été fait à l'aide d'une pioche et d'une pelle, puis mis dans des sachets en plastique.

Au laboratoire le sol a été séché à l'air libre et tamisé à l'aide d'un tamis à maille de 1mm de diamètre pour éliminer toute macrofaune et pierres. Pour une meilleure fiabilité des résultats issus du biotest que nous avons réalisés, il est important de le chauffer dans une étuve à température 80°C pendant une heure (1h). L'objectif de cette dernière étape est d'éliminer les microorganismes et microfaune. Ensuite, le sol est reparti à des quantités de 250 g et mis dans des sacs en plastique, afin qu'il soit prêt à être utilisé comme substrat d'acclimatation pour les cloportes, et servira aussi comme support de contamination par les rejets industriels. (**Figure 7**).



Figure 7 – Etapes de prélèvement et de préparation du sol. (a) prélèvement du sol sur le terrain, (b) transport du sol au laboratoire, (c) sol étuvé (**original**).

II.1.4.3. Identification du genre *Armadillidium*

Durant les premières investigations sur le terrain, nous avons échantillonné une diversité d'espèces d'Isopodes représentée par plusieurs genre *Armadillidium sp*, *Armadilo et porcilio*, mais notre choix s'est porté sur le genre *Armadillidium sp*, vu sa grande abondance dans notre station d'étude. Pour distinguer ce genre *Armadillidium* des autres, nous avons utilisé comme référence la clé de détermination de **Hopkin (1991) et Noël &**

Séchet (2007). La confirmation de la détermination des Isopodes est faite par Ben Mouhoub (doctorante : université de Bejaïa [LZA]).

L'identification a été effectuée à l'aide d'une loupe, en se basant sur les critères morphologiques de la partie caudale tels que, le telson et les uropodes qui sont représentés dans la **figure 8**, la différence entre *Armadillidium* et *Armadilo* réside au niveau des pseudotrachées (on compte deux paires de pseudotrachées chez *Armadillidium* cinq paires chez *Aramdilo*).

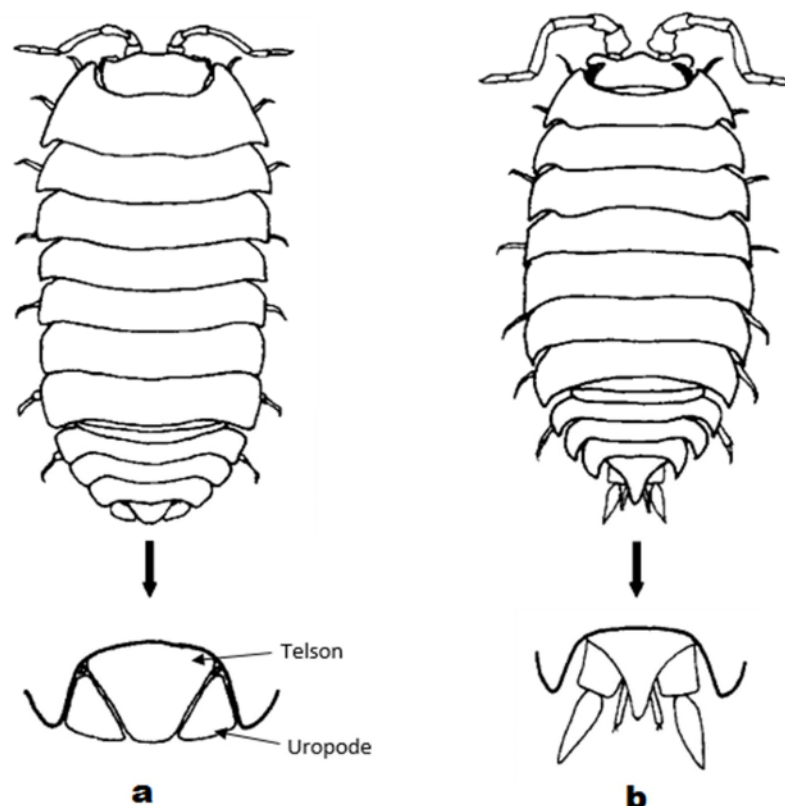


Figure 8 - Dessin de la morphologie externe d'un cloporte de la famille (a) Armadillidiidae, (b) Porcellio. Face dorsale ((Hopkin, 1991) ; Noël et Séchet, (2007)).

La distinction entre les mâles et les femelles est faite à l'aide d'une loupe en s'appuyant sur la morphologie des pléopodes 1 et 2 qui sont aplatis chez la femelle (**Figure 9**). Après identification et sexage, nous procédons à une biométrie qui consiste à la mesure de taille (à l'aide d'une feuille millimétrée) et du poids (par une balance de précision) des cloportes.

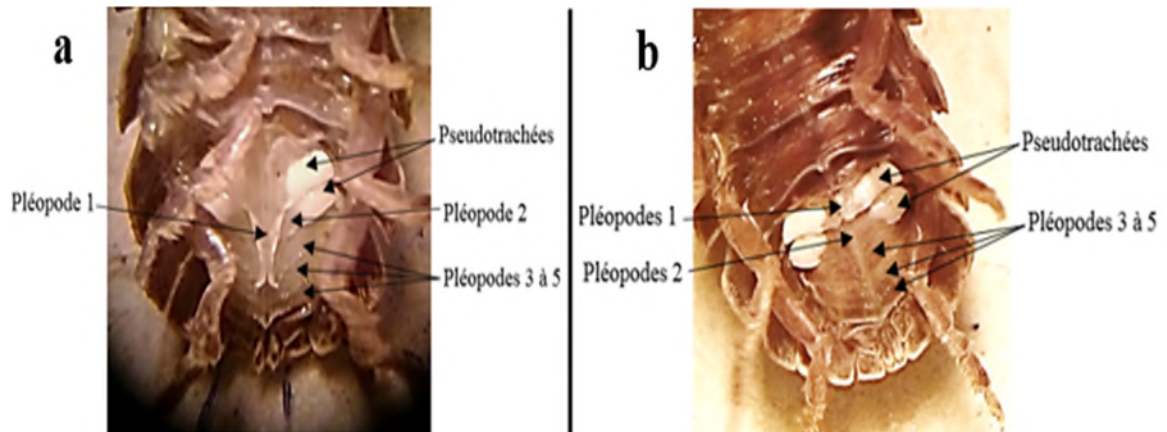


Figure 9 -morphologie du pléon (face ventrale) chez un mâle (a) et chez une femelle (b) *d'Armadillidium* sp (Original).

II.1.4.4. Préparation des contaminants

A. Détermination des ETM

Les deux prélèvements effectués (solution) sont analysés par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAA) qui permet d'identifier les éléments traces métalliques (ETM) contenus dans les échantillons. Les analyses de ces deux derniers révèlent des concentrations élevées de cuivre et de cadmium contenu respectivement dans les solutions (S_1 et S_2).

B. Préparation des concentrations de S_1 et S_2

L'évaluation des tests de toxicité nécessite la préparation des différentes concentrations des contaminants détectés dans la solution S_1 et S_2 . Pour se faire, des concentrations de ses éléments ont été diluées avec un ordre logarithmique décroissant on utilisant la loi suivante : $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$.

Exemple : Le cas de cadmium contenu dans S_2

$$\begin{array}{l}
 C_1 = 0.03 \text{ mg.l}^{-1} \\
 V_1 = 250 \text{ ml} \\
 V_2 = (C_1 \times V_1) / C_2 = (0.03 \times 250) / 0.015 = 125 \text{ ml.}
 \end{array}
 \quad \Longrightarrow \quad
 \begin{array}{l}
 C_2 = C_1 / 2 = 0.015 \text{ mg.l}^{-1} \\
 V_2 = ?
 \end{array}$$

C. Préparation du mélange de plastique « PP, PEBD, PEHD »

L'ordre logarithmique décroissant est ainsi utilisé pour la préparation des différentes doses de mélange PP, PEBD, PEHD à partir d'une quantité initiale connue (20 g) nécessaire à la fabrication d'une boîte de la margarine.

