

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

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

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biodiversité et environnement

Présenté par :

MEGUELLETI Nour El Houda & ZAIDI Zina

Thème

**Contribution à l'étude des effets des pesticides sur
un modèle biologique : (cas de l'escargot terrestre
Helix aspersa)**

Soutenu le : 30 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr ZOUGGAGHE Fatah</i>	<i>Prof</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme MECELLEM Dalila</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme MESRANE BACHOUCHE Nassima</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Avant tout, nous tenons à remercier «Allah» le tous puissant, pour nous avoir donné la force et la patience.

*Nos profonds remerciements à notre promotrice **Mme MESRANE BACHOUCHE Nassima** enseignante à l'université de Bouira de nous avoir suivie régulièrement pour la réalisation de ce travail et de tout ce qu'elle a fait pour nous permettre d'atteindre ces résultats.*

nos professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie pendant les cinq années précédentes.

Nous souhaiterons également remercier les membres de jury qui vont juger notre recherche :

***Monsieur ZOUGGAGHE Fatah** qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.
Madame MECELLEM Dalila qui a bien voulu examiner ce travail.*

Un remerciement spécial pour :

- ✓ *DSA (Direction des services agricoles) de Bouira ;*
- ✓ *Bureau d'agriculture d'El Esnam ;*
- ✓ ***Mr Merdoud Rabeh.***

Un remerciement A toutes et à tous qui, de loin ou de près, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Merci....



DÉDICACE

En terme de reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :

*Ma douce et tendre **mère Djamila** pour son amour, ses conseils précieux et son soutien moral;*

*Mon adorable **père Ahmed** pour tous les efforts qu'il ne cessés de fournir pour mon éducation et ma réussite;*

*Mes adorables **sœurs, Amira et Safaa**;*

*Ma très chère **grand-mère et grand-père** à qui je souhaite une longue vie,
La mémoire de mon **grand père** et ma **grand mère**, que le dieu les accueillent dans son vaste paradis et que leurs âmes reposent en paix;*

*Mes **oncles, mes tantes** et leurs familles;*

*Mes **cousines et cousins**, sortant **Djamal** pour leur aide et soutien moral ;*

*Mes **amis** avec les quelles je garde des souvenirs inoubliable.*

***Cilia** et sa famille **Bousbaine**; et ma Binôme **Zina** et sa famille.*

Je vous aime...



MEGELLATI NOUR EL HOUDA



DÉDICACES

*Je dédie mon diplôme à l'âme de ma **chère mère**;
que le dieu la accueille dans son vaste paradis et que son âme repose en paix ;*

*A mon **cher père**, pour leur soutien tout au long de mes études ;
A mes **chères sœurs** pour leurs encouragements permanents, et leur
soutien;*

*A mes **chers frères**, pour leur appui et leur Encouragement,
A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire;*

*A **mes amis** avec qui j'ai partagé des moments les plus agréables.*

ZIADI ZINA

Sommaire

Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01
I. Généralité sur les pesticides	
I.1. Historique	03
I.2. Définition	04
I.3. Les différentes formes des pesticides	04
I.4. Composition des pesticides	05
I.5. Classification des pesticides	05
I.6. Propriétés des pesticides	07
I.7. Intérêt de l'utilisation des pesticides	09
I.8. Les pesticides en Algérie	10
I.9. Les modes d'exposition de l'homme aux pesticides	11
I.10. Contamination des milieux par les produits phytosanitaires	12
I.10.1. Impacts sur le milieu abiotique	13
I.10.2. Impacts sur la biodiversité	14
II. Description de l'indicateur biologique	
II.1. Définition du concept de bio-indication	18
II.1.1. Principales espèces bio-indicatrices	18
II.1.2. Les types de bio-indicateurs	19
II.2. Biologie de l'escargot	19
II.2.1. Présentation de l'espèce <i>H. aspersa</i>	19
II.2.2. Systématique	20
II.2.4. Description de l'escargot <i>H. aspersa</i>	20
II.2.3. Mode de déplacement	22
II.2.4. Comment grandit-il ?	22
II.2.5. Mode de vie	22
II.2.6. Longévité	23
II.2.7. Le cycle biologique de l'escargot	23
II.3. Ecologie de l'escargot	24
II.4. Prédateurs de l'escargot	25
II.5. Rythmes de vie	25
II.6. Intérêt des escargots	25

III. Synthèse des travaux de recherche	
III.1. Présentation des travaux de recherche.....	28
III.2. Présentation de la méthodologie de travail des travaux de recherche.....	29
III.3. Paramètres biologiques mesurés.....	32
III.4. Synthèse des résultats	33
III.5. Discussion.....	37
Conclusion.....	40
Références bibliographiques.....	41

Liste des figures

Nombre de figure	Titre	Page
Figure n°01	Les possibles modes d'exposition de l'environnement et de l'homme aux pesticides.	12
Figure n°02	devenir des pesticides dans l'environnement après l'application	13
Figure n°03	La coquille de l'escargot	21
Figure n°04	Disposition de la tête et les deux paires de tentacules d'un escargot	21
Figure n°05	Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots	22
Figure n°06	Accouplement de Petit-gris	24
Figure n°07	Schéma d'un Petit-gris en position de ponte	24
Figure n°08	Les escargots Bio-indicateurs de la qualité des sols	26
Figure n°09	Exposition des escargots dans l'écosystème terrestre	27

Liste des Abréviations

DDT : Dichloro diphenyl trichloroéthane

OH : Hydroxy radical

POP : Polluants organiques persistants

IgE : Immunoglobulines

MET : Éléments traces métalliques

ZnO : Dioxyde de zinc

AMPA : Acide aminométhylphosphonique

FBA : Les facteurs de bioaccumulation

Introduction

Introduction

Depuis le début du siècle, l'environnement a été soumis à la pression croissante des activités industrielles et humaines dont les effets se sont fait rapidement sentir, le recours aux pesticides pour usage agricole en Algérie est devenu indispensable pour atteindre les niveaux de production maximum et satisfaire une demande de plus en plus accrue des consommateurs en produits alimentaires (Bouaricha, 2013).

Dans ce contexte, l'Algérie importe 8827 tonnes de pesticides par an, pour un coût estimé à près de quatre milliards de dinars (Anonyme, 2006).

Cependant, ces substances chimiques ne sont pas anodines. Elles ont des conséquences environnementales directes et un impact sanitaire sur le long terme lié aux infiltrations de ces molécules non dégradables dans les sols, dans les nappes, puis vers les écosystèmes, les végétaux, les animaux et nécessairement l'homme (Aït hamlet et *al.*, 2019).

Donc il est nécessaire de disposer d'indicateurs de perturbation de l'environnement à travers des organismes ou un ensemble d'organismes que l'on utilise comme sentinelles en étudiant la modification physiologique, biochimique et écologique qui les affecte. Ces êtres vivants très sensibles aux contaminants présentent l'intérêt de se prêter plus facilement que l'homme aux études des effets des polluants et permettent de mettre en évidence des pollutions chroniques ou brutales (Bouaricha, 2013).

Dans cette optique, les mollusques gastéropode terrestres pulmoné, sont considérés comme les indicateurs les plus privilégiés dans ce domaine, en raison de leur sédentarité dans le sol et de leur régime herbivore, ainsi, ils sont aisément contaminés par les divers polluants présents dans leur milieu et leur alimentation ; d'autre part, ils présentent des caractéristiques physiologiques, biologiques et écologiques variées, permettant de comparer l'influence de ces différents paramètres sur leurs réponses à la contamination de l'environnement d'où l'intérêt de leurs utilisations comme organismes test pour refléter l'état du milieu dans lequel ils vivent (Zaafour, 2014 et Benguedouar, 2016).

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail sont la mise en évidence des capacités des gastéropodes à s'adapter, et le degré de sensibilité à un stress chimique, et d'évaluer les effets des pesticides sur un bioindicateur terrestre.

Toute fois, les conditions du confinement (dû au covid 19) nous ont empêchées de mener la partie pratique. De ce fait, nous nous sommes limitées à l'étude des articles qui portent sur l'effet de quelques pesticides sur l'escargot l'*Helix aspersa* (petit-gris).

Pour y répondre, ce manuscrit est organisé en trois grands chapitres :

- Le premier chapitre est consacré pour des généralités sur les pesticides ;
- Le deuxième chapitre porte sur la description de gastéropode terrestre;
- Le troisième chapitre est dédié à la synthèse des travaux de recherche.

Pour résumer le contenu de notre travail, une conclusion a été élaborée.

Chapitre I
Généralité sur les pesticides

Chapitre I : Généralité sur les pesticides

I.1. Historique

La lutte contre les ravageurs a certainement été de tout temps une préoccupation de l'agriculteur. Pendant longtemps, l'essentiel des moyens étaient de nature physique : ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique (Calvet et *al.*, 2005).

Deux périodes peuvent être distinguées pour décrire le développement très important des pesticides ; ce sont la première et la deuxième moitié du XXe siècle approximativement séparées par la deuxième guerre mondiale (Calvet et *al.*, 2005).

Avant 1950 : Durant cette période l'usage des composés arsenicaux, utilisés contre les insectes ravageurs. À côté des insecticides minéraux, un développement considérable des insecticides organiques d'origine naturelle et synthétique, représentés par des composés organochlorés qui sont des biocides particulièrement efficaces.

Certaines sources estiment les années 1940 et 1950 pour le début de l'ère des pesticides. Durant cette période ; la lutte contre les maladies des plantes est toujours assurées par le soufre et par le cuivre (Boland et *al.*, 2004).

Après 1950 : Pour cette période l'utilisation des pesticides est développée au cours de la deuxième moitié du XXe siècle.

De nombreuses substances ont été découvertes ; ils appartiennent aux familles chimiques des organophosphorés, des carbamates et des pyrèthrinoides.

À partir du début de 1960, l'utilisation des pesticides est montée en flèche en Asie et en Amérique du Sud. 4,65 % des pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevés (Calvet et *al.*, 2005).

I.2. Définition

Le terme "pesticides" est une appellation générique couvrant toutes les substances (molécules) ou produits (formulations) qui éliminent les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications. La substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux est dénommée substance active (anciennement dénommée matière active), à laquelle sont associés dans la préparation un certain nombre de «formulants» (mouillants, solvants, anti-mousses, ...) qui la rendent utilisable par l'agriculteur (Merhi, 2008).

Du point de vue réglementaire européen, on distingue :

- **Produits phytopharmaceutique** : appelés « produits phytosanitaires », utilisés principalement pour la protection des végétaux en agriculture ou dans d'autre secteurs (sylviculture, aménagement des paysages, entretien des abords d'axes de transport, jardinage amateur).
- **Biocides** : substances actives et des préparation contenant une ou plusieurs substances actives utilisées, par exemple dans des applications comme la conservation du bois, la désinfection ou la lutte antiparasitaire, pour détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, en prévenir l'action ou les combattre de toute autre manière par action chimique ou biologique (Chubilleau et *al.*, 2011).

I.3. Les différentes formes des pesticides

Les pesticides sont formulés (préparés) sous forme liquide, solide ou gazeuse.

- **Les formulations liquides** : incluent les suspensions (suspensions concentrée), les solutions, les concentrés émulsifiables, les suspensions en micro-capsules et les aérosols.
- **Les préparations solides** : comprennent les poussières, les particules, les granulés, les pastilles, les granules solubles, les poudres solubles, les appâts, les tablettes, les comprimés, les pâtes granulées et les poudres mouillables.
- **Les pesticides gazeux** : sont généralement des fumigants (ils peuvent être vendus sous forme de liquide ou de gaz) (Site internet, 01).

La forme d'un pesticide doit répondre à trois objectifs essentiels :

- Assurer une efficacité optimale à la matière active.
- Limiter les risques d'intoxication pour le manipulateur.
- Rentabiliser la matière active (Mairif, 2015).

I.4. La composition des pesticides

Un pesticide est composé de deux types de substances :

- **Matière active** : c'est la substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux, partie de végétaux ou produits végétaux est dénommée substance active (anciennement dénommée matière active) (Merhi, 2008).
- **Adjuvant** : une ou plusieurs substances ajoutées afin d'assurer la stabilité de la matière active, appelée aussi excipient ou solvant. Les solvants (dérivés du pétrole), les additifs utilisés pour la formulation, ainsi que les adjuvants (tensioactifs, huiles minérales ou végétales) ajoutés au moment de l'application, peuvent être de toxicité non négligeable par eux-mêmes et peuvent également modifier la toxicité de la préparation, notamment en améliorant l'absorption cutanée de la substance active (Bouvier, 2005).

I.5. Classification des pesticides

Selon Calvet (2005), les substances actives sont classées en fonction de la nature de la cible visée, la nature chimique de la principale substance active et le domaine de leur usage.

1.5.1. Classification selon la nature de la cible visée

Plusieurs catégories de pesticides selon les organismes vivants visés, dont les principales sont consignées dans le tableau suivant (INSERM, 2013) (Tableau 01).

Tableau 01 : Classification des pesticides selon la cible visée (INSERM, 2013).