Les concentrations de chaque élément contaminant sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau III : Concentrations des contaminants utilisés dans le bio-essai.

Concentrations	[Cd] mg.l ⁻¹	[Cu] mg.l ⁻¹	Le mélange /gramme « PEBD, PEHD, pp »
La concentration initiale de la solution mère.	0.03	0.01	20
1/2 de la concentration de la solution mère.	0.015	0.005	10
1/4 de la concentration de la solution mère.	0.0075	0.0025	5
1/8 de la concentration de la solution mère.	0.0037	0.0012	2.5

II.2. Essai de toxicité

Avant de commencer l'essai, les cloportes doivent être gardés pendant sept jours dans le laboratoire, pour qu'ils puissent s'adapter aux conditions de laboratoire (sol, température, éclairage et alimentation).

II.2.1. Principe du test de toxicité aiguë

Ce biotest consiste à déterminer les éventuels effets nocifs des rejets industriels sur les Isopodes terrestres pendant une courte durée (28 jours), où nous avons mesuré le taux de mortalité pendant cette période. L'intérêt de ce test est de déterminer la DL₅₀ qui est la dose létale pour 50 % de la population expérimentée.

II.2.2. Contamination du milieu d'essai

Pour chaque contaminant, nous appliquons quatre doses différentes. L'utilisation d'un témoin est nécessaire pour faciliter l'interprétation des résultats ainsi que pour vérifier l'acceptabilité des conditions expérimentales. Chaque dose est répartie sur le sol contenue dans des boîtes en plastique à couvercle perforés pour permettre une bonne aération.

Afin d'aboutir à une meilleure exploitation des résultats de cet essai, nous avons fait quatre répétition pour chaque dose préparée en se référant à la concentration initiale du contaminant prélevé sur le terrain.

Dans le but d'assurer un milieu favorable pour la survie des cloportes durant toute la période d'essai, nous avons tenu de respecter toutes les exigences biologiques des cloportes. En effet, dans les 60 boîtes (20 boîte pour chaque contaminant) de dimension identique, nous avons mis dans chacune un substrat composé de :

- 250g du sol.
- Des feuilles mortes du milieu d'origine, des épluchures de pomme de terre et de carotte fraîche.

La contamination du substrat est faite par pulvérisation des dilutions des contaminants tout au long des boîtes. La poudre du complexe des polymères est mélangée avec le sol ensuite humidifié.

L'humidification du substrat est recommandée tous les trois jours pour conserver un milieu favorable à la survie des cloportes.

Après imprégnation des contaminants pendant 1 heure, cinq mâles et cinq femelles de cloportes adultes sont introduits dans chaque boîte (**Figure 10**).

Les indices morphologiques, comportementaux et les taux de mortalité sont vérifiés chaque semaine pendant 28 jours.



Figure 10 - Boîtes contenant les cloportes lors de l'essai toxicologique au laboratoire
(Original).

II.3. Analyse histologique

Afin d'enrichir les résultats obtenus lors du test aigue, nous avons jugé utile d'effectuer des coupes histologiques au niveau de la cuticule des cloportes, élément de barrière chez les arthropodes empêchant la pénétration des xénobiotiques.

II.3.1. Matériel

Pour réaliser les coupes histologiques, le matériel approprié pour cette démarche est indiqué dans le tableau IV.

Tableau IV : Différents produits et matériel utilisés dans l'étude histologique.

Appareillages	Produits chimiques
- Appareil de circulation	- Formol 10%
-Appareil d'enrobage(LEICA)	- Eukit (PANREAC)
- Microtome (LEICA)	- Xylène
- Plaque chauffante (LEICA)	- Ethanol
- Plaque réfrigérante (LEICA)	- Eosine
- Etuve (BINDER)	- Hématoxyline.

II.3.2. Préparation des échantillons

Après 28 jours passés du test de toxicité aigüe, les individus de cloportes morts suite à leur exposition aux contaminants ainsi qu'un échantillon témoin sont conservés dans le formol à 10%, cela permettra d'accomplir l'étude histopathologie de la cuticule des cloportes. Plusieurs étapes ont été effectuées : fixation, inclusion, coupe, coloration et montage pour des observations microscopique. Selon la méthode de **Hould, (1984)**.

A. La fixation

La fixation permet la conservation des structures cellulaires et le durcissement des pièces. Elle est réalisée directement après la dissection de la cuticule des cloportes, par immersion de ces derniers dans le formol à 10%.

B. Inclusion

Après avoir sortis les échantillons du formol et rincés plusieurs fois à l'eau déminéralisée, trois étapes ont été suivies.

✓ **Déshydratation** : par immersion successives des échantillons dans des bains d'alcool à degré croissant ce qui permet l'élimination du fixateur et d'extraire toute l'eau du tissu.

✓ **Eclaircissement** permet de remplacer l'agent déshydratant (alcool) par un produit miscible (**xylène**) dans la solution d'imprégnation.

✓ **Imprégnation** : afin de donner une consistance uniforme au tissu et de lui fournir un support interne, les échantillons ont été placés dans des moules spéciale et par la suite dans un bain de paraffine liquide. Après le refroidissement, des blocs de paraffine durs ont été formés.

C. Coupe

Les blocs de paraffine ont été découpés à l'aide d'un microtome de type Leica afin d'obtenir des coupes fines, de 3 µm d'épaisseur, et qui sont par la suite étalés sur des lames.

D. Coloration

Elle permet de distinguer les différentes structures tissulaires, et pour la faire, les lames ont été déparaffinées (par le chauffage jusqu'à la fusion de la paraffine) et réhydratées avec

l'alcool à degré décroissant (un bain d'alcool à 100°, deux bains d'alcool à 95° puis un bain d'alcool à 70°) puis colorées par l'hématoxyline & éosine.

L'hématoxyline colore les noyaux en bleu violacé et l'éosine colore le cytoplasme en rose.

E. Montage

Après avoir subi une nouvelle déshydratation, les échantillons colorés ont été montés entre lames et lamelles avec l'Eukit. Cette étape a pour but de préparer les lames à l'observation microscopique et de les conserver pendant plusieurs années.

F. Observation

L'observation des coupes histologiques a été réalisée avec un microscope optique équipé d'une caméra permettant la prise d'images avec un logiciel d'imagerie numérique.

II.4. Méthodes d'exploitation des résultats

Dans le but d'analyser objectivement les résultats obtenues, nous avons opté à l'utilisation du l'Excel 2013 afin de déterminer l'effet de la pollution industriel sur le poids des cloportes exposés aux différents contaminants durant 28 jours. Nous avons aussi utilisé la fonction sigmoïdale de Boltzmann pour déterminer la DL₅₀ à l'aide de logiciel ORIGIN Pro 9.1.

Chapitre III :
Résultats et discussion

Test de toxicité aigue

A travers le biotest le dénombrement des individus morts a été fait chaque semaine pendant une durée de 28 jours d'exposition des cloportes aux différentes concentrations et doses de trois contaminants.

Les résultats montrent une mortalité variable, selon les contaminants utilisés ainsi que leurs concentrations ; elle est importante pour la solution contenant le cuivre (S_1) et moins importante pour celle contenant le cadmium (S_2) et aussi dans le mélange de poudre de plastique.

Les Tableaux (V, VI et VII) et les graphes explicatifs ci-joints permettent la mise en évidence de l'effet de ces contaminants sur la mortalité et le poids des cloportes.

III.1. Effet de solution S_1 contenant le cuivre

III.1.1. Effet sur la mortalité

Le nombre des cloportes morts en fonction des concentrations de cuivre contenu dans la solution S_1 obtenus après quatre semaines d'exposition sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau V - Pourcentage de mortalité des cloportes morts en fonction des concentrations de cuivre contenu dans la solution S_1 pendant les quatre semaines d'exposition.

Temps [C] mg/L	T=0	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Témoin	0%	0%	0%	0%	0%
0.0012	0%	7.5%	17.5%	25%	37.5%
0.0025	0%	7.5%	17.5%	32.5%	45%
0.005	0%	7.5%	30%	55%	75%
0.01	0%	20%	50%	67.5%	85%

Après **une semaine**, en dehors de la concentration témoin, la mortalité est enregistrée pour toutes les concentrations, le taux de mortalité augmente en fonction des concentrations

croissantes du contaminant utilisé ; à la concentration 0,01mg/l on note 20% de mortalité et 7,5% pour les autres concentrations (0,005 ; 0,0025 et 0,0012 mg/l).

Après la **deuxième semaine** on a observé la mortalité de la moitié (50%) de la population à la dose 0,01mg/l et 30 % à la dose 0,005mg/l, une faible mortalité (17,5%) est notée pour les doses 0,0025 mg/l et 0,0012 mg/l.

Après la **troisième semaine** on note 13 individus vivants à 0,01 mg/l ce qui correspond à un taux de mortalité le plus élevé (67.5%), en revanche le taux de mortalité le plus faible (25%) est signalé pour la concentration de 0.0012mg/l.

Après la **quatrième semaine**, des mortalités de 85%, 75%, 45%, 37.5% ont été enregistré respectivement pour les concentrations 0.01mg/l, 0.005mg/l, 0.0025mg/l, 0.0012mg/l.

La solution S1 contenant le cuivre a causé une mortalité de 10,62% et de 60,62% respectivement après la première et la dernière semaine pour toutes les concentrations confondues.

La DL_{50} a été déterminé durant la 3^{ème} semaine du test, en effet la représentation graphique sigmoïdale réalisée par Origin Pro 9.1 exergue la valeur de la DL_{50} (exprimée par IC_{50}) qui est de 0.0049 mg/L. Ainsi que la forte mortalité des cloportes causée par la S₁ contenant le cuivre (**figure 11**).

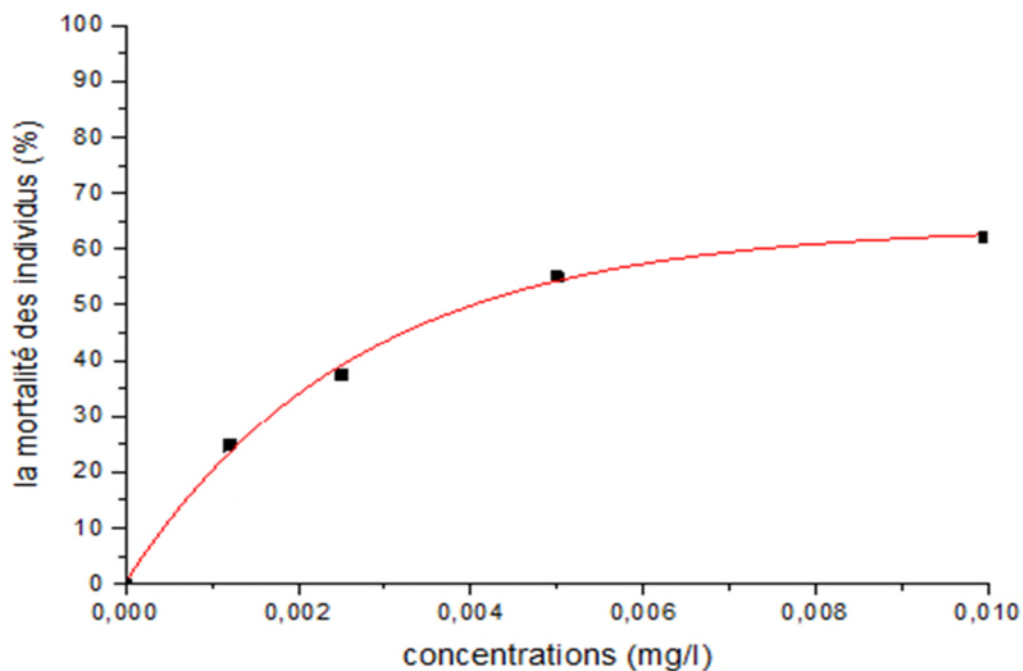


Figure 11 - Expression du pourcentage de mortalité des cloportes en fonctions des concentrations de cuivre contenu dans S₁ durant la 3^{ème} semaine.

III.1.2. Effet sur le poids

Au cours de ce biotest, nous avons constaté une diminution de 1, 3, 5 et 12 mg du poids des cloportes en fonction du temps d'exposition respectivement pour les concentrations 0.0012 mg/l, 0.0025 mg/l, 0.005 mg/l et 0.01 mg/l, il augmente chez les individus témoins d'ordre de 3 mg. La représentation graphique suivante indique, la régression du poids des cloportes contaminés aussi que l'augmentation de ce dernier paramètre chez les sujets témoins.

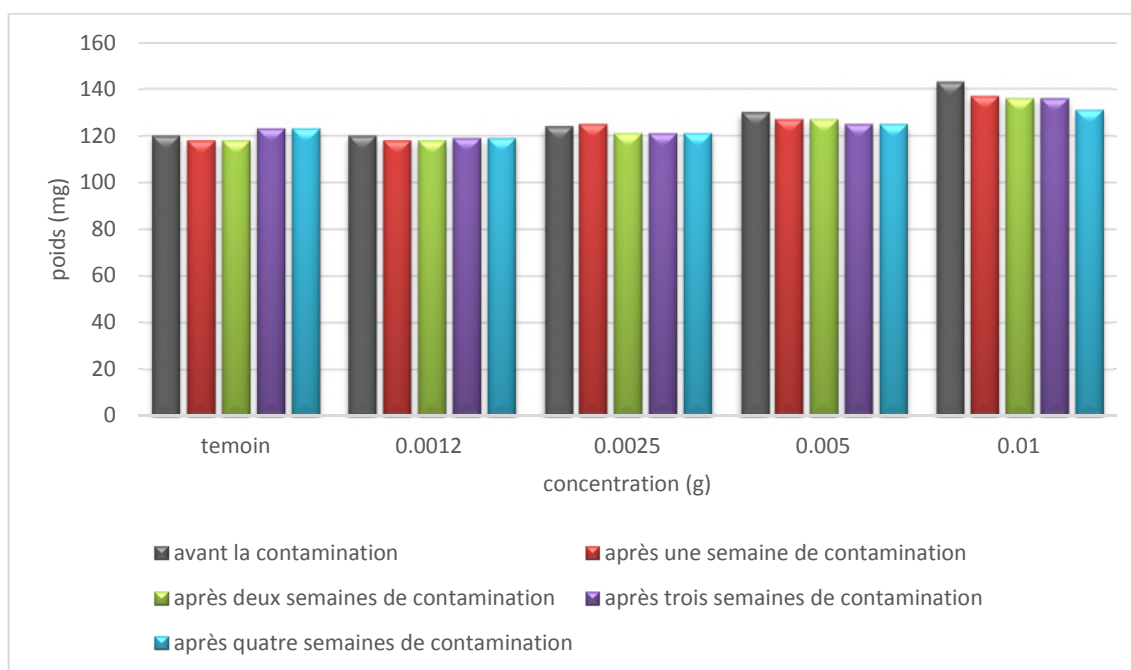


Figure 12– Variation du poids des cloportes en fonction des concentrations de cuivre contenu dans la solution S₁ au cours des 4 semaines (Annexe II).

III.1.3. Discussion

Le taux élevé de mortalité causée par la solution S₁ contenant le cuivre peut être à l'origine de son mécanisme d'action vis-à-vis à la présence de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), ce qui induit la mort et l'apoptose cellulaire par la génération du radical hydroxyle (HO°) comme la indiqué **Krumschnabel et al. (2005)**.