Pesticides	Utilisation	Exemple
Les insecticides	Utilisée contre les insectes nuisibles	Dichlorophényltichloréthane., détlamethrine.
Les Fongicides	Utilisé contre les champignons phytopathogènes ou vecteurs de mycoses.	Moncozébe, hexaconazol, chlorothalonil.
Les Herbicides	Qui détruisent les plantes adventices des cultures.	2-4D, glyphosate
Les Acaricides	Qui détruisent les acariens.	Abamectine, nicotine.
Les Nématicides	Employés contre les nématodes phytoparasites.	Bromomethane, chloropicrine
Les Molluscicides	Ou hélicides qui détruisent les gastéropodes.	Methiocarbe, mercaptodiméthur
Les rodenticides	Qui tuent les rongeurs comme les rats	Warfarine, phosphure de zinc
Les Avicides	Destinés à éliminer les oiseaux ravageurs.	Strychnine

I.5.2. Classification selon la famille chimique

Les pesticides peuvent être classés également en fonction de la famille chimique à laquelle appartiennent les substances actives.

I.5.2.1. Les pesticides inorganiques

Boland *et al.* (2004), ont mis en évidence que les pesticides inorganiques sont des éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leur utilisation entraîne souvent de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans le sol (le plomb, l'arsenic et le mercure sont fort toxiques).

I.5.2.2. Les pesticides organo-métalliques

Il s'agit essentiellement de substances fongicides constituées par un complexe métallique avec le zinc et le manganèse et un anion organique dithiocarbamate. Le mancozèbe (avec le zinc) et le manèbe (avec le manganèse) sont des exemples emblématiques de ce type de pesticides (Bettiche, 2017).

I.5.2.3. Les pesticides organiques

Ils sont très nombreux et appartiennent à diverses familles chimiques (Calvet *et al.*, 2005). Chaque famille se distingue par un ensemble de molécules dérivées d'un groupe d'atomes qui constituent une structure de base (ex. famille des triazines pour les molécules contenant un noyau triazinique, etc). Le nombre de substances appartenant à une famille donnée est très variable et certaines ne sont représentées que par un seul pesticide (Bettiche, 2017).

I.5.2.4. Les biopesticides

Ce sont des substances dérivées de plantes et d'animaux. Elles peuvent être constituées d'organismes tels que les moisissures, les bactéries, les virus, les nématodes, composés chimiques dérivés de plantes et phéromones d'insectes (Boland *et al.*, 2004).

I.5.3. Classification selon l'usage

Selon Calvet *et al.* (2005), les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activité pour lutter contre des organismes vivants nuisibles, d'où des usages différents. Il existe six catégories des pesticides classés selon leurs usages :

- **Les cultures** : ce sont les pesticides utilisés en agriculture pour maintenir un bon état sanitaire des sols et des végétaux.
- **Les bâtiments d'élevages** : il s'agit surtout d'insecticides et des bactéricides.
- **Les locaux de stockages des produits végétaux** : ce sont des insecticides et des fongicides.

- **Les zones non agricoles :** il s'agit principalement d'herbicides utilisés pour désherber les voies de circulation routières et ferrées, les aires d'aéroports et les aires industrielles.
- **Les bâtiments d'habitations :** c'est des insecticides, des rodenticides, des bactéricides et des fongicides (Calvet et *al.*, 2005).

I.6. Propriétés des pesticides

Le devenir des pesticides dans l'environnement, c'est-à-dire, leur rétention, leur transport et leur dégradation, dépend de leurs propriétés ainsi que de celle des différents compartiments concernés, le sol, les eaux et l'atmosphère. Quatre ensembles de propriétés sont à considérer pour les pesticides ; ce sont les propriétés physico-chimiques, chimiques, spectroscopiques et biologiques (Calvet et *al.*, 2005).

I.6.1. Propriétés physiques

Placées dans un milieu comme le sol, les molécules d'une substance peuvent être soumises à des phénomènes qui modifient leurs états physiques sans altérer leur composition et leur structure. Les propriétés correspondant à ces changements d'état sont les propriétés physico-chimiques. Pour les pesticides le changement d'état concerne soit les substances pures, liquides ou solides, soit les substances dissoutes (Calvet et *al.*, 2005).

I.6.1.1. Le poids moléculaire

Le poids moléculaire d'une substance est une somme des poids atomiques individuels de tous les atomes inventant la molécule en question. Le poids moléculaire d'un pesticide est une propriété inhérente qui distingue un pesticide de l'autre à part les pesticides stéréoisomères qui partagent des poids moléculaires semblables différant seulement sur le groupe les orientations spatiales du groupe des centres chiraux donnés (Tano, 2011).

I.6.1.2. La pression de vapeur

La pression de vapeur d'une substance est la mesure de la facilité avec laquelle elle peut se volatiliser et se transformer en vapeur (l'état du gaz). Pour les pesticides, le facile avec lequel un pesticide peut se volatiliser et se transformer, une haute pression de vapeur peut provoquer la dérive de vapeur et la pollution d'environnement, un pesticide avec la pression de vapeur basse ne bouge pas dans l'air, ainsi il ya un potentiel pour accumuler dans l'eau si c'est de l'eau soluble. Si ce n'est pas de l'eau soluble, le pesticide peut être accumulé dans le sol ou biota (Tano, 2011).

1.6.1.3. Solubilité

La solubilité dans l'eau d'une molécule traduit sa facilité de dissolution après application. Les valeurs de solubilité des pesticides dans l'eau dépendent de la composition et la structure chimique des molécules (Amadou, 2013).

L'importance dans le sort de l'environnement de la solubilité des pesticides est qu'un pesticide qui est très soluble dans l'eau aura tendance à ne pas s'accumuler dans le sol ou le biota en raison de sa forte nature polaire. Cela suggère qu'il se dégradera par hydrolyse qui est une réaction favorisée dans l'eau (Stoytcheva, 2011).

I.6.2. Propriétés chimiques

I.6.2.1. L'ionisation des molécules des pesticides

L'ionisation des pesticides a d'importantes conséquences sur leur devenir dans l'environnement et dans le sol en particulier, aussi l'ionisation a-t-elle une grande influence sur plusieurs phénomènes :

- **La dissolution** : en passant à l'état ionique, les molécules deviennent beaucoup plus solubles dans le milieu aqueux que les formes non ionisées. De façon générale, les variations de pH s'accompagnent toujours d'une grande variation de la solubilité dans l'eau des molécules ionisables (Calvet et *al.*, 2005).
- **La rétention** : le terme rétention recouvre l'ensemble des phénomènes qui contribuent au passage des molécules de la phase liquide à la phase solide (Queyrel, 2017), plus précisément, l'absorption étant le processus qui règle la rétention (Guimont, 2005). De point de vue environnemental, la rétention peut être considérée comme globalement avantageuse. En réduisant la concentration des pesticides dans la solution de sol, elle limite le potentiel de mobilité de la matière active vers l'atmosphère, les eaux de surface (ruissèlement) et les eaux profondes (Regnault-Roger et *al.*, 2005).
- **La volatilisation** : Elle correspond au processus physico-chimique par lequel un composé passe en phase gazeuse. La volatilisation peut être le résultat de l'évaporation de la phase liquide, la sublimation d'un solide et la désorption à partir de la matrice du sol, elle peut avoir lieu lors du traitement et plusieurs semaines après l'application (Queyrel, 2017).

I.6.2.2. Hydrolyse des molécules des pesticides

Elle est due à la réaction d'une molécule d'eau avec une molécule organique ; elle conduit à la coupure de celle-ci et au remplacement d'un atome ou d'un groupe d'atomes par un groupe hydrolyse OH (Calvet et *al.*, 2005).

I.6.2.3. Réaction d'oxydation des molécules pesticides

Oxydation des pesticides est un processus de réaction par lequel l'oxygène dissous dans l'environnement réagit avec les pesticides. Ce processus d'oxydation peut également être réalisé par l'oxygène singlet, l'ozone, l'hydrogène, le peroxyde, ou d'autres radicaux hydroxy. Hydroxy radical (OH) sont les principaux agents qui entraînent l'oxydation chimique des pesticides dans l'eau ou l'atmosphère (Tano, 2011).

I.6.2.4. Réaction de minéralisation des molécules des pesticides

La minéralisation des pesticides est la transformation, le plus souvent d'origines biologiques, qui les fait totalement disparaître d'environnement en faisant passer tous les éléments chimiques de formes organiques à des formes inorganiques (Calvet et *al.*, 2005).

I.6.3. Propriétés spectroscopiques

Les molécules organiques peuvent émettre de l'énergie ou en absorber quand elles sont placées dans un champ électromagnétique. Cette émission et cette absorption dépendent des caractéristiques des champs électromagnétiques appliqués mais, aussi de la composition et des groupes fonctionnels des molécules (Tano, 2011).

I.6.4. Propriétés biologiques

Elles concernent les effets des pesticides sur les organismes vivants. Ils sont dus à des modes d'action très variés dont les principaux. On distingue habituellement les propriétés toxicologiques quand on considère leurs effets sur les êtres humains et les propriétés écotoxicologiques quand on s'intéresse aux autres organismes vivants animaux et végétaux (Calvet et *al.*, 2005).

I.7. Intérêt de l'utilisation des pesticides

- ✓ **Dans l'Agriculture** : les pesticides sont utilisés pour lutter contre les insectes, les parasites, les champignons et les herbes estimés nuisibles à la production et à la conservation de cultures et produits agricoles ainsi que pour le traitement des locaux.
- ✓ **Dans l'industrie** : en vue de la conservation de produits en cours de fabrication (textiles, papiers), vis-à-vis des moisissures dans les circuits de refroidissement, vis-à-vis des algues et pour la désinfection des locaux.
- ✓ **Dans les Constructions** : pour protéger le bois et les matériaux.
- ✓ **En Médecine** : pour lutter contre les insectes vecteurs de maladies suivantes : paludisme, malaria, typhus, et autres épidémies (Derdour, 2012).

I.8. Les pesticides en Algérie

En Algérie, la fabrication des pesticides a été assurée par des entités autonomes de gestion des pesticides : Asmidal, moubydal. Mais avec l'économie de marché actuelle, plusieurs entreprises se sont spécialisées dans l'importation d'insecticides et divers produits apparentés.

(C'est la loi n° 87-17 du 1^{er} août 1987, relative à la production phytosanitaire, qui a instauré au départ les mécanismes qui permettent une utilisation efficace des pesticides (Bouziani, 2007).

I.8.1. La commercialisation des produits phytosanitaires en Algérie

En application de l'article 45 de loi n 87-17 du 1^{er} Aout susvisés, tout personne se livrant à la commercialisation des produits phytosanitaires à usage agricole doit disposer d'une autorisation délivrée par l'autorité phytosanitaire, Cette autorisation est subordonnée au dépôt d'un dossier technique comportant :

- Une demande précisant le nom, prénom et adresse du postulant ;
- Une copie du registre de commerce ;
- Une attestation justifiant la possession de locaux appropriés pour l'activité envisagée ;
- Le postulant doit être titulaire d'un diplôme au moins d'un technicien de l'agriculture, option des végétaux ou justifier du concours à plein temps d'un titulaire du dit diplôme.

Le nom de ou de la localité ou le postulant devra exercer sa profession ainsi que l'emplacement de ses dépôts (Ministre de l'Agriculture du développement rural et de la pêche. Algérie, 2007).

I.8.2. La réglementation, la convention des pesticides

Les pesticides sont des substances chimiques toxiques et dangereuses, la loi détermine à leur sujet des procédures d'approbation, enregistrement, classement, étiquetage, emballage, fabrication, formulation, importation, exportation, commercialisation, publicité, vente, fourniture, transport, stockage, disponibilité, utilisation et destruction (Bettiche, 2017).

I.8.2.1. Réglementation algérienne

Le contrôle des produits phytosanitaires s'est établi peu à peu en fonction de la politique de développement prônée par le pays et par la disponibilité des moyens.

En Algérie, ce contrôle a connu une évolution dans le temps. La promulgation de la loi n° 87-17 du 01.08.1987 relative à la protection phytosanitaire a permis d'édicter les mesures

relatives à la fabrication, l'étiquetage, l'entreposage, la distribution, la commercialisation et l'utilisation des produits phytosanitaires à usage agricole.

Au terme de la loi, aucun produit phytosanitaire ne peut être commercialisé, importé ou fabriqué s'il n'a pas fait l'objet d'une homologation.

L'homologation des produits phytosanitaires a été instituée en Algérie par les décrets exécutifs qui fixent les mesures applicables lors de l'importation et l'exportation des produits phytosanitaires à usage agricole (Journal officiel, 2010).

- N°95-405 du 02 décembre 1995;
- N° 10-69 du 31 janvier 2010.

I.8.2.2. Conventions

L'Algérie a ratifié les conventions de Bale et de stockholm. Ces conventions traitent de la gestion des produits chimiques et des pesticides pendant tout leur cycle de vie.

➤ **Convention de Bale :** Entrée en vigueur le 05/05/1992. Les parties ont des obligations spécifiques d'échange d'information. Cela inclut les notifications de définitions nationales des « déchets dangereux », élargissant ainsi le champ d'application de la convention. L'Algérie a ratifié et appliqué cette convention le 14/12/1998.

➤ **Convention de stockholm :** Est un traité international qui a pour objectif d'éliminer ou de réduire les 12 POPs (Polluants Organiques Persistants) appelés the « dirty dozen ». Adoptée le 22 mai 2001 à stockholm, elle est entrée en vigueur le 17 mai 2004.

Elle compte aujourd'hui 152 pays signataires. L'Algérie a signé la convention de stockholm en date du 05/09/2001, l'a ratifié et appliqué en date du 21/12/2006.

➤ **Convention de Rotterdam :** Cette convention est un traité international à donner aux pays le droit de refuser l'importation des toxines extrêmement dangereuses elle met fin au dépôt de pesticides ou prohibés dans les pays en voie de développement

110 parties à la convention en septembre 2006, actuellement il en a 155.

L'Algérie, a participé sur une base volontaire, à la procédure, mais n'a pas encore ratifié la convention (Bettiche, 2017).

I.9. Les modes d'exposition de l'homme aux pesticides

Les pesticides sont utilisés, non seulement dans l'agriculture, mais aussi par divers autres acteurs (industries, collectivités territoriales) ainsi qu'en usage domestique et vétérinaire. Des problèmes de résidus dans les légumes, les fruits, etc... (Ait Hemlet, 2013).

L'exposition aux pesticides se caractérise donc par une multiplicité des voies d'exposition, ces substances pouvant pénétrer dans l'organisme par contact cutané, par ingestion et par inhalation. La grande variété de produits rend difficile l'évaluation des expositions des populations, qu'il s'agisse de la population exposée professionnellement (agriculteurs ou manipulateurs), ou de la population générale. La figure (01) résume les possibles modes d'exposition de l'environnement et de l'homme aux pesticides.

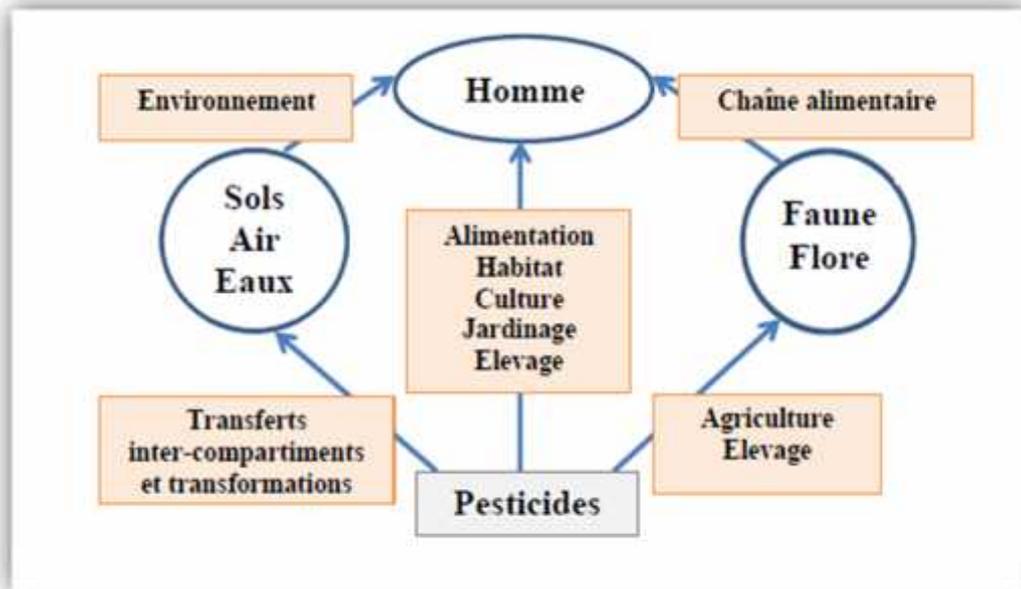


Figure 01 : Les possibles modes d'exposition de l'environnement et de l'homme aux pesticides (Anonyme, 2002).

I.10. Contamination des milieux par les produits phytosanitaires

Une part importante des pesticides utilisée au cours des traitements se disperse dans les trois compartiments environnementaux qui sont l'eau, l'air et le sol. Les mécanismes qui interviennent dans ces phénomènes de dispersion sont complexes et pour certains encore mal connus, ils sont, en effet, gouvernés par de multiples facteurs tels que les propriétés physico-chimiques des substances, leur formulation, leur mode d'application, les caractéristiques du sol ou encore les conditions météorologiques.

Les principaux phénomènes qui contrôlent le devenir des pesticides dans l'environnement peuvent être classifiés selon trois processus qui sont le transfert (vers

l'atmosphère, les eaux de surface et dans les sols vers les eaux profondes), la rétention dans les sols et la dégradation physique ou biologique, figure (02) (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

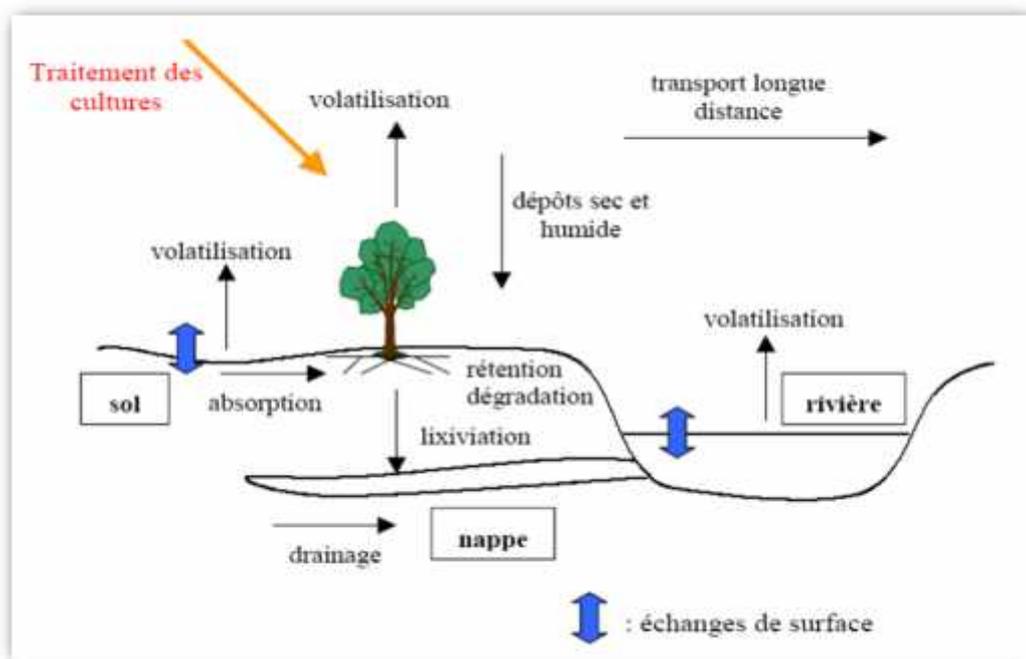


Figure 02 : Devenir des pesticides dans l'environnement après l'application (Marliere, 2001).

I.10.1. Impacts sur le milieu abiotique

I.10.1.1. L'air

Lors d'un épandage aérien, le pesticide déposé sur la plante, le sol ou l'eau. Toutes ses molécules peuvent se retrouver dans des nuages qui poussent par les courants aériens, vont contribuer ultérieurement aux précipitations qui iront contaminer d'autres contrées, c'est ainsi s'explique en bonne partie la présence des POP (polluants organiques persistants).

Certaines molécules peuvent rester en suspension dans l'atmosphère, soit libre, soit adsorbées sur de fines particules de sol résultant de l'érosion éolienne (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

I.10.1.2. L'eau

Une des conséquences environnementales majeures de l'agriculture intensive actuelle est la dégradation de la qualité des eaux (Ippolito et *al.*, 2012).

Cette dégradation se traduit, pour les eaux de surface comme pour les eaux souterraines, par une pollution liée à la dissémination des produits phytosanitaires, des engrais

minéraux azotés et phosphatés ou encore des effluents d'élevages. Les pesticides peuvent facilement pénétrer dans le sol et les sources d'eau (Merhi, 2008).

L'eau peut entraîner la dispersion des pesticides dans le milieu par lavage des feuilles, ruissellement et lixiviation. Le ruissellement contribue à la pollution des eaux de surface tandis que la lixiviation contribue surtout à celle des eaux profondes (Van der Werf, 1997).

I.10.1.3. Le sol

Le sol joue un rôle majeur dans la production agricole et reçoit la plus forte proportion des pesticides, des millions d'hectares sont ainsi traités à travers le monde et les produits se retrouvent éventuellement dans la couche d'humus, la nappe phréatique, et l'aquifère. La texture et la structure du sol, ainsi que la nature des molécules utilisées, déterminent la vitesse à laquelle les pesticides disparaîtront ou se maintiendront dans le sol traité (Regnault-Roger et al., 2005).

Les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans le devenir des pesticides, il va intervenir sur la rétention des produits, les micro-organismes du sol interviendront sur la dégradation et l'élimination du produit (minéralisation) et la circulation de l'eau libre du sol contribuera à sa dissipation par son entrainement vers des comportements non ciblés (Pflieger, 2009).

I.10.2. Impacts sur la biodiversité

Les pesticides sont un facteur majeur d'incidence sur la diversité biologique, de même que la perte d'habitat et le changement climatique. Ils peuvent avoir des effets toxiques sur le court terme sur les organismes qui y sont directement exposés, ou des effets sur le long terme, en provoquant des changements dans l'habitat et la chaîne alimentaire (Richard, 2010).

I.10.2.1. Effets sur la flore

Les pulvérisations de pesticides peuvent toucher directement la végétation non ciblée, ou peut dériver ou volatiliser de la zone traitée et contaminer l'air, sol et les plantes non visées (Aktar et al., 2009).

Ils peuvent affecter fortement la survie, le développement et la reproduction des plantes par l'inhibition de la photosynthèse, l'inhibition de la division cellulaire, ou la perturbation de la régulation de phytohormones et induire à plus grande échelle des changements dans les communautés végétales entraînant des impacts écologiques et agronomiques importants (Helander et al., 2012).

I.10.2.2. Effets sur la faune

La faune exposée aux pesticides par la consommation des aliments, ou de l'eau contaminée, la respiration des vapeurs de pesticides ou de leur absorption à travers leur peau. Les prédateurs peuvent être empoisonnés par l'ingestion des animaux exposés aux pesticides, beaucoup d'insecticides affectent le système nerveux des animaux sauvages, ce qui peut interférer avec leur capacité à survivre ou à se reproduire (Ait hamada et *al.*, 2017).

1211 espèces d'oiseau (12% du total) sont considérées comme étant menacées dans le monde, et 86 % de celles-ci sont menacés par la destruction ou la dégradation de leur habitat.

Pour 187 espèces d'oiseau menacées dans le monde, la première source de pression est la pollution chimique, comprennent les engrais, les pesticides et les métaux lourds (Berny et *al.*, 1997).

I.10.3. Effet sur la santé

L'usage des pesticides a certes permis des progrès agronomiques, mais il représente également un danger croissant pour la santé des populations.

L'exposition aux pesticides se caractérise par une multiplicité des voies d'exposition, en effet, ces substances peuvent pénétrer dans l'organisme par contact cutané, par ingestion et par inhalation (Pflieger, 2009).

I.10.3.1. Toxicité aigue

Il s'agit d'une toxicité induite par une exposition ponctuelle à une dose importante de pesticides susceptibles d'entraîner des effets immédiats ou rapprochés (manipulation de produits non dilués...).

Les principales connaissances sur les effets aigus des pesticides chez l'homme sont issues d'observation rapportées en milieu professionnel et des cas d'intoxication documentés par les centres antipoisons. L'exposition professionnelle se fait essentiellement par voies cutanée et respiratoire tandis que la voie orale concernait davantage la population générale par ingestion accidentelle ou intentionnelle des pesticides (Pflieger, 2009).

Les effets aigus des pesticides sur les populations professionnellement exposées sont :

- Ñ Les brûlures chimiques au niveau des yeux ;
- Ñ Les lésions cutanées ;
- Ñ Les effets neurologiques ;
- Ñ Les troubles hépatiques (Tron et *al.*, 2001).

I.10.3.2. Toxicité chronique

Les effets chroniques des pesticides sur la santé se manifestent soit à distance d'une exposition unique et intense, soit à la suite d'exposition de faibles intensités, mais répétées dans le temps (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

Les maladies potentiellement liées aux expositions à long terme aux pesticides sont essentiellement étudiées dans les populations professionnellement exposées (Pflieger, 2009).

✓ **Cancérogène :**

Pour ce qui est du lien entre cancer et agriculture, on peut évidemment identifier les pesticides parmi les facteurs de risque en milieu agricole (Assemblée nationale française, 2009). Plusieurs pesticides sont classés comme cancérigènes reconnus ou probables pour l'homme par différents organismes internationaux d'après des études épidémiologiques ou expérimentales (Pflieger, 2009).

Chez les agriculteurs, la mortalité et l'incidence de type de cancers sont augmentées. Il s'agit en général de cancers peu fréquents, voire rares tels que les cancers des lèvres, de l'ovaire, du cerveau, la plupart des cancers des systèmes hématopoïétiques (leucémies, myélomes, lymphomes), le mélanome cutané et les sarcomes des tissus mous. Le cancer de la prostate et de l'estomac, cancers nettement plus fréquents, seraient également concernés (Grimfeld, 2001).

Concernant la population générale, les données demeurent controversées chez l'adulte à l'exception des lymphomes non hodgkiniens. En résumé, les connaissances demeurent insuffisantes et les études doivent être approfondies notamment sur la détermination des expositions aux pesticides et sur les mécanismes biologiques d'action des substances. Il n'est pas exclu que d'autres facteurs de risque puissent jouer un rôle important dans le déclenchement de certains cancers, notamment en milieu agricole (Pflieger, 2009).

✓ **effets sur la reproduction :**

Les pesticides ont été identifiés en tant qu'agents susceptibles de porter atteinte au processus de fertilité masculine (Grimfeld, 2001).

Actuellement, il est envisagé qu'une exposition à des pesticides possédant les propriétés de perturbateur endocriniens (substances agissant comme hormone) puisse être à l'origine d'effets adverses tels que des atteintes de la fonction reproductrice chez l'homme.