L'augmentation du poids des cloportes témoins et la diminution de celui des cloportes testée, peuvent dus aux conditions favorables mises à la disposition des cloportes témoin

par contre la diminution de celle des individus testés est sous l'effet de contaminant utilisés.

III.2. Effet de la solution S₂ contenant le cadmium

III.2.1. Effet sur la mortalité

Le tableau ci-dessous représente le taux d'individus de cloportes morts pendant quatre semaines d'exposition à différentes concentrations de cadmium contenu dans la solution de S₂.

Tableau VI - Pourcentage de mortalité des cloportes contaminés par la solution S₂ contenant le cadmium durant 28 jours.

Temps [C] mg/L	T=0	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Témoin	0%	0%	0%	0%	2.5%
0.0037	0%	0%	2.5%	5%	17.5%
0.0075	0%	2.5%	5%	10%	17.5%
0.015	0%	2.5%	5%	12.5%	20%
0.03	0%	5%	10%	12.5%	25%

Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité augmente avec un facteur du prolongement de la durée d'exposition, il est aussi proportionnelle à la concentration de la solution utilisée.

Durant la **première semaine**, on remarque l'absence de mortalité à la concentration 0,0037 mg.l⁻¹, par contre une mortalité de 2.5% est notée à 0,0075 mg.l⁻¹ et 0,015 mg.l⁻¹. A une concentration plus élevée (0,03 mg.l⁻¹), le taux de mortalité est double aux concentrations précédentes.

Au cours de la **deuxième semaine**, aucune mortalité n'a été constatée pour le témoin, une mortalité de 2.5% est signalée pour 0,0037 mg.l⁻¹. Une mortalité identique de 5% pour les concentrations 0,0075 mg.l⁻¹ et 0,015 mg.l⁻¹. Elle est de l'ordre de 10% pour 0,03 mg.l⁻¹.

Pour la **troisième semaine**, le taux le plus élevé de mortalité (12.5%) est signalé pour la concentration 0,03 mg.l⁻¹ par contre le taux le plus faible (5%) est constaté à 0,0035 mg.l⁻¹.

Au cours de la **dernière semaine** du test, des mortalités de 2.5%, 17.5%, 17.5%, 20% et 25% ont été détectée respectivement pour le témoin et les concentrations 0,0037 mg.l⁻¹ /0,0075 mg.l⁻¹/0,015 mg.l⁻¹ et 0,03 mg.l⁻¹.

III. 2.2. Effet sur le poids

La représentation graphique suivante illustre la variation du poids des cloportes exposés à la solution S₂ contenant le cadmium durant quatre semaines.

Les résultats obtenus montrent une augmentation de 4 mg du poids des cloportes témoins et une régression chez ceux contaminés par différentes concentrations du cadmium ; à la concentration 0.0037 mg /l, la diminution est de 4 mg. Une légère diminution du poids a été enregistré pour les concentrations 0.0075 et 0.015 mg/l qui est d'ordre de 1 mg, et de 3 mg a la grande concentration (0.03 mg/l).

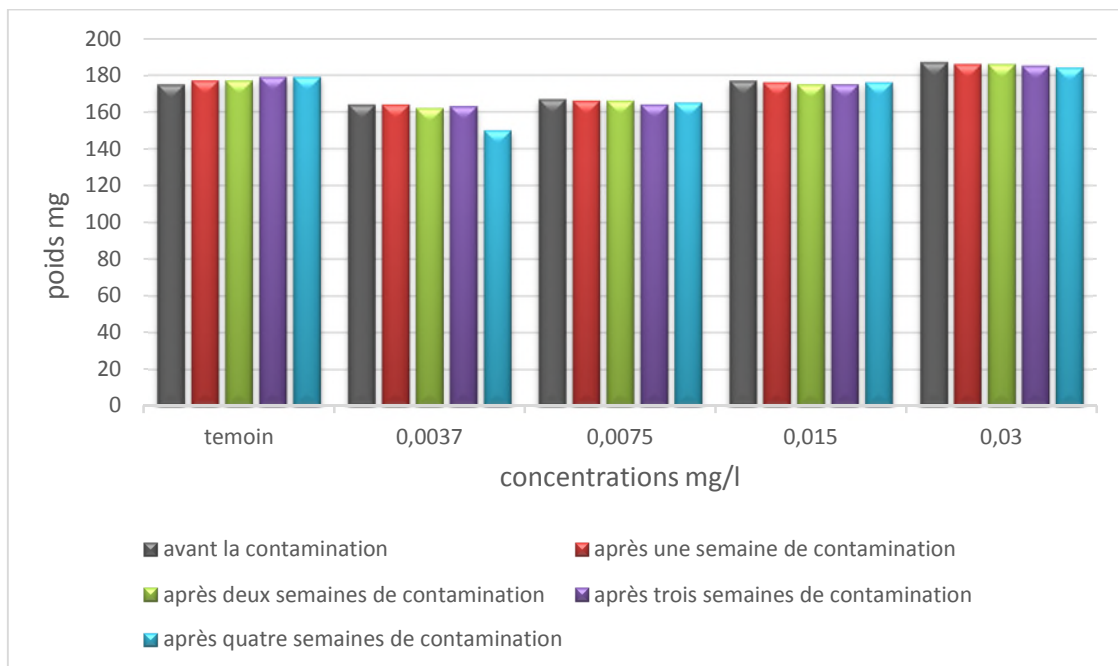


Figure 13– Variation du poids des cloportes en fonction des concentrations de cadmium contenu dans la solution S₂ au cours des 4 semaines (Annexe I).

III.2.3. Autres effets induits par la solution S₂

En parallèle au paramètre de mortalité d'autres anomalies d'ordre morphologique ont été observées chez 8,75% soit 14 individus contaminés par la solution contenant le cadmium (**figure 14**), Les anomalies se manifestent par une :

- Destruction du marsupium.
- Expulsion des œufs en dehors du marsupium.
- Paralysie de la partie supérieure chez certains individus de cloportes.



Figure 14 –Anomalies détectées chez les cloportes contaminés par la solution S₂ contenant le cadmium (a) Destruction du marsupium (b) Expulsion des œufs en dehors du marsupium, (c) Paralysie de la partie supérieure.

III.2.4. Discussion

Etant lipophile, le cadmium peut traverser les membranes biologiques, sa toxicité se manifeste par son pouvoir inducteur des espèces réactives de l'oxygène (ERO) ou par l'inhibition de la réparation de l'ADN (**Waisberg et al. 2003**). Et même par l'interférence avec des métaux essentiels qui jouent un rôle de cofacteur de certaines métalloprotéines et d'autres enzymes, ces mécanismes de toxicité peuvent probablement être la cause de mortalité induite par la contamination des cloportes avec le rejet contenant le cadmium.

Dans ce test de toxicité aiguë, la DL₅₀ n'est pas été déterminée, et cela peut être expliqué par la faible concentration du contaminant. Ce résultat est en accord avec celui de **Crommentujin et al (1994) in Godet (2010)**, qui ont montré que la dose létale pour 50% de la population de *porcillio scaber* (Isopodes terrestres) est de 1000 mg/kg de cadmium. Par ailleurs, **Mazzei et al (2014)**, ont bien montré que les Isopodes terrestres ont la capacité d'accumuler les ETM dans l'hépatopancréas.

La régression du poids des cloportes testés par rapport au témoin peut être expliquée par le stress et la perturbation des fonctions physiologiques induites par le contaminant. Ces

facteurs peuvent être à l'origine des différentes anomalies observées dans ce biotest (destruction du marsupium, expulsion des œufs en dehors du marsupium, paralysie de la partie supérieure des cloportes).

Ce constat est en accord avec les travaux de **Godet et al (2008)**, montrant une diminution de poids chez *Oniscus asellus* (Isopodes terrestres) qui peuplent les milieux contaminé par les ETM.