Parmi les différentes pathologies en lien avec les troubles de la reproduction et la malformation congénitale, les principaux phénomènes sont :

- Infertilité masculine ;
- Mort fœtale : avortement spontané et mortinatalité ;
- Prématurité et hypotrophie ;
- Malformation congénitale (Madjour et *al.*, 2012) .

✓ **Effets perturbateur endocriniens :**

Au cours des dernières années, les scientifiques ont également découvert que de nombreux pesticides de synthèse peuvent perturber le système endocrinien chez les humains, et de causer un mélange d'affections aiguës et chroniques. Ces Produits perturbateurs peuvent entraîner :

- Des malformations à la naissance ;
- Des troubles du système immunitaire ;
- Des transformations sexuelles : masculinisation ou féminisation ;
- Une réduction de la production de spermatozoïdes ;
- Une diminution de l'intelligence ;
- Des changements comportementaux (Anonyme, 2018).

✓ **Effets sur le système immunitaire :**

Les pesticides sont capables d'agir sur le système immunitaire selon différents mécanismes entraînant des pathologies immunitaires plus fréquentes chez l'enfant que chez l'adulte.

Certaines études ont montré que l'exposition chronique aux pesticides peut jouer un rôle dans le développement de certaines pathologies respiratoires comme l'asthme et la bronchite.

D'autre part, l'exposition de l'enfant aux pesticides organochlorés (en particulier DDT) a été associée à des altérations d'ordre immunologique, comme par exemple une augmentation des immunoglobulines IgE, et développement d'otites chroniques et d'asthmes bronchiques (Merhi, 2008).

Chapitre II

Description de l'indicateur
biologique

Chapitre II : Description de l'indicateur biologique

II.1. Définition du concept de bio-indication

Pendant de nombreuses années, les méthodes d'évaluations de la qualité des écosystèmes terrestres, reposaient presque exclusivement sur des mesures de paramètres chimiques de milieu. Ces méthodes traditionnelles, ne permettent pas toujours de connaître leur impact sur le milieu vivant (Grand et *al.*, 2012). Cependant, le recours aux indicateurs biologiques constitue un processus d'évaluation plus complète et plus informative, puisqu'ils permettent d'évaluer les impacts de ces différentes perturbations sur la faune et la flore qu'ils abritent (Benoit Chabot, 2014).

La bio-indication désigne l'évaluation de la qualité des milieux, en se basant sur les caractéristiques des communautés qui y vivent (Reyjol et *al.*, 2013).

Ce sont les bio-indicateurs, qui peuvent être un individu, une partie d'individu (Vaufleury et Gimbert, 2009), ou même une communauté d'individus, pertinents pour déterminer qualitativement et quantitativement l'état de l'environnement (Druart, 2011). La tâche d'un bio-indicateur est d'avantage de mettre en évidence les effets physiologiques affectant les organismes sous l'influence de conditions environnementales stressantes, que de mesurer directement les concentrations des différents polluants impliqués, ainsi qu'à identifier les changements qui surviennent dans l'environnement, à la présence de la pollution (Benoit Chabot, 2014).

II.1.1. Principales espèces bio-indicatrices

À ce jour, plusieurs indicateurs biologiques ont été développés, dans le but d'évaluation de la qualité des écosystèmes. Par conséquent, il est primordial de choisir avec précaution le ou les bio-indicateurs qui seront utilisés. Plusieurs caractéristiques contribuent à faire de certaines espèces de meilleurs indicateurs que d'autres idéalement un bon indicateur doit d'être fiable quant à sa capacité à détecter les différents stress environnementaux, apte à différencier les stress d'origine anthropique de ceux émanant du milieu naturel, pour permettre la comparaison des données et des résultats (Bélangier, 2009).

➤ **Les mousses et les lichens** : Sont utilisés comme des bio-indicateurs et bio-intégrateurs performants dans la détection de la pollution atmosphérique (Bélangier, 2009).

➤ **Les annélides oligochètes** : Sont utilisés comme bio-indicateurs de pollution des sols par les métaux lourds ou les composés organiques de synthèse (Le Bras, 2007).

➤ **Les microarthropodes** : Tels que les acariens et collemboles sont utilisés comme indicateurs de pollution de l'air et de sols (Penel et *al.*, 2005).

➤ **Les escargots** : sont également utilisés pour la bio-indication de la qualité des sols, des végétaux et de l'air (Vaufleury et *al.*, 2009).

II.1. 2. Les types de bio-indicateurs

Il existe différentes catégories de bio-indicateurs, elles sont déterminées en fonction du rôle de bio-indicateur, c'est-à-dire de la tâche pour laquelle ils sont employés Parmi les bio-indicateurs, deux catégories sont distinguées :

✓ **Bio-indicateur d'accumulation**: organisme qui accumule une ou plusieurs substances issues de son environnement, permettant ainsi d'identifier la nature et/ou concentration des polluants assimilés (Benoit Chabot, 2014).

✓ **Bio-indicateur d'effet** : organisme qui permet de révéler des effets spécifiques ou non lors de l'exposition à une ou plusieurs substances issues de son environnement ou à d'autres stress anthropiques ou naturels et la réponse mesurée étant en général proportionnelle à la dose assimilée (Bispo *et al.*, 2009).

Les organismes bio-indicateurs d'effets doivent être sensibles à des faibles perturbations de l'environnement, tandis que, les organismes indicateurs de bioaccumulation (Smida et Toualbia, 2016). Et tolérer les contaminants à de fortes concentrations (Druart, 2011).

II.2. Biologie de l'escargot

II.2.1. Présentation du l'espèce *Helix aspersa*

L'escargot est une espèce ubiquiste qui s'adapte à des milieux, des sols et des climats variés qui se distingue par un corps mou et non segmenté complètement dépourvu d'appendices articulés, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied (Smida et Toualbia, 2016).

D'où une asymétrie de certains de ces organes : un seul rein, poumon, et une seule oreillette cardiaque (Druart, 2011). Son diamètre varie de 30 à 40 mm pour un poids vif adulte se situant entre 6 et 15g. L'escargot est un mollusque, il ne possède donc pas de squelette interne comme les vertébrés. Il possède un corps mou et une coquille calcaire. (Bonnet et Vrillon, 1990).

II.2.2. Systématique:

La position systématique d'*H. aspersa* est la suivante : (Bonnet et Vrillon ,1990.)

Règne :	Animalia
Embranchement :	Mollusca
Classe :	Gasteropoda
Sous –classe :	Pulmonés
Ordre :	Stylomatophora
Famille :	Helicidae
Genre :	<i>Helix</i>
Espèce :	<i>aspersa</i>

II.2.4. Description de l'escargot *H. aspersa*

Le corps d'un escargot consiste en un pied unique, une tête et une masse viscérale enroulée placée dans la coquille, des glandes de mucus sur le reste du corps protégeant l'escargot contre la perte d'eau. Deux paires de tentacules placées sur la tête. La coquille est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le manteau, cette dernière est reliée au corps par un puissant muscle qui est attaché au columella. Des "ramifications" à la tête et aux tentacules, la contraction de ce muscle permet à l'escargot de se retirer dans sa coquille (Boucenna, 2009).

II.2.4.1. La coquille

La coquille, dextre, est de couleur brun-jaunâtre avec un diamètre variant de 20 à 35 mm et une hauteur de 25 à 40 mm (Germain ,2007). La coquille de l'escargot est toujours hélicoïdale (Figure 03).

La plupart du temps, l'hélice s'enroule vers la droite, et on parle alors d'escargot à coquille dextre. La bordure située à l'ouverture de la coquille est appelée péristome (Druart, 2011).

La forme, l'épaisseur et la couleur du péristome ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces de gastéropodes (Germain ,2007).

Les viscères correspondent aux organes situés à l'intérieur de la coquille et comprennent le rein, l'hépatopancréas, le cœur et une partie de l'appareil génital qui se prolonge également dans le pied (Druart, 2011).



Figure (03) : La coquille de l'escargot (Daguzan, 1981).

II.2.4.2. Le pied

Le pied comporte essentiellement la sole pédieuse, musculeuse, la partie antérieure du tube digestif et le système nerveux (Druart, 2011).

II.2.4.3. Les tentacules

L'escargot dispose de deux paires de tentacules rétractiles sur la tête (Figure.04).

Ces tentacules sont appelés “cornes” ou “antennes” dans le langage familier. Il faut noter que certains escargots n'en possèdent apparemment qu'une paire, mais l'observation est trompeuse car il s'agit d'un caractère récessif (Boucenna, 2009).

- Une paire de tentacules oculaires (les plus grands) que l'escargot peut allonger ou rétracter. Les yeux, situés à leur extrémité, ne lui permettent pas de voir clairement mais seulement de distinguer l'ombre et la lumière.
- Une paire de tentacules tactiles (les plus petits) qui servent à sentir la température de l'air, les vibrations, les odeurs et le vent. Ces tentacules sont très souvent utilisés (Charle, 2012).



Figure (04) : Disposition de la tête et les deux paires de tentacules d'un escargot (Bonnet et al, 1990).

II.2.3. Mode de déplacement

Il se déplace grâce à son large pied musculeux en sécrétant un mucus (de la bave) pour mieux glisser. Il a une sole, sorte de semelle qui s'aplatit largement sur le sol lorsque l'escargot avance.

Il y a deux ensembles de fibres musculaires, chacun exécutant une tâche différente. Pour avancer, le premier ensemble se contracte, tirant l'escargot vers l'avant (le poussant de l'arrière). En même temps, le deuxième ensemble tire la surface extérieure de la plante du pied vers l'avant. Les deux ensembles peuvent se déplacer séparément, créant ainsi une locomotion appelée reptation. La vitesse moyenne d'un escargot est de 4 à 5 mètres à l'heure (Charles, 2012) (Figure 05).



Figure (05) : Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots (Pol, 2001).

II.2.4. Comment grandit-il ?

Plus l'escargot mange plus il grandit. Au fur et à mesure que l'escargot grandit, il augmente la taille de sa coquille en déposant de la bave sur le bord de l'ouverture. Cette bave va sécher et se solidifier, ce qui permet ainsi à la coquille de s'agrandir petit à petit. Si la coquille se brise, elle peut être "réparée" de manière identique (Charles, 2012).

II.2.5. Mode de vie

Il ne peut vivre sans eau ; son corps doit toujours rester humide. Cela explique qu'il "sorte" lorsqu'il pleut et qu'il soit surtout actif au printemps. Il se déplace généralement la nuit. Sa température change en fonction du temps; il s'engourdit lorsqu'il fait trop froid. L'hiver, il hiberne dans sa coquille pour éviter de geler. Il creuse alors un trou dans la terre, s'y loge et bouche l'entrée par un opercule en sécrétant un voile muqueux (épiphragme). Il laisse un petit passage qu'il rouvre chaque fois qu'il a besoin de faire entrer de l'air. En été,

en cas de sécheresse, il vit au ralenti, à l'abri dans sa coquille, pour éviter de se déshydrater. Il s'enferme dans sa coquille pour dormir, hiberner ou se protéger des prédateurs (Bouchene, 2015).

II.2.6. Longévité

H. aspersa est adulte à deux (02) ans mais peut vivre plus de cinq (05) ans. Dans la nature, il dépasse rarement l'âge de trois (03) ans. Sa mort est souvent due à des prédateurs ou à des parasites (Smida et Toualbia, 2016).

En captivité, sa longévité est bien plus longue et va de 10 à 15 ans. Certains individus ont vécu plus de trente (30) ans (Zaafour, 2014).

II.2.7. Le Cycle biologique de l'escargot

II.2.7.1. Reproduction et ponte

L'escargot « petit-gris », est une espèce hermaphrodite, se caractérisant par une exceptionnelle capacité de colonisation des habitats. Vers l'âge de 18 mois, les individus sont sexuellement matures, et s'accouplent de deux à sept fois au cours de la saison de reproduction (Charles, 2012).

H. aspersa est hermaphrodite : une seule gonade produit les spermatozoïdes et les ovules qui atteignent l'orifice génital par des conduits séparés. Le processus de l'accouplement est complexe, il peut avoir lieu plusieurs fois avant la ponte. Les 2 escargots se positionnent têtebêche pour échanger leurs spermatozoïdes (Figure.06). Le temps d'accouplement est variable et peut durer plus de 12 heures. La fécondation a lieu au niveau de la chambre de fertilisation, une quinzaine de jours après l'accouplement. Les ovocytes fécondés sont entourés d'albumen (secrété par la glande à albumen), qui constitue les réserves nutritives pour le développement embryonnaire, puis d'une coque calcaire (Zaafour, 2014).

Pour pondre, l'escargot creuse avec sa tête une cavité de 2-4 cm de profondeur dans le sol (Fig.07), et y dépose une ponte constituée en moyenne d'une centaine d'œufs. La ponte peut durer jusqu'à 36 heures. A une température de 18-20°C, les œufs vont se développer en 12 à 15 jours avant d'éclore. Ensuite les jeunes éclos remontent ensuite en surface, ce qui prend 4 à 5 jours supplémentaires avant de pouvoir les apercevoir (Zaafour, 2014).



Figure (06) : Accouplement de Petit-gris
(Zaafour, 2014)



Figure (07) : Schéma d'un Petit-gris en position de ponte (Zaafour, 2014).

III.3. Ecologie de l'escargot

III.3.1. Habitat

Le petit-gris *H. aspersa* est assez rare dans les champs et les prairies, et préfère fréquente la périphérie des zones cultivées, les lisières de forêts, voire les milieux forestiers; On le retrouve également dans les dunes, les bois, les rochers (Druart, 2011).

L'Escargot Petit-gris, *H. aspersa*, est un Pulmoné terrestre paléarctique vivant dans la région méditerranéenne et dans la région atlantique européenne (Druart, 2011).

III.3.2. Régime alimentaire

Régime alimentaire n'est pas spécialisé et l'escargot s'adapte en fonction des plantes qui colonisent le milieu Le sol fait également partie de son alimentation et peut influencer sa croissance (Djaroun et *al.*, 2016).

Il se découpe les aliments à l'aide de sa mâchoire cornée et utilise ensuite sa langue râpeuse garnie de milliers de dents (radula) pour les mastiquer. Il râpe les feuilles.

L'escargot mange beaucoup et il lui faut sans cesse agrandir sa coquille. Des déjections longues et fines sortent de son anus : ses crottes ont toujours la couleur de ce qu'il a mangé. L'anus est situé à la jointure de la coquille et du pied (Zaafour, 2014).

Malheureusement, Dans les cultures, les escargots peuvent faire des dégâts ce sont des ravageurs à diverses cultures car ils s'aliment non seulement de matière végétale en décomposition, mais aussi de plantes vivantes (Zaafour, 2014).

III.4. Prédateurs de l'escargot

L'escargot compte de nombreux prédateurs, aussi bien des vertébrés, comme

- Les oiseaux (grive) ;
- Les petits mammifères (musaraigne, hérisson) ;
- Les reptiles (lézard, couleuvre) ;
- Que des invertébrés, comme les carabes ;
- Les vers luisants et les limaces (Druart, 2011).

III.5. Rythmes de vie

Le pulmoné terrestre à le sang froid, ne pouvant réguler sa température corporelle, il lui a fallu s'adapter aux variations de température et d'hygrométrie, passant perpétuellement par des phases d'activité et d'inactivité, vivant au rythme du jour et de la nuit, de la pluie et du beau temps et de l'alternance saisonnière (Djadouri et Ben Dahra, 2014).

Lorsqu'un facteur du milieu est défavorable (sécheresse en été, froid pendant l'hiver), la vitesse de croissance devient très faible. Cependant, cet animal présente des phases d'activité et d'inactivité saisonnière et journalière (Djadouri et Ben Dahra, 2014).

II.6. Intérêt des escargots

II.6.1. Intérêt écologique des escargots

Les escargots occupent une situation privilégiée à l'interface sol-plante-atmosphère. Ce sont des éléments importants des chaînes alimentaires (Zaafour, 2014)

Leurs importances se résument dans les points suivants :

- Ils représentent une biomasse significative au sein de la communauté des invertébrés du sol (Vaufleury et *al.*, 2009),
- Le taxon est présent, abondant et facilement identifiable,
- Ils contribuent au transfert de la matière et de l'énergie depuis les producteurs vers les niveaux trophiques supérieurs,
- Ils contribuent au transfert des polluants du sol et/ou des plantes aux prédateurs,
- Ils participent également à la décomposition des plantes et des feuilles mortes, et ils contribuent ainsi à la formation de l'humus et au maintien de la qualité du sol (Zaafour, 2014).

II.6.2. Intérêts de l'utilisation de l'escargot en écotoxicologie

En raison de ses propriétés écophysiologiques et ses qualités nutritionnelles, l'escargot est largement utilisé par l'homme dans la détection de pollution, comme le ver de terre l'escargot a la particularité de concentrer dans ses tissus les substances chimiques présentes dans le sol, l'air et les plantes de son environnement.

Ce sont des éléments métalliques (ETM) comme le cadmium, le plomb, le zinc, le cuivre, le mercure et L'arsenic (Hammoud ,2013).

Cette propriété caractéristique des escargots permet de les utiliser comme des biomarqueurs cellulaires (bio-indicateurs) de l'écotoxicologie, en observant ce qui est accumulé dans L'organisme de l'escargot, on peut donc savoir si un sol est pollué mais également évaluer la quantité de polluants susceptibles de se disperser dans la nature et de contaminer les êtres vivants ; et d'avoir des informations très utiles pour tester les pesticides (en agriculture) et qu'il serait impossible d'obtenir avec une méthode classique d'analyse du sol (Hammoud ,2013).(Figure 08), (Figure 09).

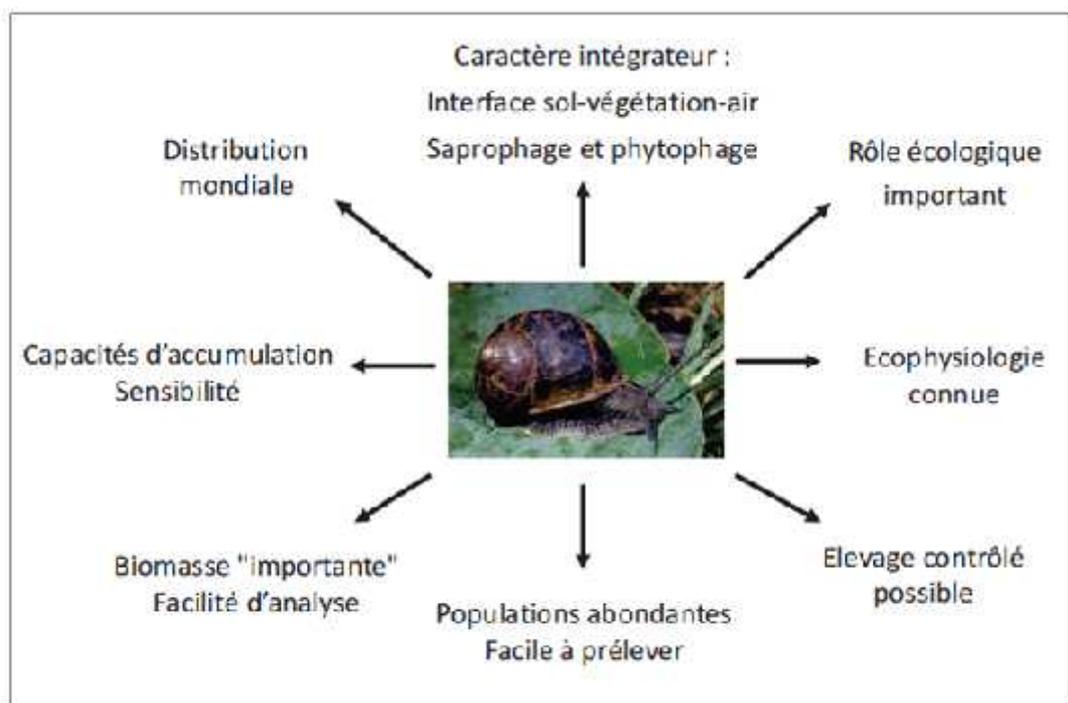


Figure (08) : Les escargots Bio-indicateurs de la qualité des sols (Sediri, 2017).

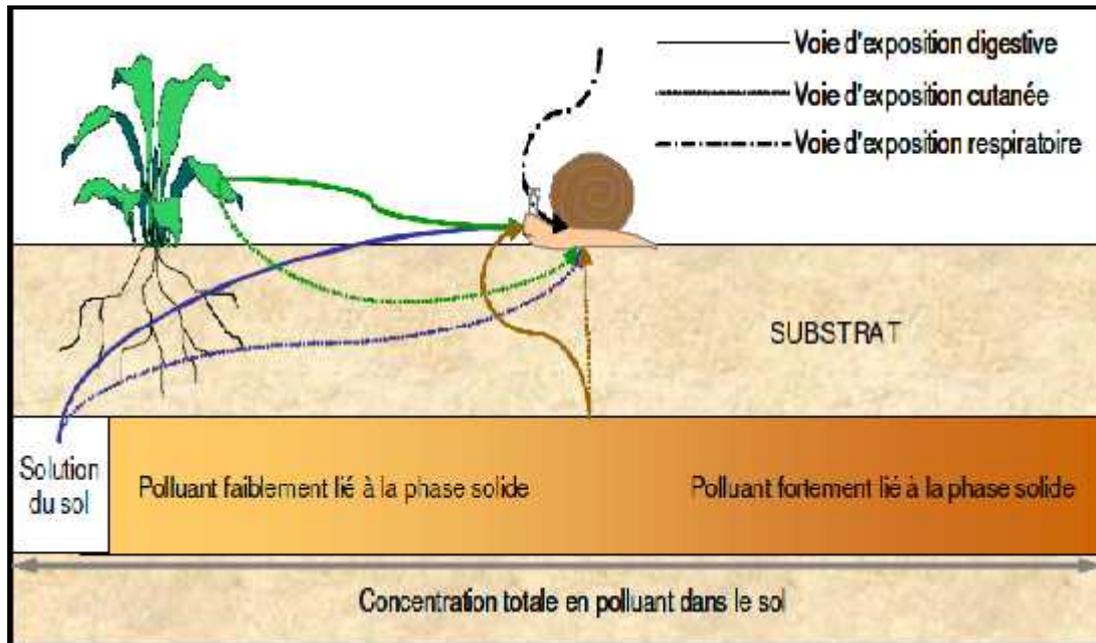


Figure (09) : Exposition des escargots dans l'écosystème terrestre (Benguedouar, 2016).

II.7. Autres intérêts d'escargots

L'escargot présente plusieurs intérêts, notamment :

- ✓ **En médecine :** les escargots ont été très utilisés depuis l'Antiquité. On les retrouve jusqu'à aujourd'hui dans certaines spécialités pharmaceutiques et ils sont encore l'objet de nombreuses études (Hammoud, 2013).
- ✓ **En Cosmétique :** Les Petit-gris sont parfois élevés pour récupérer leur mucus qui est utilisé dans l'industrie cosmétique, la bave d'escargot est une crème "Bio". Cette bave, contient des substances très efficaces et reconnues pour leurs propriétés de régénération, guérison et de protection de la peau. Les sécrétions de l'escargot, contiennent de l'allantoïne, du collagène, de l'élastine, de l'acide glycolique, des peptides qui sont des antibiotiques naturels et des vitamines (A, C et E) (Zaafour, 2014).

Chapitre III

*Synthèse des travaux de
recherche*

Chapitre III : Synthèse de quelques travaux de recherche

Après la recherche, la lecture et analyse de quelques articles scientifiques, une synthèse des aspects les plus pertinents portant sur les effets des pesticides sur l'escargot terrestre *H. aspersa* a été faite.

III.1. Présentation des travaux de recherche

L'étude de Drurt (2011), en France a mis en évidence l'effet des herbicides à base de Glyphosate et Glufosinate sur le petit gris. En fait, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer le transfert des deux herbicides à partir du sol contaminé vers les individus sains d'*H. aspersa* ainsi que leurs effets sur quelques paramètres biologiques de l'espèce. La méthode utilisée consiste en l'exposition des escargots au sol et/ou aux aliments contaminés, pendant une durée de 168 jours.

La deuxième étude est celle de Grara et al. (2015), qui ont étudié la caractérisation morphophysiological de la toxicité de ZnO (nanoparticule manufacturée) sur l'escargot *H. aspersa*. Ce travail est mené à Souk Ahras (Algérie). Sa durée subchronique était de 28 jours. La toxicité du ZnO est déterminée chez l'escargot grâce à un bio test réalisé au laboratoire sur des individus exposés à des concentrations croissantes de ZnO.

L'étude d'Ait Hamlet en 2019 a porté sur les effets du thiamethoxame et de la tefluthrine sur les biomarqueurs physiologiques de l'escargot terrestre *H. aspersa*. Cette étude est une évaluation par une approche expérimentale de l'effet de deux insecticides, un néonicotinoïde et un pyréthrianoïde sur la croissance pondérale des juvéniles d'*H. aspersa*. La méthode utilisée consiste à exposer par voie orale des individus juvéniles à des feuilles de laitue fraîche imbibées d'insecticides durant 30s. Les effets des deux molécules, ayant des modes d'action différents ont été comparés. La viabilité, la mortalité et la croissance sont notées d'une façon hebdomadaire.

III. 2. Présentation de la méthodologie de travail des travaux de recherche

III. 2.1. Le choix de taxon

Le choix du matériel biologique est porté sur l'escargot *H. aspersa* pour le tester comme bio indicateur de la pollution de l'environnement. Ce choix est justifié par le fait que les escargots remplissent les critères des indicateurs écologiques pertinents car ils :

- ✓ Intègrent des sources et voies de contamination multiples,
- ✓ Possèdent des capacités de bioaccumulation importantes pour de nombreux polluants métalliques (Gimbert, 2006) ;
- ✓ Occupent un maillon des réseaux trophiques qui contribue au transfert des polluants du sol et/ou des plantes aux prédateurs (Benguedouar, 2016) ;
- ✓ Présente une taille rendant possible la récolte et l'étude de ses différents tissus et de leurs composantes (Druart, 2011) ;
- ✓ Présentent des réponses physiologiques (inhibition de croissance, reproduction et mortalité) et biochimiques quand ils sont exposés aux contaminants (Bouaricha, 2013) ;
- ✓ Présentent une forte longévité : ils sont préférables parce qu'elles permettent un échantillonnage sur plusieurs classes d'âge (Benguedouar, 2016) ;
- ✓ Ont, une Capacités d'adaptation à des biotopes, des sols, des climats variés, et une facilité d'élevages (Gimbert, 2006 et Pauget, 2012).