III. 3. Effet du mélange de la poudre de plastique

III.3.1. Effet sur la mortalité

Les résultats de test de toxicité aigüe du complexe des polymères (PP-PEHD-PEBD) obtenus durant les quatre semaines sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau VII - Pourcentage de mortalité des cloportes contaminés par différentes doses du complexe PP-PEHD-PEBD.

Temps Doses (g)	T=0	1 ^{ère} semaine	2 ^{ème} semaine	3 ^{ème} semaine	4 ^{ème} semaine
Témoin	0%	0%	0%	0%	0%
2.5	0%	0%	5%	7.5%	10%
5	0%	2.5%	7.5%	12.5%	20%
10	0%	2.5%	7.5%	12.5%	20%
20	0%	5%	15%	25%	25%

D'après les résultats obtenus on a remarqué que le taux de mortalité des cloportes exposés au complexe des polymères PP-PEHD-PEBD est faible et aussi variable selon les doses utilisées.

Après la **première semaine** nous avons observé des mortalités de 5 % à la dose 20g et de 2,5 % pour les doses 5 et 10 g. Aucune mortalité n'a été observée chez les témoins et aussi à la doses de 2,5 g.

Au cours de la **deuxième semaine** le taux de mortalité des cloportes est de 15% à la dose 20g et de 7,5% pour les doses 5 et 10g, elle est aussi de 5% à la dose 2,5 g. Aucune mortalité des témoins n'a été détectée.

Après la **troisième semaine**, le taux de mortalité le plus faible et le plus élevé, sont de 7.5% et de 25% respectivement pour les doses 2,5g et 20g.

Durant la **quatrième semaine**, le taux de mortalité demeure 25% pour la dose de 20g, il est de 20% pour les doses 5g et 10g. La dose (2,5g) du complexe polymère cause une mortalité minimale de 10%.

III.3.2. Effet sur le poids

Les résultats obtenus révèlent une régression du poids (4 à 7 mg) des cloportes exposés aux différentes doses de la poudre du plastique, à l'exception de la dose 10g pour laquelle nous avons constaté une légère augmentation de 2 mg à la fin de la quatrième semaine. Par contre il reste constant durant la période du biotest chez les individus témoins. (**Figure 15**).

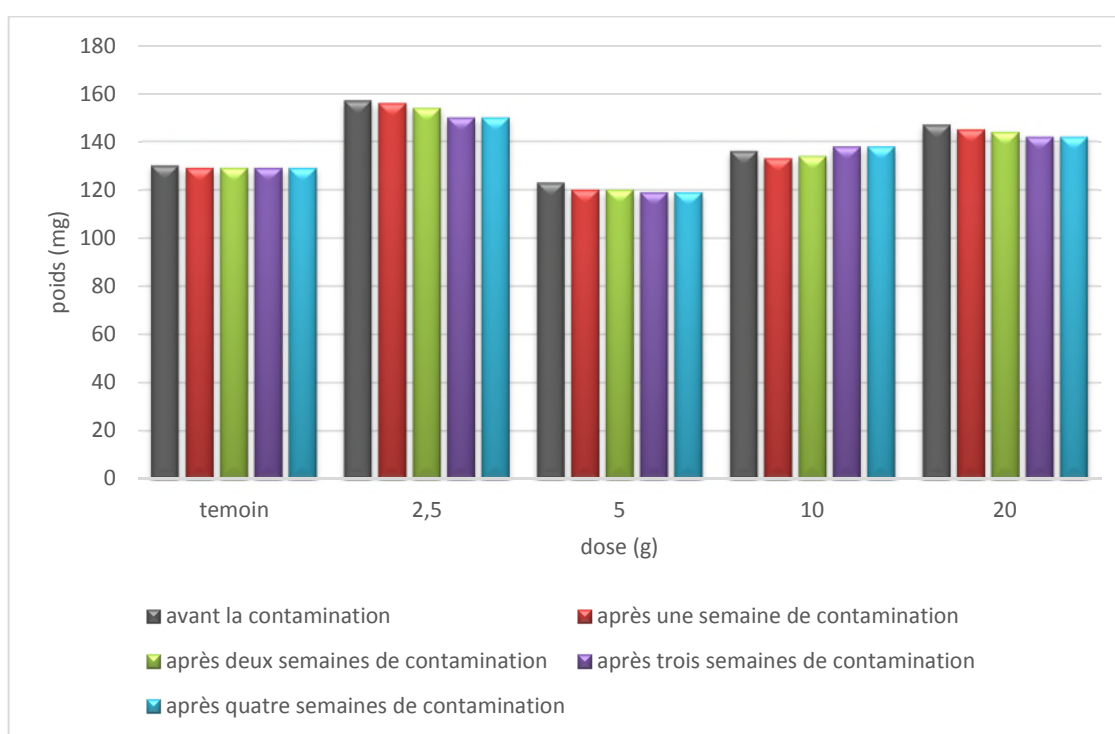


Figure 15 –Variation du poids des cloportes en fonction des doses de la poudre du plastique au cours des 4 semaines (Annexe III).

III.3.3. Discussion

D'après les résultats obtenus, le mélange de la poudre plastique provoque une faible mortalité qui pourrait être expliquée par sa toxicité chronique ou par la résistance des

cloportes à cette matière. A titre d'exemple, les animaux marin morts à cause de l'ingestion du plastique rejeté dans l'océan, où les tortus confondent le méduse au sac de ce dernière (Lacaze, 1993).

La littérature ne nous a fournie aucune information concernant l'impact de plastique sur la pédofaune du sol, par ailleurs, Barlow *et al* (2003), ont montré que les phtalates utilisés généralement pour augmenter la flexibilité de plastique, provoque une toxicité sur la fonction reproductrice masculine chez le rat.

Il en ressort des résultats précédents que le plastique réduit le poids des cloportes pour toutes les doses utilisées.

Comparant à l'étude de Li *et al* (2016), ayant travaillé sur un autre modèle biologique le rat, chez lequel ont montré une diminution du poids suite à une injection de bisphénol A (BPA) qui provoque un changement de l'activité métabolique de ce rongeur.

L'augmentation du poids des cloportes enregistré pour la dose de 10 g dans la troisième et la quatrième semaine, pourrait être interprétée par la présence des femelles gravides. En effet, la période d'essai a coïncidé avec la période propice de la reproduction chez les cloportes.

III.4. Effet des trois contaminants sur la mue

Au cours des trois tests de toxicité effectués sur les cloportes, nous avons remarqué que le nombre de cloportes présentant une mue dans les boites à milieux contaminés à différentes concentrations est plus élevé (68,12%, 65%, 60%) par rapport aux milieux témoins (65%, 41,25%, 35%) respectivement pour la poudre du plastique, S₁ et S₂. Ces individus sont morts par la suite, (50%, 30,92%, %36,36) de taux de la mortalité total pour chaque contaminant, alors que ceux des milieux témoins restent en vie.

III.4.1. Discussion

La mort suivant la mue des individus des milieux contaminés peut être causée par la fragilité de la nouvelle cuticule qui ne résiste pas aux éléments toxiques. Des résultats similaires ont été démontrés par Madi-Morsli (2016), sur les crevettes (*Penaeus kerathurus*) traité par un insecticide (dimilin), ou il indique que chez les individus traités la nouvelle cuticule formée est fragile et incapable de résister aux remaniements de la mue, c'est ce qui entraîne la mort de ce crustacé aquatique.

III.5. Etude histologique

Après avoir complété la démarche expérimentale nécessaire à la réalisation des coupes histologique fines de la cuticule des cloportes de chaque essai et leurs témoins. Ces dernières sont étalées et observées au microscope optique.

L'étude histologique réalisée sur la cuticule des cloportes a révélé une organisation architecturale normale chez les témoins (**figure 16**).