II.2.2. Collecte des escargots

Les auteurs algériens ont effectué un échantillonnage aléatoire en se référant au travail de Boucenna (2010). En effet, Aït Hamlet et *al.* (2019), a effectué la collecte des escargots dans la forêt de Lefjoudj (Wilaya de Guelma) non contaminée par les pesticides. Grara et *al.* (2015), ont réalisé la collecte de matériel biologique *H. aspersa* dans la région de Souk Ahras (zone non polluée) (Nord - Est Algérien).

Toute fois, dans l'étude de Drurt (2011), les escargots utilisés provenaient de leur élevage normalisé au laboratoire. En effet, Les individus testés sont élevés dans les conditions d'environnement optimales suivantes :

- ✓ Photopériodes 18h de lumière / 24h,
- ✓ Température ($20 \pm 2^\circ\text{C}$),
- ✓ Hygrométrie de 80 à 95%,
- ✓ Alimentation.

Ils sont répartis dans des boîtes de polystyrène transparentes avec couvercle perforé bien aéré où ils peuvent vivre convenablement. Chaque boîte contient une éponge mouillée

pour maintenir l'humidité. Avec l'ajout de l'alimentation régulièrement tous les 3 jours. Les boîtes sont nettoyées régulièrement.

III.2.3. Choix de traitement chimique

Drurt (2011) a choisi comme produits chimiques deux formulations d'herbicides Bypass et Basta sous forme de concentré soluble : à base de Glyphosate (360 g l^{-1}) et Glufosinate à base d'ammonium (150 gl^{-1}), respectivement.

Grara et *al.* (2015) ont utilisé comme une source de contamination une nanoparticule métallique ZnO. L'oxyde de Zinc est un composé inorganique, de formule ZnO. Il apparaît généralement sous forme de poudre blanche, presque insoluble dans l'eau, largement utilisée comme additif dans de nombreux matériaux et produits biomédicales (Ouchenane, 2018).

Ait Hamlet et *al.* (2019) ont choisi deux types d'insecticides. Le premier insecticide, c'est un néonicotinoïde (Thiaméthoxane). Il est utilisé contre les insectes piqueurs et suceurs des céréales, des arbres fruitiers et des cultures maraîchères.

Le deuxième, c'est le préthéthriinoïde (théfluthrine). Il est couramment utilisé contre les insectes du sol qui s'attaquent aux cultures maraîchères, à la pomme de terre, aux arbres fruitiers, à la vigne et aux céréales. Les deux insecticides utilisés sous forme de préparation commerciale.

III.2.4. Modes de traitements

Drurt (2011) a exposé les escargots aux pesticides pendant 168 jours (de l'éclosion à l'adulte) au sol et/ou à la nourriture contaminés par Bypass ou Basta à deux concentrations.

Pour Grara *et al.* (2015) le traitement des gastéropodes a été effectué par addition de concentration croissante de ZnO d'alimentation et un milieu témoin pendant 28 jours par la voie digestive.

Ait Hamlet *et al.* (2019) ont utilisé 5 groupes de nourriture de laitue fraîche imbibée durant 30s de solution d'insecticides inférieurs à celles utilisée en agriculture. Les doses appliquées dans les différents traitements sont portées dans le tableau 02 :

Tableau 02 : Les doses du traitement utilisé

L'auteur	Le traitement	La dose
Drurt (2011)	Glyphosate	360 g l ⁻¹
	Glufosinate	150 gl ⁻¹
Grara <i>et al.</i> (2015)	ZnO	500 ; 1000 ; 5000 ; 10000 ; 15000 µg/g
Ait Hamlet <i>et al.</i> (2019)	Thiaméthoxane	25 mg/L et 50 mg/L
	Théfluthrine	5 mg/L et 10 mg/L

III.2.4.1. Période de jeûne

D'après Drurt (2011) et Grara *et al.* (2015), Après la période de traitement, les escargots sont mis à jeûne pendant 48h pour vider leur tube digestif. En fait, l'animal se met dans un état de jeûne prolongé pour éviter la nourriture souillée (Boucenna, 2010).

III.2.4.2. Congélation

Après la période de jeûne, les escargots sont mis dans un congélateur a -20 C et -30 C avant l'analyse. Car ces animaux se détruisent facilement à des températures ambiantes et pour éviter aussi la dégradation des protéines (Drurt, 2011) et (Grara *et al.*, 2015).

III.2.5. Observation de l'histologie de l'appareil génital

Dans l'expérience de Drurt (2011) les individus des escargots ont été décapités et retirés de leurs coquilles, ensuite les voies génitales ont été disséquées et pesées comme décrit par Gomot-de Vaufleury et Kerhoas (2000). Gonades, albumen glande, et le reste de

l'appareil génital (c.-à-d. ovispermiduct, pénis, sac de fléchettes, et les glandes multifide) ont été pesés séparément.

Gonades ont été fixées dans la solution de Bouin et déshydraté dans l'éthanol et le butanol avant d'être incorporé en paraffine. Des sections minces (5µm) ont ensuite été tachées par le trichrome de Masson. Les observations et la photographie ont été effectuées sur un microscope Zeiss AXIO Imager M2 équipé d'une caméra Zeiss AxioCam MRC5.

III.2.6. Détermination des résidus d'herbicides dans les escargots

➤ Analyse de Glyphosate chez les escargots

Drurt (2011), a analysé le Glyphosate après décongélation des escargots. Après broyage et extraction, les analyses ont été effectuées par la dérivation post-colonne FMOC-Cl et HPLC-FD. Les limites de quantification ont été 0,2 mg kg⁻¹ pour le Glyphosate et 0,5 mg kg⁻¹ pour l'AMPA. Les concentrations totales de Glyphosate et d'AMPA sont exprimées en milligrammes par kilogramme.

➤ Analyse de Glufosinate chez les escargots

Pour cette étape il y a eu un échec de l'analyse de Glufosinate, parce qu'aucune méthode n'est disponible pour déterminer ce composé dans les tissus animaux.

Les facteurs de bioaccumulation (FBA) ont été déterminés comme rapport entre la concentration de Glyphosate dans les escargots et la valeur nominale de concentration dans les aliments ou le sol (milligrammes par kilogramme de poids sec). Il permet de minimiser l'influence de la variabilité de teneur en eau des escargots suivant l'humidité du milieu et faciliter les comparaisons de données d'expériences réalisées dans diverses conditions environnementales (Drurt, 2011).

III .3. Paramètres biologiques mesurés

III.3.1. La mortalité

Comme décrit par Grara et *al.* (2015) la mort d'un individu est généralement facile à déterminer :

- ✓ Le pied flasque et jaunâtre est le plus souvent sorti de la coquille ;
- ✓ La sole pédieuse n'adhère à aucune surface.

III.3.2. La croissance

Pour Ait Hamlat et *al.* (2019) la croissance pondérale est évaluée chaque semaine en pesant les escargots à presque $\pm 0,1$ g avec une balance modèle OHAUS®ANALYTICAL Plus, et en mesurant le diamètre de la coquillère à presque ± 1 mm avec un pied à coulisse de précision 0,02 cm.

Selon Grara et *al.* (2015) un ou plusieurs critères morphologiques permet le suivie de la croissance des animaux exposés aux différentes concentrations de contaminants. Les mesures réalisées sont individuelles mais sont généralement utilisées pour déterminer un coefficient de croissance moyen à l'ensemble des n individus placés dans un même récipient d'essai (lot).

$$Y_t = [(w_t - w_0) / w_0] \times 100$$

Avec :

Y_t = coefficient de croissance moyen des escargots exposés à C $\mu\text{g.g}^{-1}$ d'une substance (x).

W_0 = moyenne de la masses fraîches totales ou masses sèches des tissus mous des escargots d'un même lot exposés à C $\mu\text{g.g}^{-1}$ d'une substance (x) au début du test.

W_t = moyenne de la masses fraîches totales ou masses sèches des tissus mous des escargots du même lot après T jours d'exposition.

Les critères utilisés pour évaluer la croissance des individus par Grara et *al.* (2015) sont:

- ✓ La masse fraîche de l'escargot (tissus mous + coquille) : mesurée à l'aide d'une balance de précision (10⁻¹ g).
- ✓ Le poids frais de la coquille, des tissus mous : qui peuvent être seulement effectués après le sacrifice des animaux à la fin de chaque période de traitement.

III. 3. Synthèse des résultats

III.3.1 Effets des herbicides sur les escargots

➤ Effet sur la mortalité

À la fin de l'expérience, Drurt (2011) a noté que la mortalité était de 5% Pour les escargots exposés aux herbicides.

➤ Effet sur la croissance

Depuis le début de l'expérience à 168 jours, Aucune différence de diamètre de la coquille n'était observée pour les différents traitements.

➤ Effets sur les organes sexuels

Drurt (2011) a montré que la masse totale du tractus génital, ainsi que la masse des divers organes sexuels qu'il comprend ne différaient pas significativement entre les escargots exposés et témoins. Cependant, dans la plupart des cas, les escargots exposés, (sauf les escargots exposés au Bypass, en sol seul et avec le traitement 1) présentaient des organes reproducteurs moins développés, la différence moyenne en pourcentages entre les témoins et les lots traités étaient :

- 43,5% (\pm 32,8) pour l'albumen,
- 24,1% (\pm 31,2) pour l'ensemble du tractus,
- 9,1% (\pm 33,2) pour le reste du le tractus génital,
- 8,7% (\pm 11,4) pour la gonade.

Il y avait des différences significatives entre sauf les escargots exposés au Bypass, en sol seul et avec le traitement 1 (By1S), et les escargots exposés au Basta, en sol et alimentation avec le traitement 2 (Ba2SF), pour l'albumen, le reste du tractus génital, et la masse totale des voies génitales.

Les observations histologiques des gonades n'ont pas révélé des anomalies pour l'un des modes. Pour tous les modes, y compris les témoins, la gamétogenèse était similaire: l'ovogenèse était en un stade précoce avec des ovocytes prévitellogènes dans les acini et la spermatogenèse a fourni tous les stades de développement des cellules mâles avec spermatogonies, spermatocytes, spermatides, et de nombreux spermatozoïdes dans les acini.

III.3.2. Les effets de ZnO sur les escargots

Pour l'évolution du poids moyen des escargots sous l'effet du ZnO, Grara et *al.* (2015) ont remarqué une augmentation de poids avec le temps chez les escargots témoins et traité par les concentrations 500 $\mu\text{g/g}$ et 1000 $\mu\text{g/g}$. Une diminution dose-dépendante du poids a été mise en évidence après la deuxième semaine dans les lots traités par des concentrations de 5000 $\mu\text{g/g}$, 10000 $\mu\text{g/g}$, 15000 $\mu\text{g/g}$.

➤ Effet sur la croissance des escargots

Grara et *al.* (2015) ont noté une augmentation de coefficient de croissance en fonction de temps pour les témoins et les lots traités par les concentrations 500 $\mu\text{g/g}$ et 1000 $\mu\text{g/g}$. Une diminution de coefficient de croissance chez les escargots traités par les doses 5000 $\mu\text{g/g}$, 10000 $\mu\text{g/g}$ et 15000 $\mu\text{g/g}$ a été constaté.

➤ **Effet sur la mortalité**

Grara et *al.* (2015) ont mis en évidence l'effet du ZnO sur le taux de mortalité des adultes de petit gris. Pendant quatre semaines de traitement le pourcentage de mortalité augmente avec l'augmentation de la concentration de ZnO avec 30%, 50% et 40% de mortalité pour ceux traités respectivement par les concentrations 5000 µg/g, 10000 µg/g et 15000 µg/g).

➤ **Effet sur le poids des tissus mous**

Une diminution dose dépendante du poids des tissus mous de la première concentration en présence de xénobiotique a été noté chez les escargots traités.

➤ **Effet sur le poids de la coquille**

Grara et *al.* (2015) ont remarqué sous l'effet de ZnO, que le poids de la coquille diminue d'une manière non significative chez les escargots traités avec la concentration 500 µg/g par rapport aux témoins. Cependant le poids de la coquille diminue respectivement d'une manière significative, pour ceux traité par les concentrations 1000, 5000 µg/g, 1000 µg/g et 15000 µg/g.

III.3.3. Effet des insecticides sur les escargots

➤ **Effet sur la mortalité**

Ait Hamlet et *al.* (2015) ont constaté que la mortalité était faible, avec seulement 8 individus sur 75 escargots juvéniles, ce qui représente un taux de 10,66%. La mortalité est produite comme suit :

- Un individu durant la cinquième semaine dans le groupe témoin (GT),
- Un individu durant la sixième semaine dans le groupe d'escargots traités avec 10 mg/L de tefluthrine (GTe2),
- Quatre individus durant la septième semaine : 2 individus dans le groupe Escargots traités avec 50 mg/L de thiaméthoxam (GTh2),
- Deux autres dans le groupe Escargots traités avec 5 mg/L de tefluthrine (GTe1),
- Deux individus durant la huitième semaine dans le groupe d'escargots traités avec 10 mg/L de tefluthrine (GTe2).

➤ **Effet sur la croissance**

Ait Hamlet et *al.* (2015) ont montré que les juvéniles témoins ont multiplié leur masse moyenne et les escargots des groupes GTh1, GTh2, GTe1 et GTe2 ont multiplié leur masse moyenne, et le diamètre coquillère avec le groupe témoin

A la fin de l'expérience, la masse moyenne des escargots traités diminue avec l'augmentation de la concentration de chacun des deux insecticides. Cependant, cette diminution est très hautement significative ($p < 0,001$) par rapport à la masse des témoins dans les groupes d'escargots GTh2, GTe1 et GTe2.