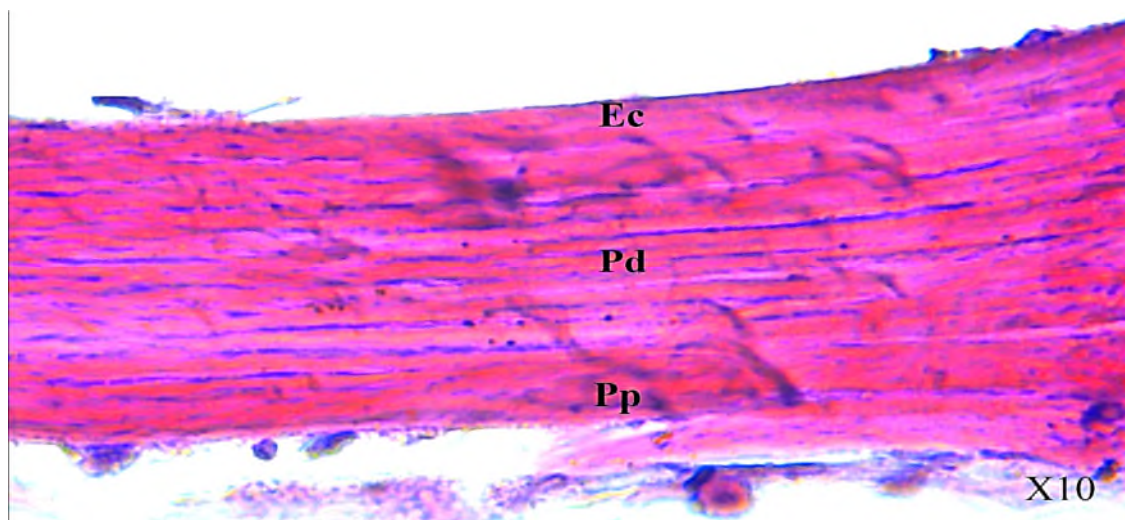


Figure 16 – Coupe histologique de la cuticule de cloporte témoin. Ec. Epicuticule ; Pd. Procuticule distale ; Pp. procuticule proximal.

Chez les groupes testés, les coupes histologiques révèlent une désorganisation de l'architecture de la cuticule, désignée par une divergence des jonctions cuticulaires des cloportes contaminés par le mélange de plastique. Une destruction partielle et désorientation de la stratification de la cuticule des individus notée, par la solution S₂ contenant le cadmium. En revanche une destruction totale a été observée chez le groupe contaminé par la solution S₁ contenant le cuivre.

Les figures ci-jointes illustrent les structures de la cuticule des individus contaminés par les différents rejets industriels.

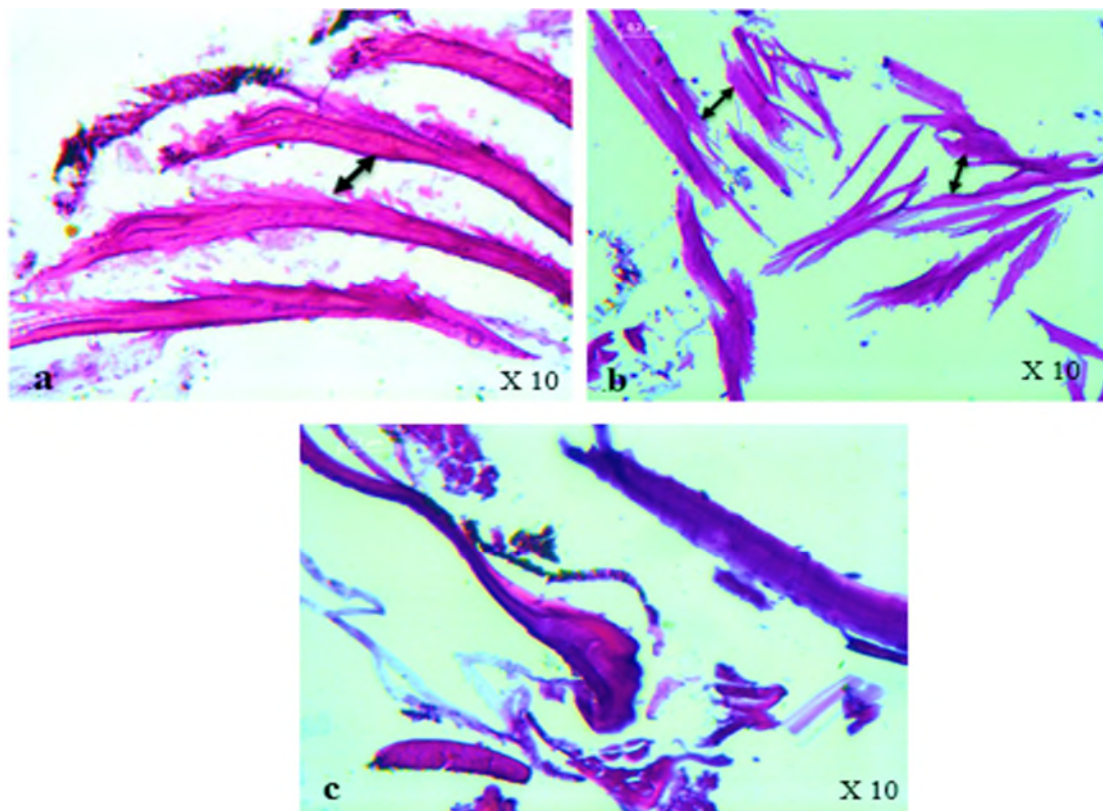


Figure 17– Coupes histologique de la cuticule des cloportes testés contaminés par : (a) la poudre du plastique, (b) la solution S₂ contenant le cadmium (c) la solution S₁ contenant le cuivre.

III.5.1. Discussion

Les observations histologiques des tissus et des cellules sont des outils précieux pour évaluer les effets toxiques des polluants sur plusieurs espèces (**Oluah et al., 2010**).

En effet, l'étude histologique de la cuticule des cloportes exposés aux rejets industriels révèle réellement le degré de la toxicité des trois contaminants utilisées, où nous avons mis en évidence des altérations graves, pouvant aller jusqu'à la destruction totale de la structure cuticulaire.

Ces résultats sont en accord avec ceux réalisés par **Madi-Morsli (2016)**, qui a testé l'effet d'un insecticide (dimilin) sur un Crustacé, *Penaeus kerathurus* et qui a mis en évidence des modifications de l'ultrastructure de sa cuticule.

Chez d'autres modèles biologiques, les vers de terre appartenant au Lumbricidae, **Zeriri (2014)**, a montré que le Méthomyl (insecticide appartenant à la famille des carbamates) provoque la perte de l'intégrité structurelle des tissus épithéliaux chez les Lumbricidae.

*Conclusion et
perspectives*

Conclusion

La présente étude porte sur une évaluation des effets de certains contaminants contenus dans les rejets industriels sur une espèce bio-indicatrice du degré de pollution de l'environnement.

Le choix du modèle utilisé (Isopodes terrestres) répond aux critères d'exigences d'une espèce bio-indicatrice (résistance à la pollution, capacité d'accumulation ...), facilitant ainsi la réalisation de cette étude.

L'analyse des métaux lourds effectuée sur les contaminants échantillonnés nous a permis de prendre en considération une solution contenant un taux élevé du cuivre (S_1) et une solution de cadmium (S_2). De plus nous avons utilisé un autre contaminant d'un mélange de matière plastique (PP, PEBD et PEHD).

Les résultats obtenus dans le test de toxicité aiguë des trois contaminants révèlent une forte toxicité de S_1 dont on a déterminé une DL_{50} de 0.0049 mg/l. Une faible toxicité de la solution S_2 dont on note 17,5% et 25% de mortalité respectivement pour les concentrations 0.0035mg/l et 0.03mg/l. La poudre de plastique présente une mortalité très faible (10%) à la dose 2.5g et de 25% à une dose de 20g.

Un autre paramètre nous a permis de déterminer l'effet des rejets industriels sur la masse corporelle des cloportes, mesurée le long de la durée du test. L'analyse de cet élément et comparativement au témoin indique une diminution du poids des individus exposés aux trois contaminants.

Par ailleurs, d'autres symptômes induits par la solution S_2 , ont été décelés, tels qu'une paralysie de la partie supérieure, une destruction de marsupium et une expulsion des œufs en dehors de cette cavité. Ces anomalies ont été observées chez (8,75%) des individus testés.

Un enrichissement des données du test de toxicité aiguë est complété par l'étude histologique réalisée sur la cuticule des cloportes. L'analyse des coupes histologiques de cette dernière, montre une désorganisation de l'architecture cubulaire des individus testés.

Probablement ces effets peuvent être dus aussi à d'autres éléments toxiques présents dans les solutions utilisées (S_1 et S_2) sur le biotest.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus dans cette étude préliminaire ouvrent de nouvelles portes pour une recherche et un suivi plus détaillé du devenir de ces contaminants dans les organismes vivants.

Perspectives

Afin de mieux comprendre l'effet des rejets industriels sur les organismes vivants, d'autres recherches doivent être effectuées.

Il est donc nécessaire d'effectuer d'autres analyses complémentaires (microbiologiques, physico-chimiques...) afin de déterminer la composition exacte de chaque rejet industriel avant d'entamer les tests de toxicité, Ceci, dans le but de connaître l'effet et le mécanisme exact de chaque élément de ces rejets ainsi écarter l'existence d'autres éléments qui peuvent influencer négativement sur la fiabilité des résultats.

A l'issue du travail que nous avons réalisé sur la toxicité, il serait intéressant à l'avenir d'aborder un autre test qui pourra révéler les effets chroniques de ces rejets industriels.

*Références
bibliographique*

Références bibliographiques

A

Anonyme 1 : Commission européenne. (2003). Pollution industrielle, solutions européennes : les technologies propres. <http://nyby.avestapolarit.com/ed>, 29p.

B

Barlow, N J., Phillips, S L., Wallace, D G., Sar, M., Gaido, K W., & Foster, P M. (2003). Quantitative changes in gene expression in fetal rat testes following exposure to di (n-butyl) phthalate. *Toxicological sciences*, 73(2), p 431-441.

Barlow, N. J., Phillips, S. L., Wallace, D. G., Sar, M., Gaido, K. W., & Foster, P. M. (2003). Quantitative changes in gene expression in fetal rat testes following exposure to di (n-butyl) phthalate. *Toxicological sciences*, vol73(2), p 431-441.

Ben Hamiche, N. (2015). Contribution à l'étude de l'influence climatique, lithologique et anthropique sur la variation des paramètres physico-chimique des eaux d'un aquifère du nord-est algérien : Cas de la base Soummam, Bejaia. Thèse de doctorat : analyse de l'environnement et Biodiversité : université de bejaia.

Besse, G. (1976). Contribution à l'étude expérimentale de la physiologie sexuelle femelle chez les crustacés isopodes terrestres. Université de Poitiers. France.

Bourbia-Ait Hamlet, S. (2013). Évaluation de la toxicité de mixtures de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *Helix aspersa* ; Thèse de doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, Algérie, 110 p.

Bouterfa, M. (2011). Etude de la détermination du paramètre d'interaction entre deux polymères par voie mécanique "effet du compatibilisant sur ce paramètre" ; Magister : génie des procédés : université Ferhat Abbas Sétif, 60p.

Bowman, T E., Abele, LG. (1982). Classification of therecent Crustacea. The biology of Crustacea (Bliss DE, ed).New York: Academic Press, 1-2p.

C

Cambier, P., Schvartz, C., & Van Oort, F. (2009). Contaminations métalliques des agrosystèmes et écosystèmes péri-industriels. Editions Quae, p220.

Charpin, D., Pairon, J C., Annesi-Maesano, I., Caillaud, D., de Blay, F., Dixsaut, G., Housset, B., Meurice, J C., Roussel, I., Zmirou, D., Delaval, P., Dalphin, J C. (2016). La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la Société de pneumologie de langue française (SPLF) *Revue des Maladies Respiratoires*, vol 33, p484-508.

Cortet, J., Gomot-De Vaublery, A., Poinso-Balaguer, L., Texier, C et Cluzeau, D. (1999). The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur. J. Soil Biol.* Vol 35(3), p 115-134.

D

Dairi, B. (2015). Récupération des déchets de PET et leur utilisation dans les mélanges PP/PET et PP/farine de bois ; Thèse de doctorat : génie des procédés : université de Bejaia, 169p.

Djoudad-Kadji, H., Kadji, B., Benslimane, S., Exbrayat, J. M., Iguer-Ouada, M., & Chevalier, C. (2012). Description histologique des différents stades de développement ovocytaire de *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) dans l'oued Soummam (Algérie). *Rev Fr Histotechnol*, 25, p 11-19.

Doublet, V. (2010). Structure et Evolution du Génome Mitochondrial des Oniscidea (Crustacea, Isopoda) ; Thèse de doctorat : l'Université de Poitiers, France ; p 168, p 15-19.

G

García-Pérez, J., Pérez-Abad, N., Lopea, V., Castelló, A., Pollána, M., González-Sánchez, M., Valenciac, J L. (2016). Breast and prostate cancer mortality and industrial pollution. *Environmental Pollution* Vol 214, P 394–399.

Garrec, J P., & Delzenne-Van Haluwyn, C. (2002). Biosurveillance végétale de la qualité de l'air: concepts, méthodes et applications. Éditions Tec & Doc, Paris, p 117.

Gehring, F. (2013). Etude du comportement mécanique et de l'endommagement de composites thermoplastiques renforcés de fibres courtes de chanvre : Approche expérimentale et modélisation ; Thèse de doctorat : Université de Lorraine, 137p.

Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2010). *Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols* (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.

Godet, J P., Doucy, f., Leprêtre, A., Ptuvot, C.(2008). Intérêt de l'utilisation de la biométrie chez les isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité du sol pollué par les éléments traces métalliques (Cd, Pb, Zn). Laboratoire environnement santé, FLST, vol 41, p1-7.

Godet, J-PH. (2010). Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : Recherche de paramètres indicateurs de la pollution par les éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. Thèse de doctorat : l'Université Lille 1, 231p.

Goujons, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques, édition Lavoisier ,220 p.

Graf, F. (1978). Les sources de calcium pour les crustacés venant de muer. Arch. Zool. Exp. Gén., Vol 119, p 143-16.

Grelle, C. (1998). Impact des métaux lourds sur les peuplements de macroinvertébrés de la faune du sol - Influence du cadmium et du plomb sur différents aspects de la physiologie de deux modèles biologiques : *Lithobius forjicatus* (Myriapode Chilopode) et *Eiseniafetida* (Annélide Oligochète). Thèse de doctorat : Université de Lille, 115p.

H

Hoese, B. (1984). The marsupium in terrestrial isopods. The biology of terrestrial isopods. Symposium of the Zoological Society of London, 520 p.

Hopkin, S. P. (1991). A key to the woodlice of Britain and Ireland. *Field studies*, vol 7(4), p 599-650.

J

Juchault, P. (1966). Contribution à l'étude de la différenciation sexuelle mâle chez les crustacés isopodes. SFIL et impr. M. Texier réunies.

K

Kalenda, G. M. (2014). *Comportement des sols latéritiques compactés dans les remblais et digues de retenue des rejets miniers du Katanga (RDC)*. Presses universitaires de Louvain, 85 p.

Khelil, R., Ould el hadj-khelil, A., Dadamoussa, B., Cabello-hurtado, F., et Esnault, M A. (2014). Effet de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures sur le lichen *xanthoria parietina* dans la zone de Hassi Messaoud. Algerian journal of arid environment. Université d'Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie. 98 vol. 4, n° 2, p 98-106.

Krumschnabel, G., Manzl, C., Berger, C., and Hofer, B. (2005). Oxidative stress, mitochondrial permeability transition, and cell death in Cu-exposed trout hepatocytes.