- **Effet de thiaméthoxame :** les concentrations 25 mg/L et 50 mg/L de thiaméthoxame entraînent une diminution de la masse moyenne des juvéniles d'une façon hautement significative ($p < 0,001$) comparée aux escargots témoins. La masse moyenne des escargots traités par le thiaméthoxame diminue avec l'augmentation de la concentration de l'insecticide.

- **Effet de téfluthrine :** une diminution de la masse moyenne des escargots traités par 5 mg/L de téfluthrine, a été enregistrée, dès le début du traitement.

➤ après l'exposition à la concentration 10 mg/L de l'insecticide, durant la troisième, la quatrième et la cinquième semaine de traitement. Ensuite, une augmentation de la masse moyenne des juvéniles a été observée.

➤ à partir de la sixième semaine de traitement, une diminution hautement significative ($p < 0,001$) de la masse moyenne des escargots est observée.

➤ Au bout de 4 semaines de traitement, le pourcentage d'inhibition de la masse moyenne des groupes GTh1, GTh2, GTe1 et GTe2 calculé, est de 11,57, 50,06, 53,70 et 2,82 respectivement. Le pourcentage d'inhibition du diamètre coquillère moyen est de 1,30, 47,82, 50,00 et 2,17 respectivement.

➤ le pourcentage d'inhibition de la masse moyenne après 8 semaines de traitement des mêmes groupes est de 42,50, 69, 65,36 et 45,89 respectivement. Le pourcentage d'inhibition du diamètre coquillère moyen était de 42,61, 67,71, 68,26 et 60,88 respectivement,

III.4. Discussion

L'étude de Grara et al. (2015) ont apporté des données originales sur la toxicité du ZnO pour des gastéropodes terrestres.

En fait, Pal et al. (2017) avancent que la toxicité des nanoparticules est due à leurs formes, Huang et al. (2005) et Makhluif et al. (2005) ont écrit que la toxicité des nano-objets était en fonction de la taille ou de l'état d'agglomération.

Selon Franklin et al. (2007), la toxicité des nanoparticules notamment pour les ZnO proviendrait de la libération des ions de Zn^{2+} , et les résultats de la toxicité peuvent être différents en fonction de l'organisme et les conditions expérimentales.

En effet, Grara et al. (2015) ont noté que le premier indice de la toxicité, c'est la diminution de la masse corporelle chez les escargots traités par les différentes doses de ZnO. Ces résultats complètent ceux de Laskowski et Hopkin (1995), qui ont mis en évidence l'effet de Zn, Cu, et Cd sur *H. aspersa*. De même, l'étude de Coeurdassier et al. (2001) a mis en relief l'effet du chrome sur *H. aspersa*. Ces auteurs stipulent que la perte de poids peut être expliquée par la diminution de la consommation alimentaire chez les escargots.

En présence d'oxyde de zinc une diminution dose-dépendante est notée sur le poids de la coquille, les ions de zinc connus par leur toxicité directe en liaison avec des dommages irréversibles sur certains enzymes ou sur l'ADN, et peuvent perturber de manière indirecte des processus physiologiques importants en entrant en compétition avec certains éléments essentiels tels que le calcium (Ca), cette compétition entre les ions calcium et les ions Zn^{+2} libérés provoque une diminution dose-dépendante des tissus mous en présence de ZnO. Coeurdassier et al. (2001), a mis en évidence une perturbation des diamètres de la coquille des escargots après l'exposition au diméthoate (pesticide à base d'organophosphorés). D'autres travaux confortent les résultats de Grara et al. (2012), qui ont mis en évidence une diminution du poids de la coquille en présence des poussières métalliques.

Les résultats de Grara et al. (2015) sont en accord avec ceux de El Gendy et al. (2017), qui ont mis en évidence que le pourcentage cumulatif de mortalité à des doses élevées est prononcé, après l'exposition de *Theba pisana* par Zn et Cu pendant 5 semaines. En effet, ce taux est de 73%. Toutefois Amusan et al. (2002), ont montré que le cuivre et le plomb à des faibles doses, n'ont provoqué aucun niveau de mortalité chez le gastéropode *Limicolaria flammea*.

Le pourcentage de la mortalité des escargots observés dans l'étude d'Ait Hamlet et al. (2019), Est de 10.66%, ce résultat est supérieur à celui de Gomot (1997), qui a obtenu un taux de 5 % et à ceux de Viard et al. (2004), qui ont noté des taux de mortalité de 3 et 7%.

Ait Hamlet et *al.* (2019) ont montré que l'humidité relative et la température n'étaient pas des facteurs limitant de la croissance des escargots et la température supérieure à 15 c stimule la croissance avec un optimum de croissance à 23 c, avec le rôle de la qualité de la nourriture (Gomot, 1994 et Jess et Marks, 1998).

Cette étude démontre que les effets de deux concentrations de thiaméthoxane sur le poids et diamètre coquillère moyens, augmentent d'une manière dose-dépendant en fonction du temps.

Ait Hamlet et *al.* (2019) ont remarqué que la toxicité des deux insecticides utilisés n'est pas semblable. Après le traitement des juvéniles par le tefluthrine, il y a une rapide récupération de la croissance, ceci suggère un effet réversible possible de la tefluthrine vis-à-vis de la croissance par rapport à celui de thiaméthoxane qui est irréversible.

Ces auteurs expliquent le déclin de la croissance des escargots sous l'effet des deux insecticides par une réduction des ressources énergétiques allouées à la croissance (contenus en lipide et en glucide) dans les cellules des réserves des tissus des escargots. Ils stipulent que cette réduction est probablement provoquée par la mobilisation de ces ressources pour l'initiation des processus de détoxification. Ces observations sont en accord avec ceux de Coeurdassier et *al.* (2001), Schytema et *al.* (1994), et Radwan et *al.* (2008). En effet, ces auteurs rapportent que la réduction significative du poids et du diamètre coquillère des escargots traités respectivement avec l'aminocarbe, le méthyl parathion et le paraquat est liée à la nature et à la concentration du pesticide administré.

La réduction de la croissance est liée au mode et à la durée d'exposition à un pesticide testé Salma et *al.* (2005), Radwan et *al.* (2008) et Coeurdassier et *al.*, (2001). De même, Bluzat et Seuge (1979) ont montré que le carbaryl et le lindane provoquent dans le cas d'une intoxication chronique, une diminution de la croissance des coquilles chez le mollusque *Lymnea stagnalis*. Ainsi, les effets des pesticides diffèrent selon les espèces de gastéropodes traités (Genena et Mostafa, 2008). Ces auteurs ont constaté une large différence de sensibilité aux pesticides entre deux genres d'escargots *Monacha cantiana* et *Eobania vermiculata*. Oliveira-Filho et *al.* (2005) et Druart (2010), ont montré que la différence de croissance pourrait être attribuée à la structure chimique des insecticides.

Druart (2011) n'a observé aucun effet sur la croissance, la masse fraîche totale ou le diamètre de la coquille, le développement et la maturation de l'appareil génital des escargots, après 168 jours de leur exposition au Glyphosate et au Glufosinate. Selon cet auteur les escargots n'étaient pas très sensibles, les herbicides étudiés n'ont pas exercé des effets négatifs sur le développement et la maturation de l'appareille génitale.

En fait la glande albumine des escargots était l'organe le plus touché avec une diminution de 43 % de la masse totale, comme déjà observé par Gomot-de Vaufleury et Kerhoas (2000), chez les escargots exposés au Cd, par conséquent l'effet sur cette glande n'est probablement pas dû à une diminution de la consommation alimentaire ou à des troubles métaboliques, mais plus probables à une perturbation endocrinienne ou neuroendocrine, par le Glyphosate qui a été décrit comme un endocrinien perturbateur chez certains vertébrés (Richard *et al.*, 2005) et (Soso *et al.*, 2007).

Le travail de Druart (2011), est le premier qui a montré la présence de Glyphosate dans les tissus animaux sous la forme de substance mère et non sur la base d'une mesure de la radioactivité qui pourrait prendre en compte les produits de dégradation dans la concentration de résidus analysés.

La présence de Glyphosate dans les escargots contaminés par la nourriture et non dans les escargots juste exposés au sol ne peut pas être interprété comme une preuve que le Glyphosate n'a été accumulé que par ingestion de nourriture. En effet, lorsque les escargots ont été exposés par nourriture, ils ont ingéré des doses élevées et constantes de Glyphosate trois fois par semaine, alors que lors d'une exposition au sol, ils étaient exposés à pesticides principalement pendant les 28 premiers jours.

Conclusion

Conclusion

Les interrogations sur les conséquences environnementales des pesticides nécessitent le développement de méthodes adaptées pour l'analyse de leurs effets sur les invertébrés terrestres, notamment sur l'escargot *H. aspersa*.

Les études d'évaluation de la toxicité des pesticides sur une espèce bioindicatrice de la pollution de l'environnement qui est l'escargot *H. aspersa* montrent que cette espèce répond bien aux critères des bioindicateurs pour participer à la biosurveillance de l'environnement il est donc employé comme une sentinelle de la pollution environnementale dans les milieux contaminés, car il est particulièrement sensible à la pollution, surtout, par les pesticides.

D'après la collecte des différents travaux réalisés sur cette thématique nous pouvons conclure que, *H. aspersa* est une espèce sensible à la présence des nanoparticules métalliques à base de ZnO et au thiaméthoxame et à la téfluthrine, cette sensibilité s'est exprimée par :

Une augmentation du pouvoir cumulatif des individus exposés, une perturbation dans le développement des escargots exposés à travers une diminution de la masse corporelle, du poids des tissus mous, une diminution du poids de coquille. Ainsi qu'une progression du taux de mortalité

Cependant, la détection de résidus dans les tissus peut présenter un danger potentiel de transfert dans la chaîne alimentaire risquant de contaminer l'homme.

Les résultats d'exposition d'*H. aspersa* à de très faibles concentrations du Glyphosate Glufosinate montre qu'aucun effet n'a été trouvé sur la survie, la croissance, le développement de l'appareil génital, ou la gamétogenèse de *H. aspersa*. À une concentration 10 fois plus élevée, l'accumulation de Glyphosate s'est produite dans les tissus d'escargots exposés à des charges constantes d'herbicides dans les aliments, bien qu'aucun effet préjudiciable n'ait été trouvé chez l'espèce *H. aspersa*. Le Glyphosate et le Glufosinate ont eu tendance à réduire la croissance de la glande albumen.

Notre travail laisse des nombreuses perspectives d'expérimentation pour une continuité de cette étude et d'approfondir les recherches liées à l'utilisation d'escargots dans le cadre de la surveillance de la qualité du milieu :

- Connaitre, les organes les plus touchés par la pollution et quels sont ceux qui présentent la plus grande capacité de stockage ;
- Il est préférable de réaliser des coupes histologiques pour permettre d'observer les perturbations aux niveaux des organes internes.

Références bibliographiques

Référencés bibliographiques

AIT HAMADA M. et KHAOUA S. 2017. Effets d'un mélange combiné de certains pesticides sur le genre armadillidum. Mémoire de master : Environnement et Santé publique. Université de Béjaia, 68p.

AIT HAMLET B. 2013. Évaluation de la toxicité de mixtures de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *Hilex. aspersa*. Thèse doctorat université badji mokhtar Annaba. Biologie animale, 177p.

AÏT HAMLET S., DJEKOUN M., BENSOLTANE S., BERREBBAH H. 2019. Effets du thiamethoxame et de la tefluthrine sur les biomarqueurs physiologiques de l'escargot terrestre *Hilex .aspersa*. Revue Agrobiologia. Algérie, (1491-1498)P.

AKTAR W., SENGOPTA D., CHAWDHURY A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. Interdisc Toxicol, 12p.

AMADOU D. 2013. Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). Thèse doctorat : chimie analytique. Université du Littoral Côte d'Opale, Sénégal, 241p.

ANONYME. 2002. Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Comité de la Prévention et de la Protection. 47p.

ANONYME. 2006. Profil national pour l'évaluation des capacités de gestion rationnelles des produits chimiques, 60p.

BÉLANGER D. 2009. Utilisation de la faune macro benthique comme bio indicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Essai présenté au département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale .Université de Sherbrooke Québec, 67p.

ANONYME. 2018. Series of Trade Union Education : Manuel de formation sur les pesticides - Health, Safety and Environment. (L'Union Internationale des travailleurs de l'alimentation, de l'agriculture, de l'hôtellerie-restauration, du catering, du tabac et des branches connexes). Genève, 96p.

BENGUEDOUAR H. 2016. Utilisation des escargots comme indicateur de la contamination métallique des sols cas de *l'Hilex. aspersa*. Diplôme de Master en Gestion durable des écosystèmes et Protection de l'Environnement, Université des Frères Mentouri Constantine, 52p.

BENOIT CHABOT V. 2014. Les facteurs de sélection des bioindicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques. Essai présenté au centre universitaire de formation en environnement

et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Université de Sherbrooke Québec, 104p.

BERNY PJ., BURONFOSSE T., BURONFOSSE F., LORGUE G. 1997. Field biologiques et écologiques dans la détermination de stratégies d'échantillonnage adaptées aux études.

BETTICHE F. 2017. Usage des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. Thèse doctorat : science agronomique. Université Mohamed Kheider, Biskra, 327p.

BISPO A., GRAND C., GALSOMIES L. 2009. Bioindicateurs de qualité des sols Vers le développement et la validation d'indicateurs biologiques pour la protection des sols. Le programme ADEME. France, (145-158)p.

BOLAND J., KOOMEN I., VANE LIDTH DE JEUDE J., OUDJANS J. 2004. AD29E Pesticides: compounds, use and hazards. Agromisa Foundation.108p.

BONNET P., AUPINEL J., VRILLON. 1990. L'escargot *H. aspersa* Biologie-élevage. Éditions Quæ, France, 119p.

BOUARICHA H. 2013. Evaluation du stress oxydatif induit par le Proclaim essai comparatif sur deux modèles biologiques (*H. aspersa* et *Paramecium sp.*). Thèse de Doctorat en Toxicologie. Université Badji Mokhtar Annaba, 131p.

BOUCENNA M. 2010. Evaluation de la toxicité des poussières métalliques rejetées par les aciéries 1 et 2 du complexe sidérurgique d'El-Hadjar sur un modèle bio-accumulateur *Hilix .aspersa*. Diplôme de Magister : Biologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 85p.

BOUCHENE K. 2015. Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de trois stations de la région Tizi-ouzou (ait bouadou, bounouh et M'douda). Mémoire de master : protection des plantes cultivées. Université de Mouloud Mammeri Tizi -ouzou, 64p.

BOUVIER P. 2005. Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides. Thèse de doctorat : santé, eau et environnement. Université de Paris, 220p.

BOUZIANI M. 2007. L'usage immodéré des pesticides de graves conséquences sanitaires, Le guide de médecin et de la santé. Maghreb. (Consulté le 16 juin 2020).

CALVET R. 2005. Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. Editions. France Agricole. France. 641p.

CALVET R., BARRIUSO E., BEDOS C., BENOIT P. 2000. Utilisation des pesticides en agriculture et leur conséquence. France, 151p.

- CHARLES F. 2012.** Découvrir le monde de la nature et des objets avant six ans à l'école maternelle .Thèse de doctorat : spécialité des enseignants sous la direction de joil Lebeaume et Grilles Baillat. Université Paris, 489p.
- CHUBILLEAU C., PUBERT M., COMTE J., GIRAUD J. 2011.** Pesticides et santé (étude écologique du lieu entre territoires et mortalité). Rapport N°136. Poitiers France.
- COEURDASSIER M. 2012.** Les escargots bio-indicateurs de la qualité des sols-Snail Watch : analyse en laboratoire ou in situ de la biodisponibilité des contaminants, Fiche outil, 4p.
- DAGUZAN J. 1981.** Contribution à l'élevage de l'escargot petit-gris *Helix aspersa* Müller Reproduction et éclosion des jeunes en bâtiment et en conditions thermohygrométriques contrôlées.France. (249-272)p.
- DAMALAS C. 2009.** Understanding benefits and risks of pesticide use. Scientific Research and Essays. (945-949)p.
- DE VAUFLEURY A. et GIMBERT F. 2009.** Utilisation et intérêt des escargots et des micromammifères pour la bio-indication de la qualité des sols. Etude et Gestion des Sols. France, (203-217)p.
- DE VAUFLEURY A., GIMBERT F., PAUGET B., FRITSCH C., SCHEIFLER R., DJADOURI D et BEN DAHRA I. 2014.** Effets potentiels antioxydant et anti Inflammatoire de l'homogénat d'*Hilex. aspersa* dans un modèle expérimental de colite chimio-induite. Mémoire de Master : Immuno-oncologie, Université de Constantine I, 126p.
- DJAROUN N et MOUSSAOUI T. 2016.** Inventaire qualitatifs et quantitatifs des gastéropodes terrestres au niveau de quatre stations, avec des altitudes différentes dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master : Protection des plantes cultivées .Université de Tizi-Ouzou, 50p.
- DOUAFER L. 2010.** Evaluation de la pollution des sols de quelques biotopes de l'Est algérien par l'utilisation d'un bioindicateur *Hilex. aspersa* (Mollusca, Gasteropoda) inventaire activité enzymatique et composition physico-chimique du sol. Thèse de Magister : en Biologie et Physiologie Animale. Université Badji Mokhtar Annaba, 98p.
- DRUART C. 2011.** Effets des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition. Thèse de Doctorat en Sciences de la Vie et de l'Environnement. Université de Franche-Comté, France, 326p.
- DRUART C., MILLET M., SCHEIFLER R., DELHOUME O., VAUFLEURY A. 2011.** Glyphosate and Glufosinate-based herbicides: fate in soil. Transfer to, and effects on land snails. Journal of Soils Sediments .France, (s113-011-0408-5)p.

- GIMBERT F. 2006.** Cinétique de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de Doctorat en Science de la vie. Université de Franche-Comté, France, 192p.
- GIUSEPPE B ET CHIRADIA JP. 1994.** Législation sur l'homologation des pesticides. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 94p.
- GRAND C., FAURE O., HARRIS-HELLAL J., HEDDE M., LE GUÉDARD M., PAUGET B., PÉRÈS G., VILLENAVE C., DE VAUFLEURY A. 2012.** Quels bio indicateurs pour quels besoins en sites contaminés ? Journées Techniques Nationales Bio-indicateurs & Phytotechnologies, 1-22p.
- GRARA N., BOULOUENINE M., KHALDI F., ZENIR Z., ABDEMADJID S.2015.** Caractérisation Morphophysologique de la Toxicité du ZnO (Nanoparticule manufacturée) sur l'escargot *H. aspersa* bio-indicateur de pollution de l'environnement. J. Mater. Environ. Sci. .Algerie, (2596-2603)p.
- GRIMFELD A. 2001.** Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Paris, 47p.
- GUIMONT S. 2005.** Devenir des pesticides dans les sols en fonction de l'état d'humidité et du mode de circulation de l'eau dans le sol. Thèse de Doctorat : Sciences Agronomiques. Institut national polytechnique de Lorraine, France, 214p.
- HAMMOUD R. 2013.** Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne de l'homogénat du gastéropode *Hilix aspersa* .Thèse de Magister : microbiologie Appliquée et Biotechnologie Microbienne. Université de Constantine1, 81p.
- HELANDER M., SALONIEMI I., SAIKKONEN K. 2012.** Glyphosate in northern ecosystems. Plant Science.Finland. (TRPLSC), 979p.
- Index des produits phytosanitaires ; Article 25-26, 2007 ; Ministre de l'Agriculture du développement rural et de la pêche. Algérie.
- INSERM. 2013.** Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale Expertise collective. Pesticides, effets sur la santé.
- IPPOLITO A., MAURO C., VEROLO E., VILLA S. 2012.** Evaluating pesticide effects on freshwater invertebrate communities in alpine environment a model ecosystem experiment. Ecotoxicology, 20p.
- ISABELLE T. 2001.** Effets chroniques des pesticides sur la sante état actuel des Connaissances. Bretagne, 90p.
- JAEGER CHERIN P., FRAOUCENE N., VORENSKA E. 2012.** Place, intérêt et danger des produits phytosanitaires. Médecine & Longévité. (59-67)p.
- Journal officiel de la république algérienne n°9, 18 safar 1431, 3 février 2010.

- LALMI S et LAZREG A. 2016.** Effet de deux molécules nanométriques sur les paramètres physiologique des escargots *Hilix. aspersa*. Mémoire de Master : Toxicologie Xénobiotiques et Risque Toxicologique. Université de Larbi Tébessi Tébessa, 82p.
- LE BRAS G. 2007.** Eco toxicologie et méthodes d'investigation «les bio-indicateurs». Version 2, Université Catholique de Lille, 91p.
- MADJOUR H. 2012.** Impact des pesticides sur la santé des agriculteurs dans la wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Master. Université de tizi ouzou, 69p.
- MAIRIF S. 2015.** Contribution à l'étude de l'effet toxique des pesticides à usage domestique utilisé en Algérie. Thèse de doctorat : santé et environnement. Université de Gualma, 154p.
- MARLIERE F. 2001.** Pesticides dans l'air ambiant. Unité Qualité de l'Air Direction des Risques Chroniques Edition, INERIS. 199p.
- MERHI M. 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faible dose : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse de doctorat : pathologie, toxicologie, Génétique et nutrition. Université de Toulouse, France, 140p.
- OUCHENANE S. 2018.** Elaboration et caractérisation des nanoparticules de ZnO par coprécipitation. Application à la photo dégradation de méthyle orange. Mémoire de master : surface et matériaux. Université de Badji Mokhtar Annaba, 44p.
- PENEL V., LIST O., POURRET S. 2005.** Influence de la pollution urbaine sur la mésofaune des pelouses: un nouveau bio-indicateur de la qualité de l'air en ville Pollution atmosphérique, (101-112)p.
- PFLIEGER M. 2009.** Etude de la dégradation photochimique des pesticides adsorbés à la surface de particules atmosphériques. Thèse de doctorat : Biosciences de l'environnement. Université de Provence France, 261p.
- POL D. 2001.** Biologie animale : fonctions de relation. In : Fondation La main à la pâte
- QUEYREL W. 2017.** Modélisation du devenir des pesticides dans les sols à partir d'un modèle agronomique. Thèse de doctorat. Agronomie, Hydrologie et Environnement. Université Pierre et Marie Curie, France, 236p.
- REGNAULT C., FABRES G., PHILOGENE H. 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, pesticides et biopesticides OGM lutte intégrée et biologique Agriculture durable. Paris, 1013p.
- REYJOL Y., SPYRATOS V., BASILICO L. 2013.** Bio indication des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Les Rencontres de l'ONOMA Synthèse des Journées " Eaux de surface continentales et Bio indication ", 31p.

RICHARD I. 2010. Les pesticides et la perte de biodiversité : Comment l'usage intensif des pesticides affecte la faune et la flore sauvage et la diversité des espèces Europe, 28 p.

SEDIRI B. 2017. Étude épigénétique écophysiological de la reproduction de l'escargot terrestre Petit-gris *Hilex. aspersa*, *Gastropoda*. Thèse de Magister : sciences agronomiques, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 21p.

SMIDA R. et TOUALBIA K. 2016. L'étude de l'hépatotoxicité de deux molécules Nanométriques chez Un Bio indicateur De Pollution *Hilex. aspersa*. Mémoire De Master : Toxicologie Xén-biotiques et Risque Toxicologique. Université de Larbi Tébessi Tébessa, 100 p.

STOYTCHIEVA M. 2011. Pesticides in the Modern World Risks and Benefits. BoD +Books on Demand. Tanzania. 574p.

TANO Z. 2011. Identity Physical and Chemical Properties of Pesticides. Pesticides in the Modern World Trends in Pesticides Analysis. In Tech, Dr. M Stoytcheva (Ed.). Tanzania. 514p.

VANDER W. 1997. Évaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. INRA, station d'Agronomie. (5-22)p.

ZAAFOUR M. 2014. Étude écophysiological de la reproduction de l'escargot terrestre Petit-Gris (*H. aspersa aspersa*) (Gastropod Stylommatophora Helicidea) dans la Région Nord-Est d'Annaba Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba, 109p.

Site internet

1. **CCHST., 2020.** Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail depuis le site : le <https://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/pesticides/general.html> . consulté le 12 juin 2020.

Résumé

Hilix aspersa est considérée comme un excellent bioindicateur de la dégradation du milieu. Cette étude est une synthèse des travaux de recherche qui ont montré l'effet toxique des nanoparticules métalliques à base de ZnO et les insecticides thiaméthoxame et la téfluthrine. En effet, ces substances provoquent une diminution de la masse corporelle, du poids des tissus mous, du poids de la coquille de *H. aspersa*. Une progression du taux de mortalité a été également observée. Aucun effet n'a été noté sur la survie, la croissance, le développement de l'appareil génital, ou la gamétogenèse de *H. aspersa* après exposition des escargots aux deux herbicides du Glyphosate et Glufosinate. Toutefois, ces derniers ont la capacité de réduire la croissance de la glande albumen.

Mots clés : bioindicateur, *Hilix aspersa*, pesticides, Glyphosate, Glufosinate et nanoparticules métalliques ZnO.

Abstract

Hilix aspersa is considered to be an excellent bioindicator of environmental degradation. This study is a synthesis of research that has shown the toxic effect of metal nanoparticles based on ZnO and the insecticides thiamethoxam and tefluthrin. Indeed, these substances cause a decrease in the body mass, the weight of the soft tissues, the weight of the shell of *H. aspersa*. An increase in the death rate was also observed. No effects were noted on survival, growth, reproductive system development, or gametogenesis of *H. aspersa* after exposure of snails to the two herbicides Glyphosate and Glufosinate. However, these have the ability to reduce the growth of the albumen gland.

Key words: bioindicator, *Hilix aspersa*, pesticides, glyphosate, glufosinate and ZnO metal.

الملخص

مؤشر حيوي ممتاز للتدهور البيئي. ه ه الدراسة عبارة عن توليفة من البحث الذي اظهر التأثير السام للجسيمات النانوية المعدنية القائمة على أكسيد الزنك والمبيدات الحشرية اميثوكسام وتيفلوثرين. هذه هيلكس كما لوحظ زيادة في معدل الوفيات . تطور الجهاز التناسلي التكون الجيني للحلزونات لمبيدا غليفوسيت وغلوفوسينات. هذه لديها تقليل مبيدات حشرية غليفوسات غلوفوسينات وجزيئات دنية نانوية هيلكس حيوي هيلكس .

الكلمات الأساسية: حيوي هيلكس مبيدات حشرية غليفوسات غلوفوسينات وجزيئات دنية نانوية ZnO.