L

Lacaze, J C (1993). La dégradation de l'environnement côtier conséquences écologiques. Edition Masson. 120 boulevard saint-germain 75280 paris cedex 06, 141p.

Lefebvre, F. (2002). Stratégies de reproduction chez les crustacés isopodes terrestres. Thèse de doctorat : l'université de Poitiers, 162 p.

Li, J., Mao, R., Zhou, Q., Ding, L., Tao, J., Ran, M. M., & Hou, L. F. (2016). Exposure to bisphenol A (BPA) in Wistar rats reduces sperm quality with disruption of ERK signal pathway. *Toxicology mechanisms and methods*, vol 26(3), p180-188.

M

Madi-Morsli, S. (2016). Etude des effets secondaires d'un insecticide sélectif, le Dimilin sur la physiologie de la Crevette, *Penaeus kerathurus* (Crustacé, Décapode). Etude ultra structurale et composition biochimique de la cuticule ; Thèse de doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, Algérie, 97 p.

Martin G, Juchault P, Legrand J-J, 1973. Mise en évidence d'un micro-organisme intracytoplasmique symbiote de l'Oniscoïde *Armadillidium vulgare* L., dont la présence accompagne l'intersexualité ou la féminisation totale des mâles génétiques de la lignée thélygène. *C. R. Acad. Sci. III*, 276 : 2313-2316.

Mazzei, V., Longo, G., Brundo, M. V., Sinatra, F., Copat, C., Conti, G. O., et Ferrante, M. (2014). Bioaccumulation of cadmium and lead and its effects on hepatopancreas morphology in three terrestrial isopod crustacean species. *Ecotoxicology and environmental safety*, vol 110, p269-279.

Mead F, 1973. Recherches sur la reproduction et le comportement sexuel des isopodes terrestres. Thèse Université de Provence.

Mead, F. (1976). La place de l'accouplement dans le cycle de reproduction des isopodes terrestres (Oniscoidea). *Crustaceana*, vol 31, p 27-41.

MounI, L. (2004). Etude et caractérisation physico-chimique des rejets dans l'oued Soummam. Mémoire de magistère : génie des procédés : Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 120p.

N

Nalbone, G., Cicolella, A., Laot-Cabon, S. (2011). L'exposition humaine au bisphénol A : un facteur de risque environnemental des maladies métaboliques et cardiovasculaires. *Médecine & Longévité*, vol 3, p42-51.

O

Oluah, N S., Obiezue, R N., 1Ochulor, A J., Onuoha, E., (2010). Toxicity and histopathological effect of atrazine (herbicide) on the earthworm *Nsukkadrilusmbae* under laboratory conditions. *Animal Research International*, 7(3), p1287 – 1293.

P

Picaud, JL., Souty-Grosset, C., Martin, G. (1989). Vitellogenesis in terrestrial isopods: female specific proteins and their control. In: *The biology of terrestrial isopods*. Urbino: Monitore Zool. Ital. (N.S.) Monogr, Vol 4, p 305-331.

R

Ramade, F. (1982). Élément d'écologie – Ecologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Édition MC GRAW-HILL. 7^e édition. Paris, 422p.

Ramade, F. (1993). Equitabilité in dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Edition science internationale Paris, 822p.

Ramade, F. (2007). Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications, Edition TEEC&DOC, Paris- Sud, 584p.

Ramade, F. (2011). Introduction l'écochimie, les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. Édition TEEC&DOC. Paris, 540p.

Rebah, M. (2005). Les risques écologiques en Algérie, Edition A.P.I.C. Alger Algérie, 221p.

S

Séchet, E. (2004). Contribution à l'inventaire des Crustacés Isopodes terrestres (Cloportes) de Vendée. Le naturaliste vendéen N° 4, p 65-79.

Séchet, E., Noël, F. (2007). Crustacés isopodes terrestres du Nord-Ouest de la France (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). Invertébrés armoricains, Vol 2, p 1-48.

Soudi, B., Rahoui, M., Chiang, C., Badraoui, M., Abousaleh, A. (2000). Eléments méthodologiques de mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux et des sols dans les périmètres irrigués. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat Maroc, p105-120.

Steel, CGH. (1982). Stages of the intermoult cycle in the terrestrial isopod *Oniscus asellus* and their relation to biphasic cuticle secretion. Can. J. Zool. Vol 60, p 429-437.

Štrus, J., Klepal, W., Repina, J., Tušek- Žnidaric, M., Pipan, Ž (2008). Ultrastructure of the digestive system and the fate of midgut during embryonic development in *Porcillio scaber* (crustacea: Isopoda). Arthropod structure & development, vol 37, p287-298.

V

Vandel, A. (1960). Isopodes terrestres (première partie). In : Faune de France.1^{er} édition. Paris, 416p.

Viala, A ; Botta, A. (2005). toxicologie. edition lavoisier, 1122p.

W

Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B., Beyersmann, D., (2003). Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. Toxicology 192, p 95–117.

Y

Yves, N. (2008). Comparaison des mécanismes de toxicité redox du cadmium, du cuivre et du zinc : place des metallothioneines et de p53 ; Thèse de doctorat : Université Joseph Fourier – Grenoble 1, France, 297 p.

Z

Zeriri, I. (2014). Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates ; Thèse de doctorat : Université Badji Mokhtar – Annaba, Algérie, 56 p.

Annexes

Résumé

Les rejets industriels sont l'un des causes principales de la pollution de l'environnement. L'objectif de ce travail est d'évaluer les éventuels effets de certains rejets industriels tels que les métaux lourds et les déchets de plastique sur un bioindicateur de pollution du sol, les Isopodes terrestres (*Armadillidium sp.*). L'échantillonnage réalisé sur le terrain, nous a révélé la présence de trois genres d'Isopodes terrestres *Armadillidium*, *Armadillo* et *Porcillio*, notre choix s'est étalé sur *Armadillidium* vue son abondance dans notre site d'échantillonnage. Trois tests de toxicité aigüe ont été effectués sur les cloportes, où les critères d'évaluation sont : taux de mortalité, le poids et la morphologie. Nos résultats mettent en évidence une toxicité confirmée, par un taux de mortalité élevé induit par le contaminant contenant le cuivre (S₁) et par les anomalies morphologiques observés chez les individus exposés au contaminant contenant le cadmium (S₂). Ces effets sont accompagnés par une diminution du poids des cloportes exposés enregistré aux contaminants utilisés (S₁, S₂ et la poudre de plastique). Enfin, L'examen histologique a confirmé la toxicité des trois contaminants sur les cloportes (*Armadillidium sp.*), et ce à travers des désorganisations de la structure cuticulaire.

Mots clés : toxicité, rejets industriels, Isopodes terrestres, bioindicateur, *Armadillidium sp.*

Abstract

The industrial wastes are one of the main causes of the environmental pollution. The objective of this work is to evaluate the possible effects of certain industrial wastes such as heavy metals and the scrap plastic a soil pollution bio-indicator, Isopods terrestrial (*Armadillidium sp.*). The sampling carried out on the ground, revealed us the presence of three kinds of Isopods terrestrial, *Armadillidium*, *Armadillo* and *Porcillio*. Our choice is to spread out over *Armadillidium sp.* (because of his abundance). Three tests of acute toxicity are carried out on the woodlice, where the criteria of evaluation are: death rate, the weight and morphology. Our results highlight a confirmed toxicity, by a high death rate induced by the contaminant containing copper (S₁) and by the morphological anomalies observed at the individuals exposed to the contaminant containing cadmium (S₂). These effects are accompanied by a reduction in the weight of the exposed woodlice recorded to the contaminants used (S₁, S₂ and powder of plastic). Lastly, the histological examination confirmed the toxicity of the three contaminants on the woodlice and this through disorganizations of the cuticular structure.

Keywords: Toxicity, rejections industrialist, Isopods terrestrial, bio-indicator, *Armadillidium sp.*